LEP Trieste

XII Convegno sulla fisica al LEP

Ricerca di chargini e neutralini in collisioni e^+e^- a LEP2

Nicola De Filippis

Università degli Studi e INFN Bari

Collaborazione ALEPH

TSLEP

Scenario teorico

constrained **MSSM**:

Parametri: μ, $m_{1/2}$,$\tan\beta$, m_0, A.

- 2 chargini: $\tilde{\chi}_1^{\pm}$, $\tilde{\chi}_2^{\pm}$
- 4 neutralini: $\tilde{\chi}_1^0$, $\tilde{\chi}_2^0$, $\tilde{\chi}_3^0$, $\tilde{\chi}_4^0$

Definizioni:

- Regione *gaugino* : $\boxed{\mid \mu \mid >> M_2}$
- Regione *higgsino*: $\boxed{\mid \mu \mid << M_2}$

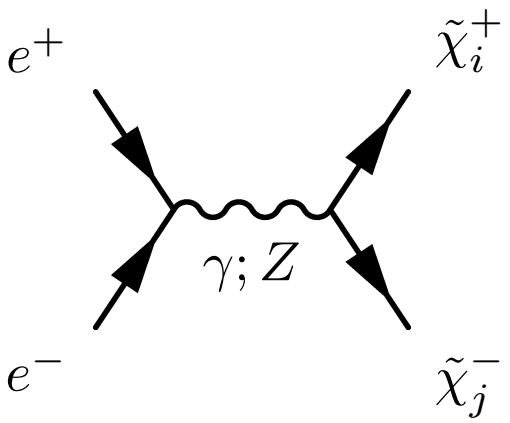
Assunzioni:

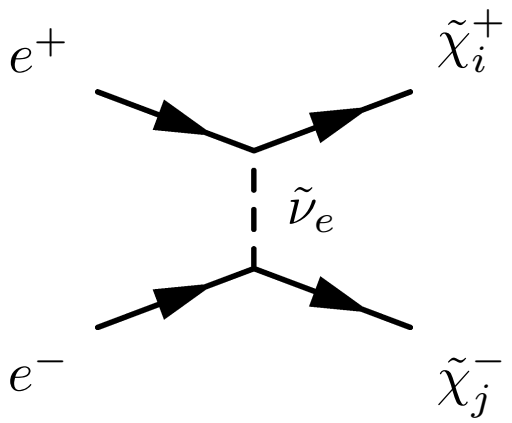
- conservazione della R-parità
- $\tilde{\chi}_1^0$ = LSP
- validità della relazione di unificazione:

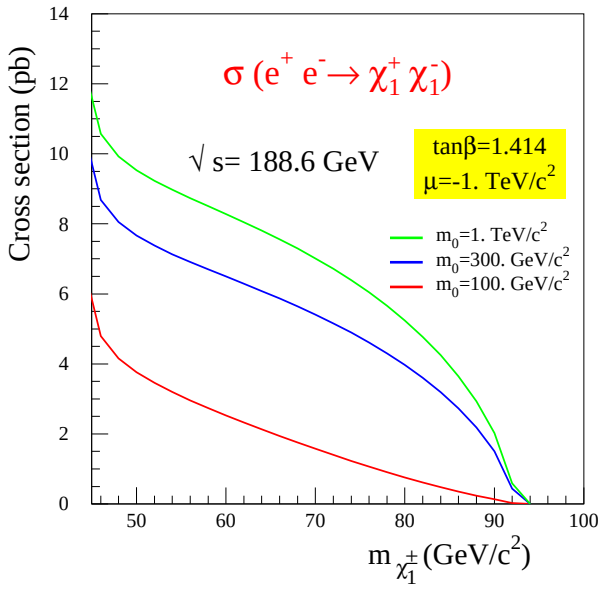
$$\boxed{M_1 = \frac{5}{3} M_2 \tan^2 \theta_W}$$

TSLEP

Produzione dei chargini a LEP2







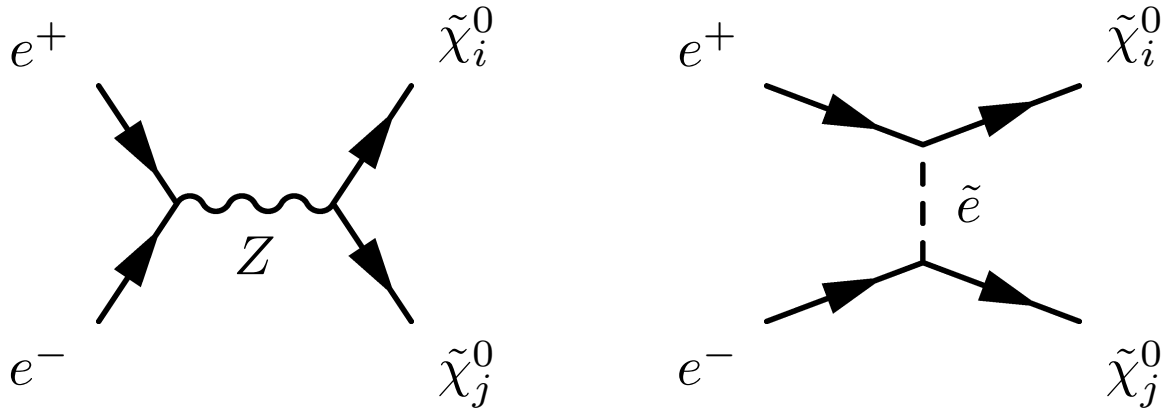
regione
GAUGINO

Interferenza distruttiva del canale s e t

Lo scambio di $\tilde{\nu}$ rilevante in regione gaugino

TSLEP

Produzione dei neutralini a LEP2



Interferenza costruttiva del canale s e t

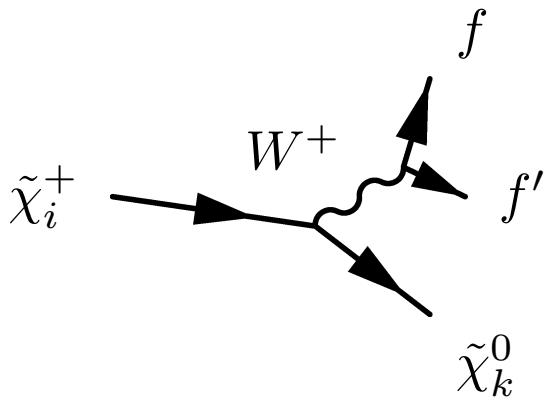
$\Downarrow$

incremento della sezione d'urto di produzione

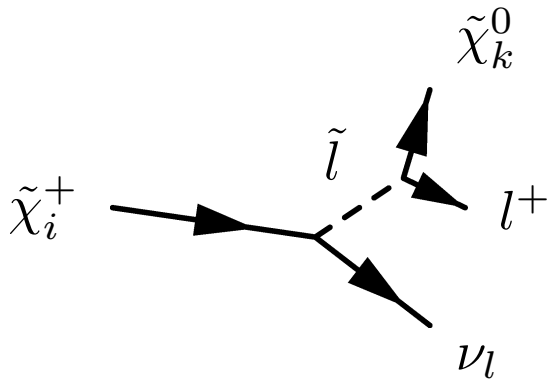
- lo scambio di $\tilde{e}$ rilevante in regione gaugino
- Regione higgsino: domina lo scambio di Z

TSLEP

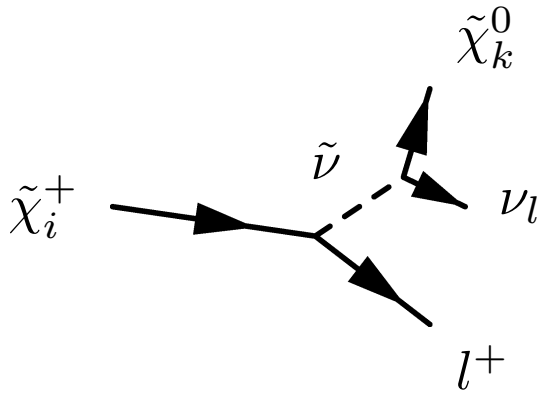
Modi di decadimento del $\tilde{\chi}_i^{\pm}$

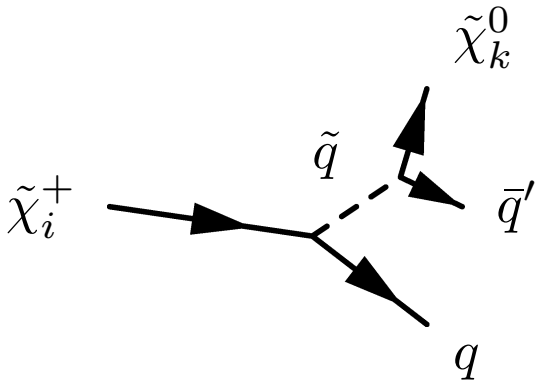


per sleptoni e squark pesanti



per sfermioni leggeri



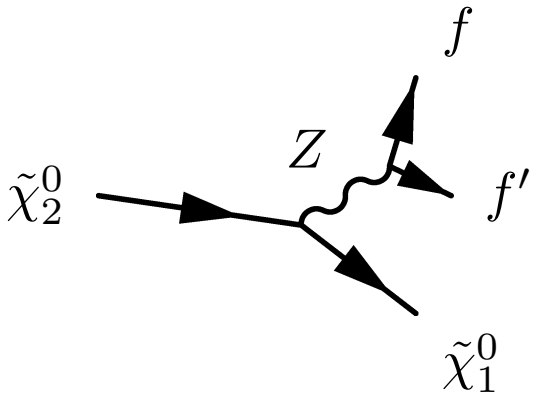


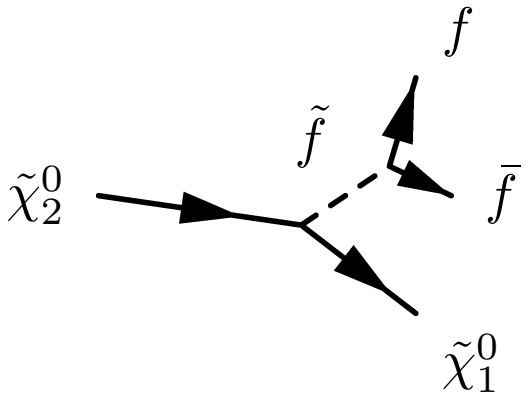
TSLEP

Modi di decadimento del $\tilde{\chi}^0_k$

regione HIGGSINO:

$e^+e^- \to \tilde{\chi}^0_1\tilde{\chi}^0_2$ rilevante





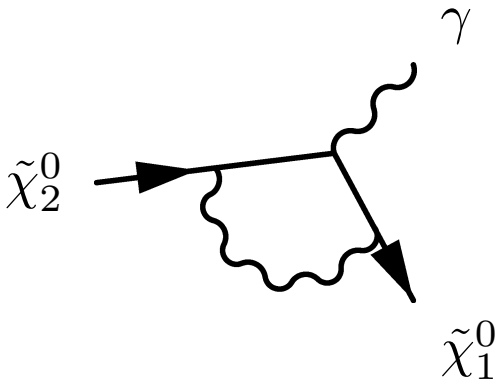
$m_{\tilde{f}} >> m_Z$ $\qquad$ $m_{\tilde{f}} < m_Z$

regione mista:

produzione anche di $\tilde{\chi}^0_3$ e $\tilde{\chi}^0_4$ con decadimento in cascata in $\tilde{\chi}^0_2$ e $\tilde{\chi}^0_1$

$\oplus$

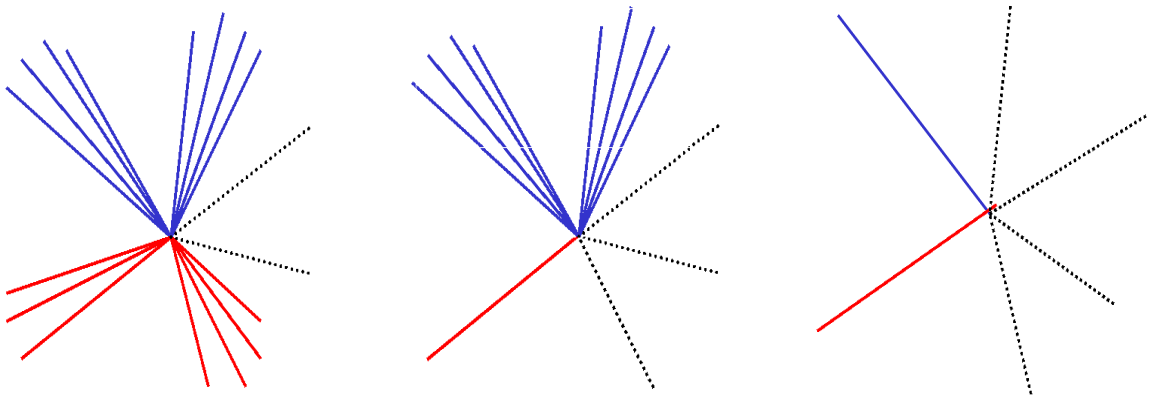
decadimento radiativo: $\tilde{\chi}^0_2 \to \tilde{\chi}^0_1\gamma$ rilevante



TSLEP

Topologie degli eventi $\tilde{\chi}_i^+ \tilde{\chi}_j^-$

Se $m_{\tilde{f}} >> M_W$: $\tilde{\chi}^{\pm} \to W^* \tilde{\chi}_1^0 \to qq\tilde{\chi}_1^0, l\nu\tilde{\chi}_1^0$



$qqqq\tilde{\chi}_1^0\tilde{\chi}_1^0$ $qql\nu\tilde{\chi}_1^0\tilde{\chi}_1^0$ $l\nu l\nu\tilde{\chi}_1^0\tilde{\chi}_1^0$

- Stato finale a 4 jet ($qqqq\tilde{\chi}_1^0\tilde{\chi}_1^0$):
- Stato finale a 2 jet + lept. isolato ($qql\nu\tilde{\chi}_1^0\tilde{\chi}_1^0$):
- Stato finale a 2 jet + lept. τ ($qq\tau\nu_\tau\tilde{\chi}_1^0\tilde{\chi}_1^0$):
- Stato finale a 2 lept. acoplanari ($l\nu l\nu\tilde{\chi}_1^0\tilde{\chi}_1^0$):

...come per i decadimenti WW + energia mancante legata alla LSP

TSLEP

Topologie degli eventi $\tilde{\chi}^0_k \tilde{\chi}^0_l$

Se $m_{\tilde{f}} >> M_Z$:

$\tilde{\chi}^0_2 \to Z^* \tilde{\chi}^0_1 \to q\bar{q}\tilde{\chi}^0_1, l^+l^-\tilde{\chi}^0_1, \nu\bar{\nu}\tilde{\chi}^0_1$

In regione higgsino: produzione $\tilde{\chi}^0_1 \tilde{\chi}^0_2$

Stato finale a jet acoplanari

In regione mista: produzione $\tilde{\chi}^0_k \tilde{\chi}^0_l$ con decadimenti a cascata e radiativi del $\tilde{\chi}^0_1$

Stato finale a molti adroni + fotone

Se $m_{\tilde{f}} << M_W, M_Z$: $\tilde{\chi}^\pm_1 \to l\tilde{\nu}$, $\tilde{\chi}^0_2 \to \nu\tilde{\nu}$

Topologie dominanti:

- con coppie di leptoni acoplanari
- a molti leptoni (regione mista)

TSLEP

Le selezioni

Le proprietá dei prodotti finali di decadimento sono legate a:

- **differenza in massa** tra la particella che decade e l'LSP, ΔM;
- **frazione** di decadimento leptonica;

ALEPH

4j-H	4 jet ad alto ΔM
4j-L	4 jet a basso ΔM
2jl-H	2 jet + leptoni ad alto ΔM
2jl-L	2 jet + leptoni a basso ΔM
2jl-VL	2 jet + leptoni a ΔM molto basso
2jt-VH	2 jet + τ a ΔM molto alto
2jt-H	2 jet + τ ad alto ΔM
2jt-L	2 jet + τ a basso ΔM
Al-ll	leptoni acoplanari
Al-lt	leptoni acoplanari con un τ
Al-tt	leptoni acoplanari con 2 τ

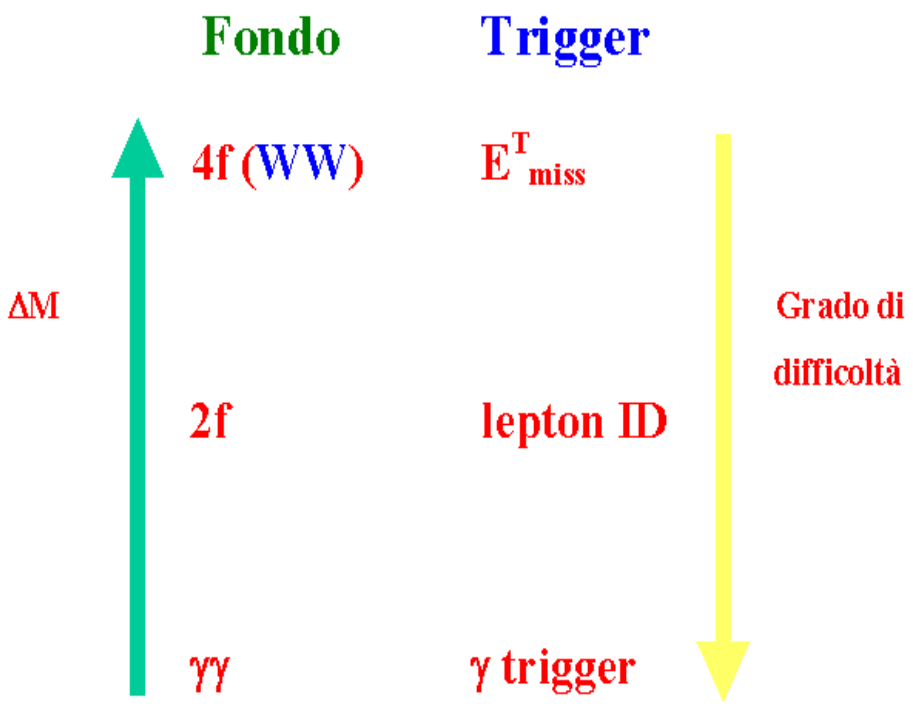
TSLEP

Segnale e processi di fondo

Segnatura fondamentale per eventi di segnale:

Energia mancante

coppia acoplanare di leptoni o jet



- Per bassi valori di ΔM la topologia di segnale assomiglia a $\gamma\gamma \rightarrow adroni$
- Per alti valori di ΔM la topologia di segnale assomiglia a WW e ZZ

TSLEP

Strategia di selezione

Proprietá fondamentale del rivelatore:

ERMETICITÁ

Variabili rilevanti:

L'angolo polare del momento mancante o l'angolo polare del $cluster$ elettromagnetico piú energetico per rigettare le interazioni *beam-gas*

Energia in un cono di 12° intorno all'asse del fascio e l'angolo minimo della particella uscente ricostruita per rigettare i processi a due fotoni.

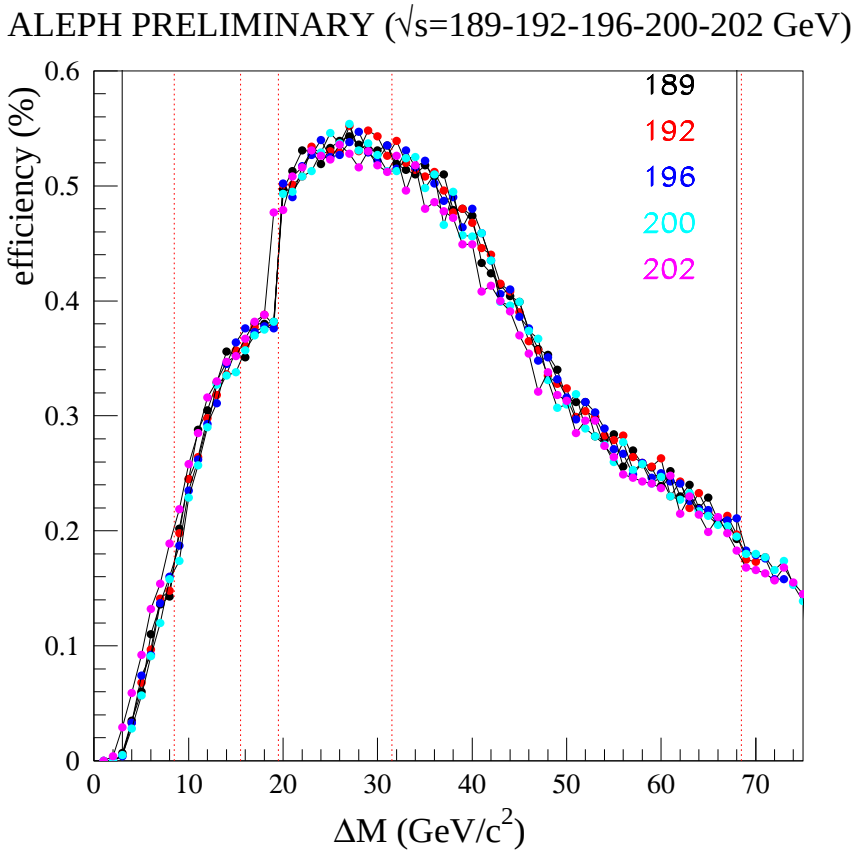
Energia del leptone *leading* ed il suo angolo di isolamento, massa mancante e y_{cut} per rigettare eventi $q\bar{q}$, WW e ZZ.

ed in piú massa visibile, momento trasverso e numero di tracce cariche.

TSLEP

Analisi

- Sottrazione del fondo;
- Ottimizzazione dei criteri di selezione minimizzando l'UL sulla sezione d'urto attesa in assenza di segnale (prescrizione $\bar{N}_{95}$);
- Combinazione ottimale delle selezioni in funzione di ΔM e del BR_l (*sliding cuts*).



...per i chargini

TSLEP

...Analisi dei dati

$\sqrt{s} = 191.6,\ 195.6,\ 199.6,\ 201.6$

ALEPH

Nel caso di sfermioni pesanti:

Canale	$N_{fondo}MS$	N_{oss}
$\tilde{\chi}_1^+\tilde{\chi}_1^-$	12.7	9
$\tilde{\chi}_1^0\tilde{\chi}_2^0$ (grandi ΔM)	5	3.1
$\tilde{\chi}_1^0\tilde{\chi}_2^0$ (piccoli ΔM)	3	2.5

Nel caso di sfermioni leggeri:

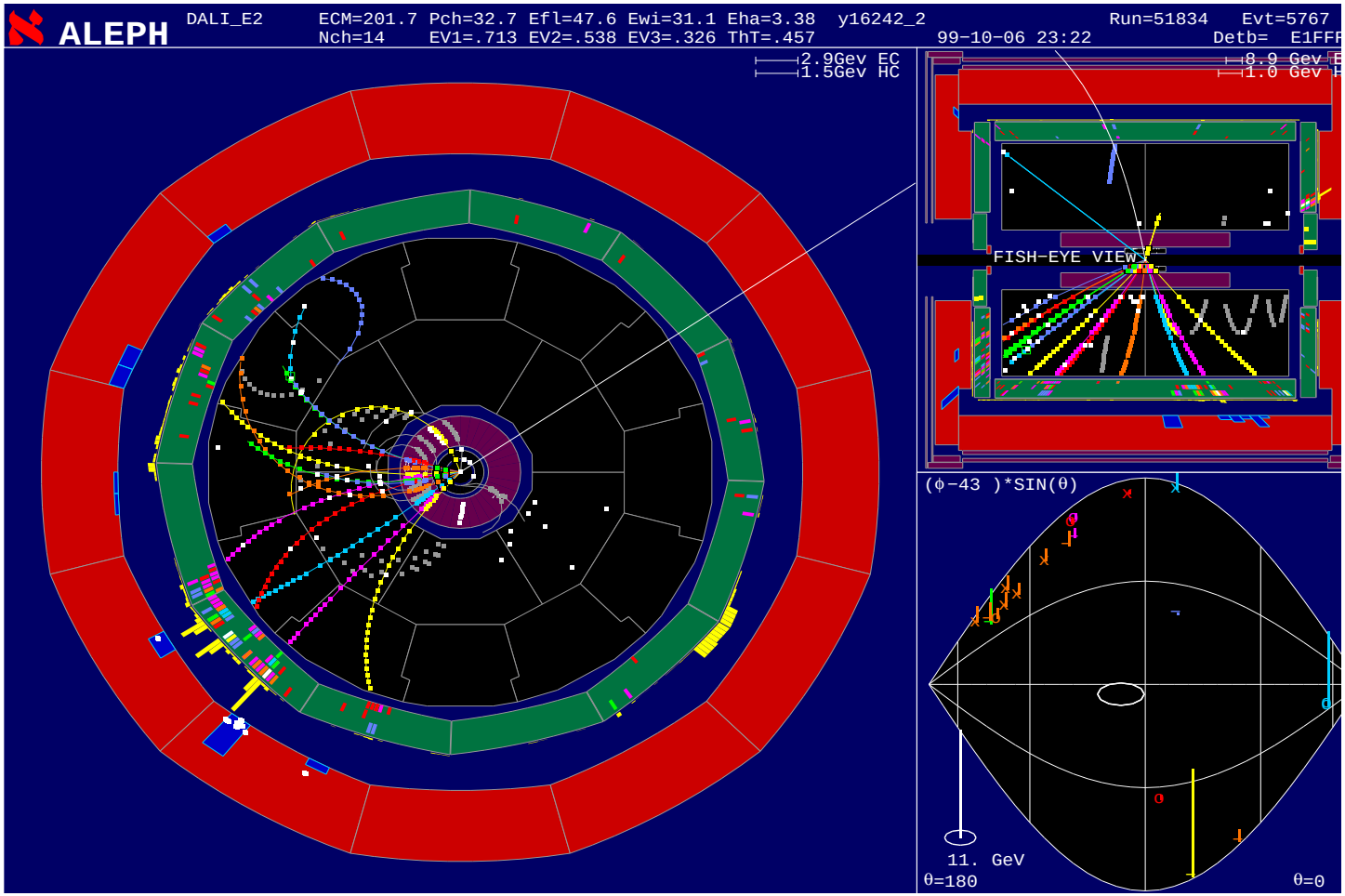
Canale	$N_{fondo}MS$	N_{oss}
$\tilde{\chi}_1^+\tilde{\chi}_1^-$	33.9	24
$\tilde{\chi}_1^0\tilde{\chi}_2^0$ (grandi ΔM)	87.7	78

$\Downarrow$

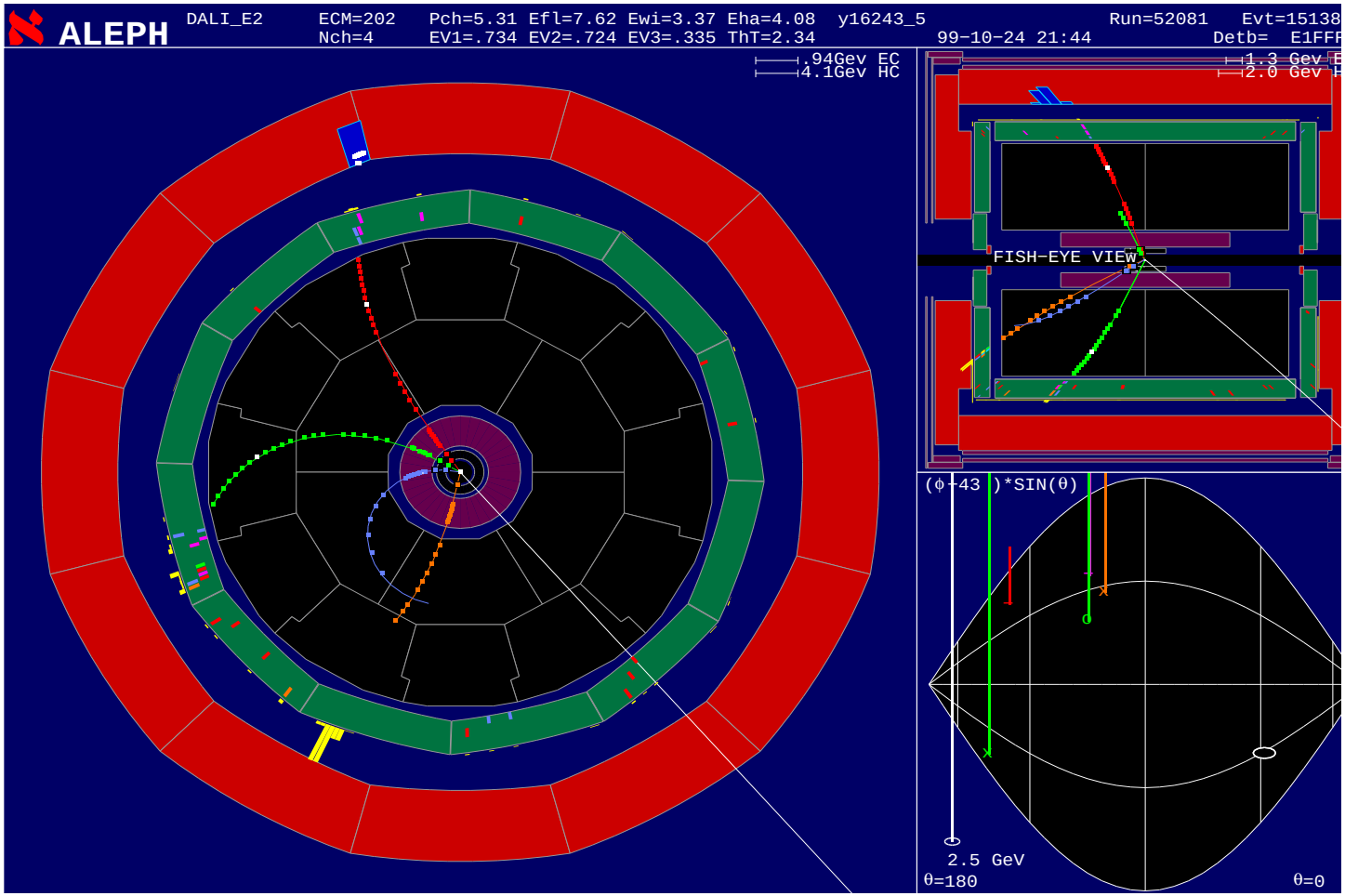
No eccesso significativo di candidati

TSLEP

Evento a $4\,j$ con $\Delta M = 25 - 68$ a $202\,GeV$



Evento a 2 j con $\Delta M = 1 - 7$ a 202 GeV



Analisi a basso ΔM

- MSSM: basso ΔM possibile:
  - regione higgsino: per grandi $M_{1,2}$ $(1\,TeV/c^2)$
  - regione gaugino: per piccoli M_2 rilassando la relazione di unificazione tra M_1 e M_2

Difficoltá sperimentali: bassa energia visibile

Limite esistente: $m_{\tilde{\chi}_1^\pm} > \frac{M_Z}{2}$

Topologie di segnale:

per $\Delta m < m_\pi$:

$\tilde{\chi}_1^\pm$ di lunga vita media $\Leftrightarrow$ tracce fortemente ionizzanti e penetranti nel rivelatore

per $m_\pi < \Delta m < 3\,GeV/c^2$:

$\tilde{\chi}_1^\pm$ dalla segnatura di fotoni ISR (per assicurare il trigger)

per $\Delta m > 3\,GeV/c^2$:

$\tilde{\chi}_1^\pm \Leftrightarrow$ analisi standard per il chargino

TSLEP

...tagging con il fotone ISR

Processo di segnale:

$$e^+e^- \to \tilde{\chi}_1^+\tilde{\chi}_1^-\gamma \to \tilde{\chi}_1^0\tilde{\chi}_1^0\gamma X$$

Strategia di ricerca:

Isolamento di un fotone energetico + rivelazione di un sistema di bassa energia visibile X

Fondi importanti:

- eventi da cosmici e interazioni *beam-gas*
- eventi $e^+e^- \to (\gamma)\gamma\nu\bar{\nu}$ e a due fotoni $\gamma\gamma$
- eventi a due fermioni $f\bar{f}$

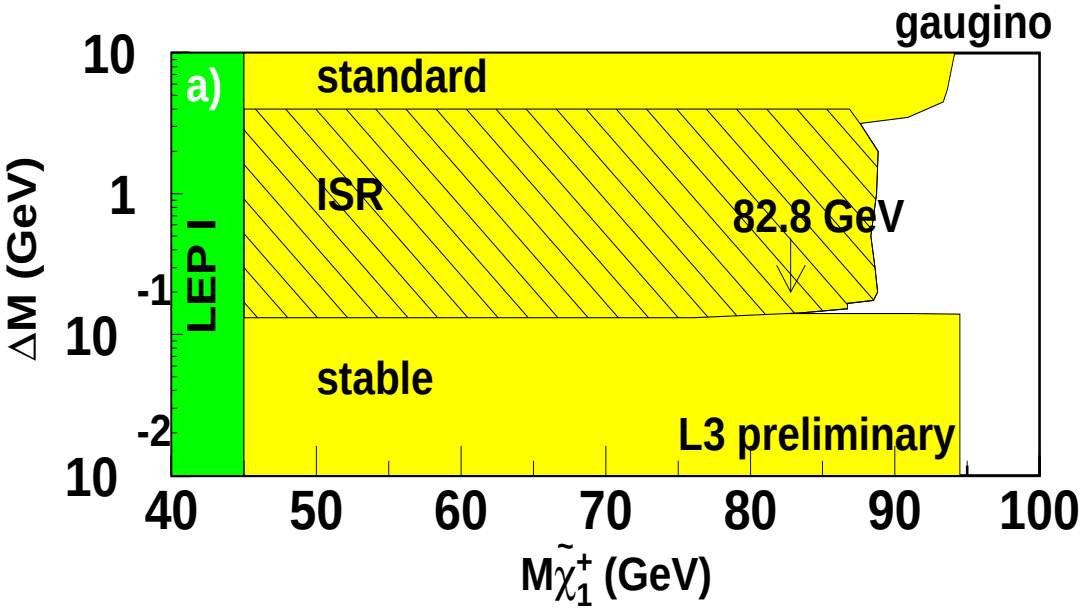
Variabili fondamentali:

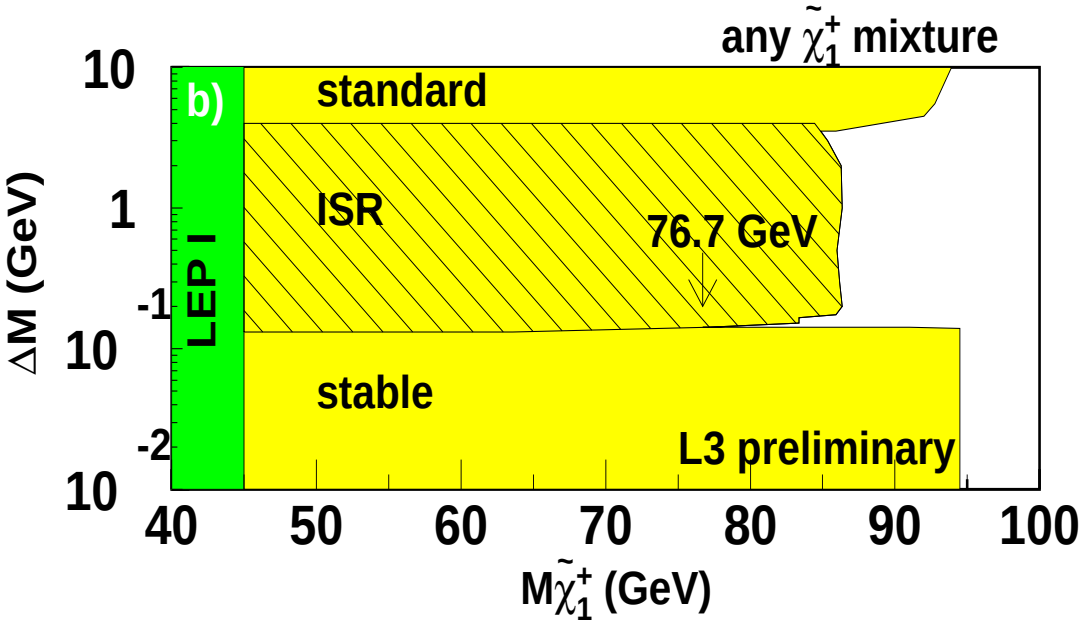
- energia totale e trasversa del fotone
- numero di tracce cariche
- energia depositata intorno alla *beam pipe*
- momento trasverso visibile

TSLEP

...analisi a basso ΔM

Collaborazione L3





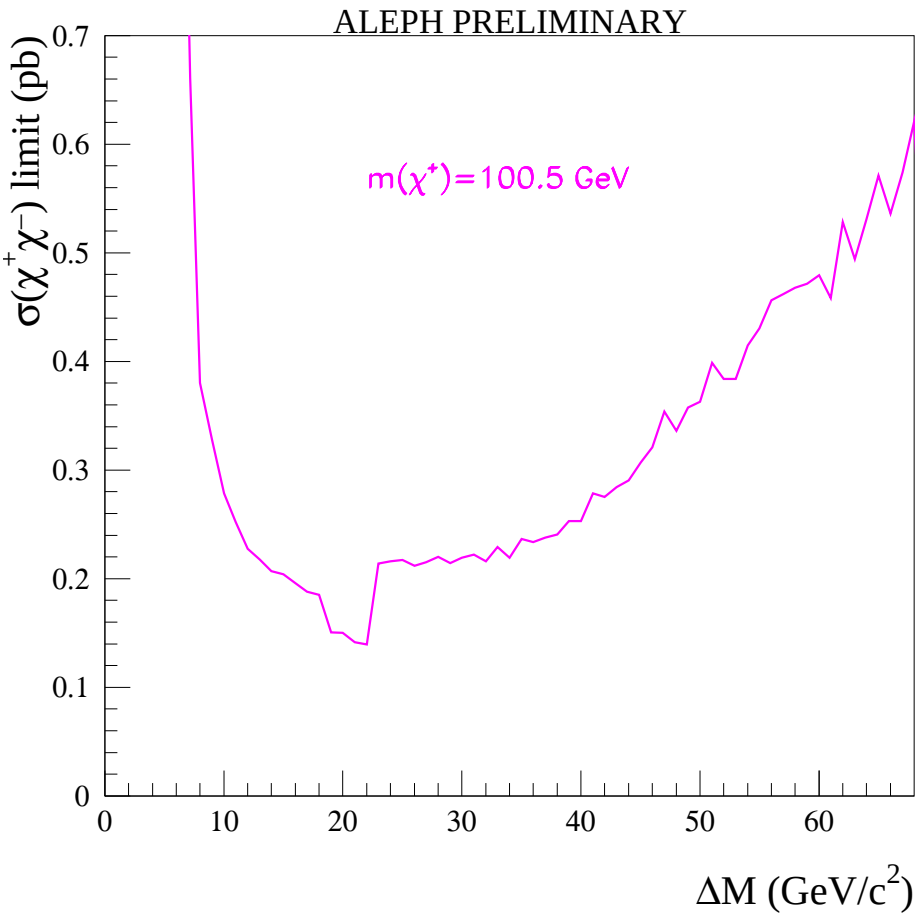
TSLEP

Interpretazione dei risultati nel MSSM

No eccesso significativo di candidati

$\Downarrow$

Limite superiore sulla sezione d'urto di produzione

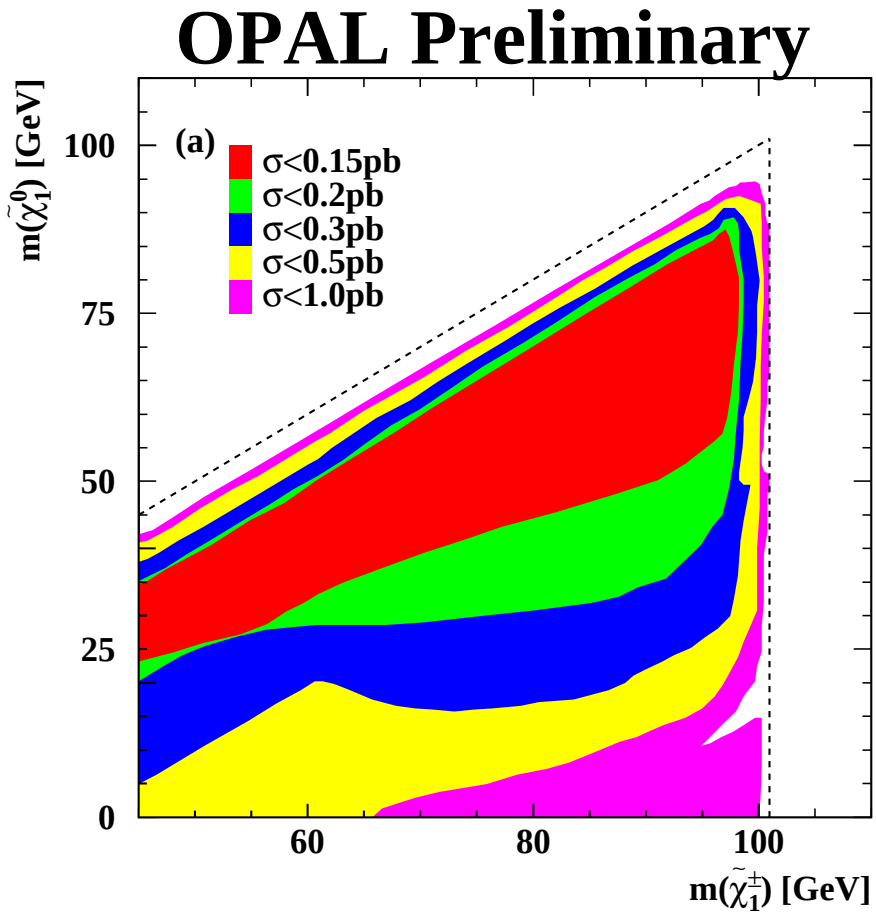


per le ricerche di chargini assumendo lo scambio di W^* $(\tilde{\chi}_1^{\pm} \rightarrow W^* \tilde{\chi}_1^0)$

TSLEP

...interpretazione nel MSSM

...per le ricerche di chargini ($\tilde{\chi}_1^{\pm} \rightarrow W^{(*)\pm}\tilde{\chi}_1^0$)



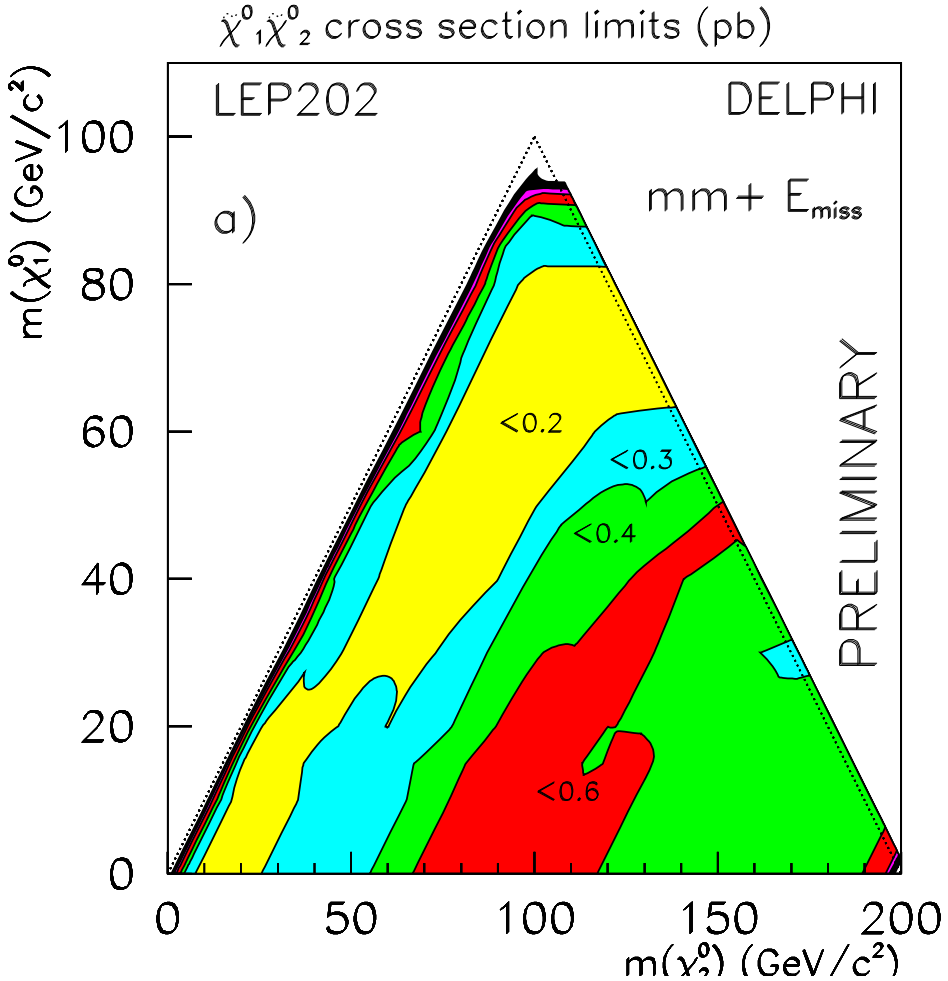
U.L al 95% di C.L. sulla sezione d'urto di produzione $e^+e^- \rightarrow \tilde{\chi}_1^+\tilde{\chi}_1^-$

TSLEP

...interpretazione nel MSSM

...e per le ricerche di neutralini ($\tilde{\chi}_2^0 \to Z^{(*)}\tilde{\chi}_1^0$)

$$\tilde{\chi}_2^0\tilde{\chi}_1^0 \to \mu\mu + energia\, mancante$$



U.L al 95% di C.L. sulla

$$\sigma(e^+e^- \to \tilde{\chi}_2^0\tilde{\chi}_1^0) \times BR(\tilde{\chi}_2^0\tilde{\chi}_1^0 \to \mu\mu)$$

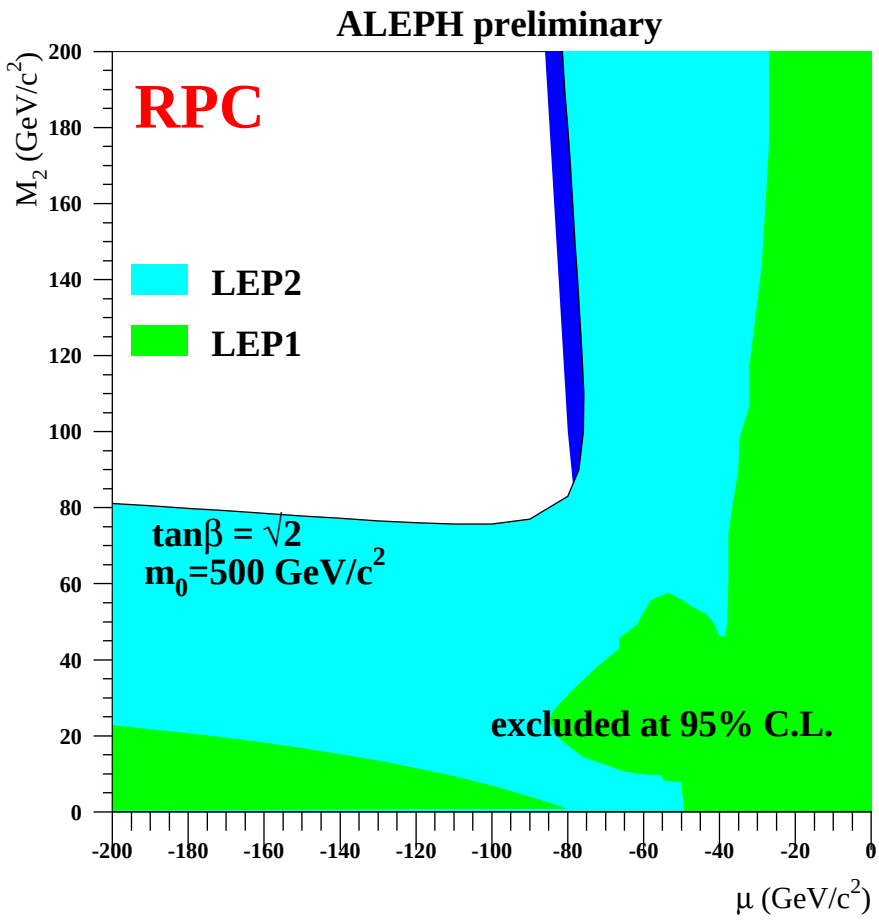
TSLEP

...interpretazione nel CMSSM

Dagli U.L. sulle sezioni d'urto si ricavano i limiti nello spazio dei parametri del CMSSM

Assumendo l'unificazione delle masse dei gaugini alla scala GUT i risultati possono essere espressi nel piano (μ, M_2)

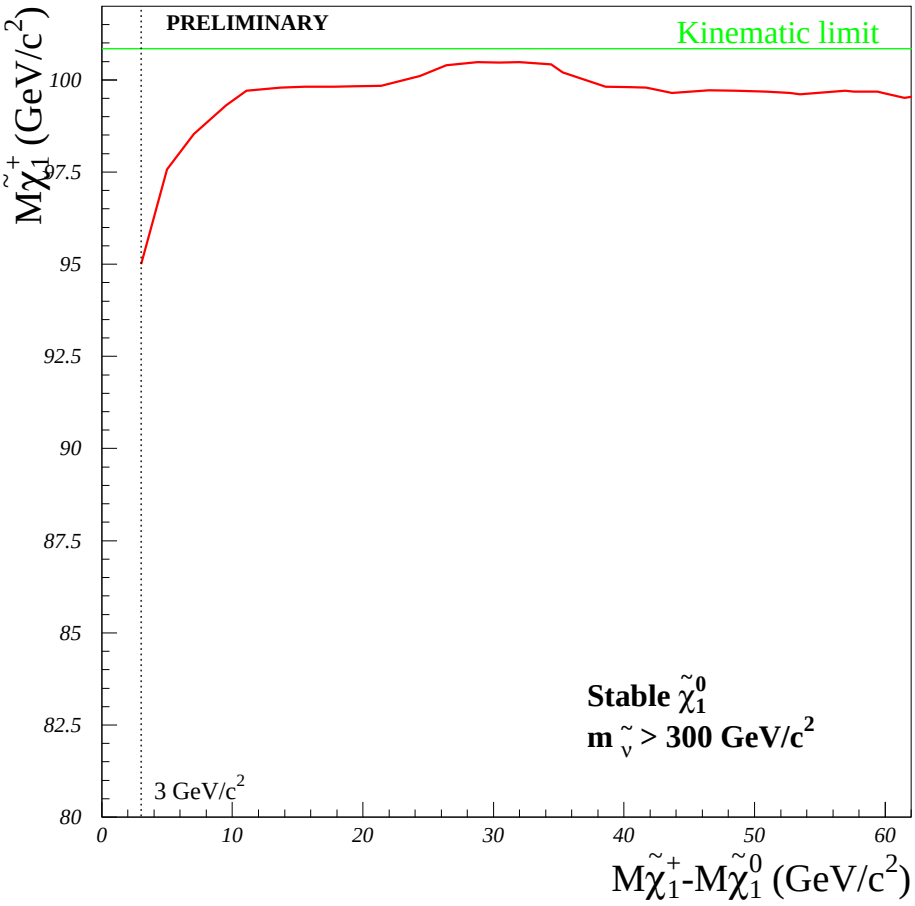
A $\sqrt{s} = 202\,GeV$



TSLEP

...interpretazione nel CMSSM

DELPHI $\tilde{\chi}_1^+\tilde{\chi}_1^-$ limits at 202 GeV



per $\Delta M > 20\,GeV/c^2$

$$m_{\tilde{\chi}^\pm} > 99.6\,GeV/c^2@95\%C.L.$$

per $\Delta M = 3\,GeV/c^2$ (regione *deep* higgsino)

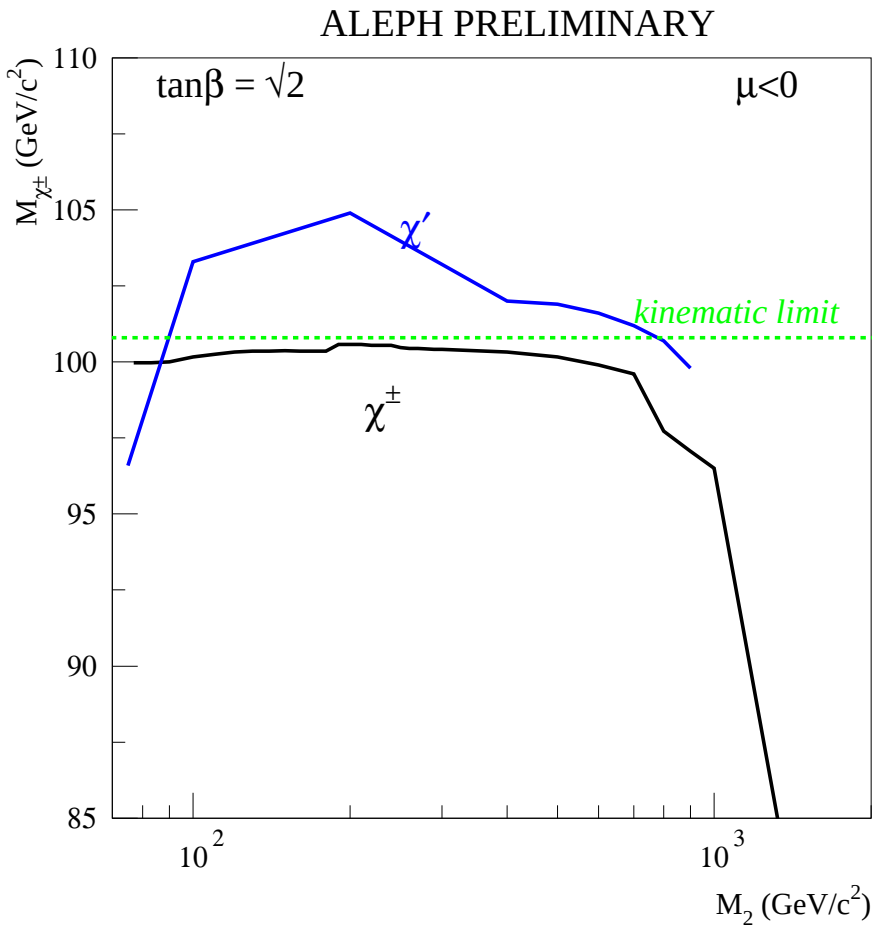
$$m_{\tilde{\chi}^\pm} > 95\,GeV/c^2@95\%C.L.$$

TSLEP

...interpretazione nel CMSSM

...o come limite di massa inferiore sul chargino

A $\sqrt{s} = 202\,GeV$

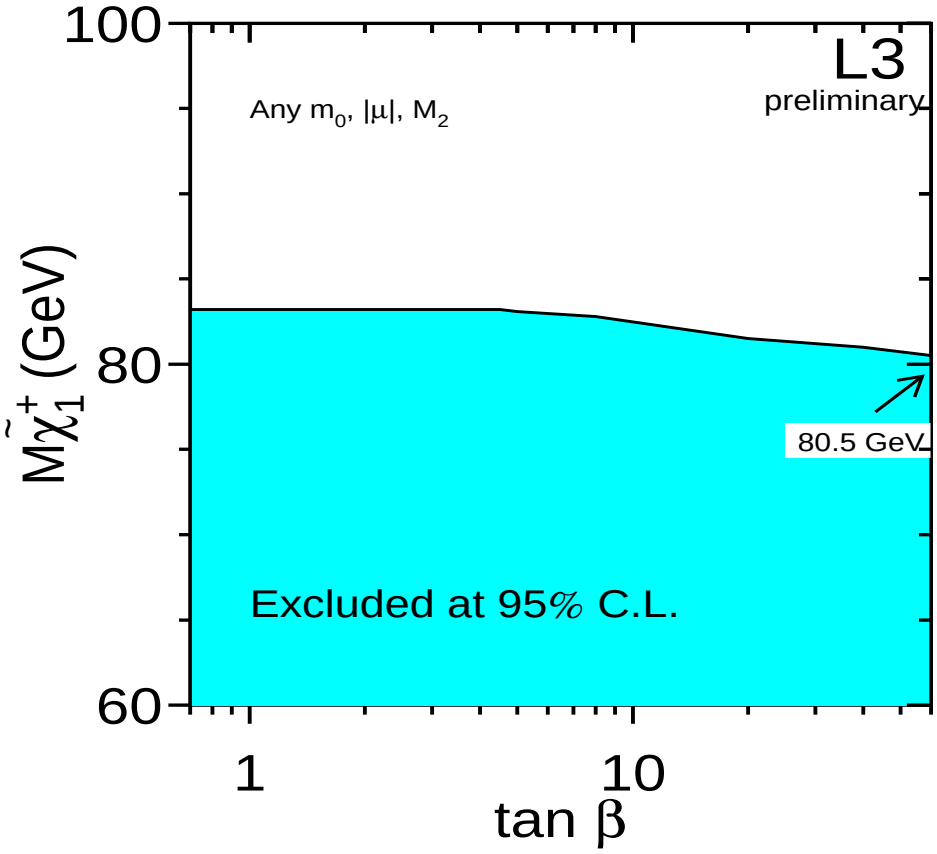


problemi nella regione *deep* higgsino e per m_0 piccolo

TSLEP

Limite assoluto su $m_{\tilde{\chi}_1^\pm}$ a 202 GeV

Combinando le ricerche di chargino, neutralino e sleptoni



$$m_{\tilde{\chi}_1^\pm} > 80.5\, GeV/c^2$$

TSLEP

Conclusioni e prospettive!

Nessuna scoperta!

Prospettive:

Estensione del limite sulla $m_{\tilde{\chi}_1^\pm}$ fino a $103.5\,GeV/c^2$

TSLEP