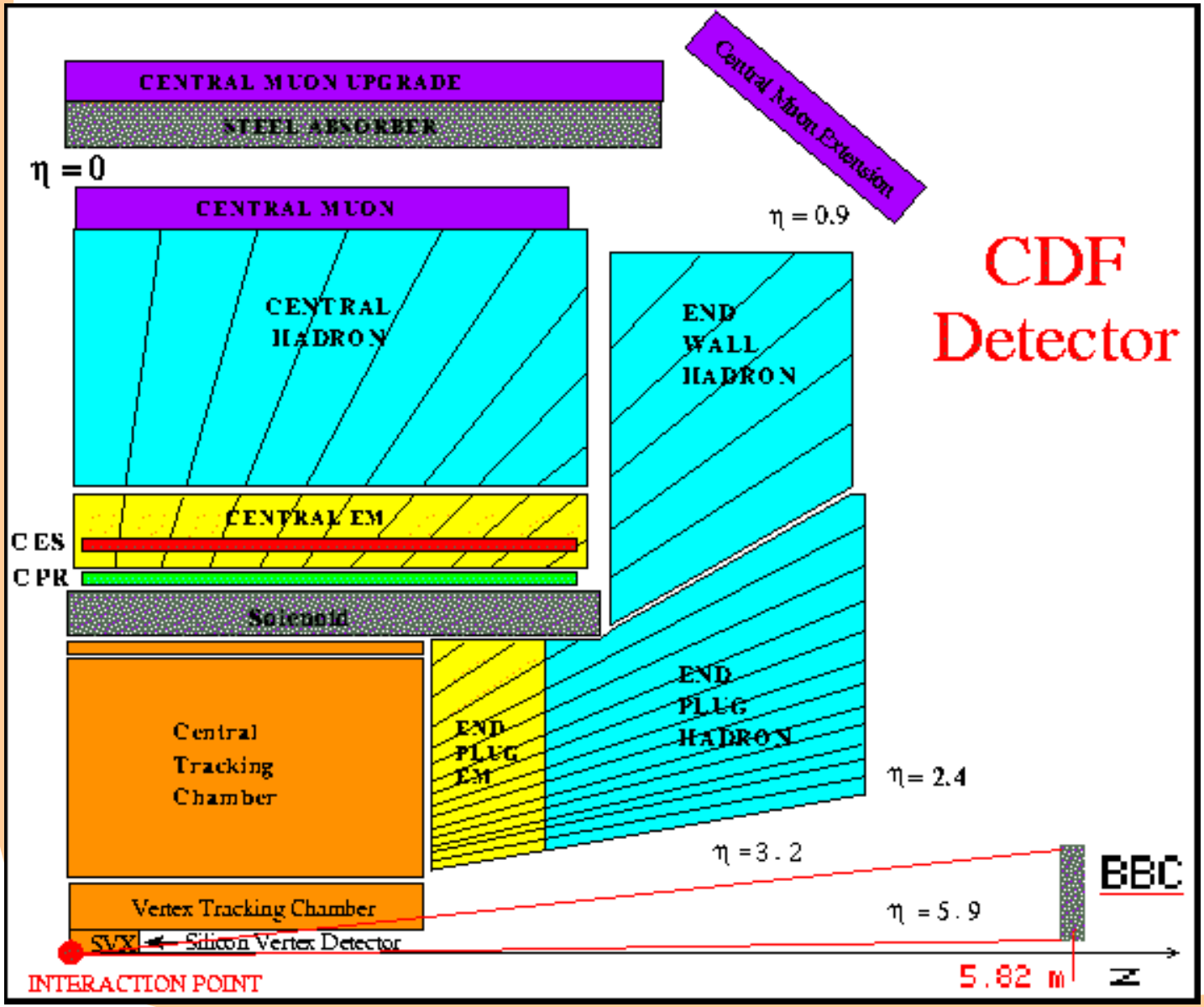
ANALISI SISTEMATICA DELLA COMPONENTE SOFFICE IN INTERAZIONI PROTONE-ANTIPROTONE

Niccolo' Moggi
CDF - Bologna
15 Marzo 2000

1. Introduzione
2. L'esperimento CDF
3. L'analisi del Minimum Bias
4. Distribuzioni inclusive e correlazioni
5. Proprieta' delle interazioni soffici
6. Conclusioni

L'esperimento CDF

Apparato "general purpose" a simmetria cilindrica



Rivelatori (a partire dal punto nominale di interazione) :

- rivelatore al silicio (vertici secondari) SVX
- camera "time projection" (event vertex) VTX
- camera a drift (tracking) CTC
- magnete
- calorimetri EM + HAD
- rivelatori di muoni
- odoscopi di scintillatori (MB trigger) BBC

Introduzione

Interazioni $p\bar{p}$ alta energia

- >90% $\sigma(inelastica)$ → **interazioni "soffici": basso Q^2**
- $\sigma(soft)/\sigma(inelastica)$ **decresce con Ecms**
- **Interazioni "hard" (alto Q^2) ben conosciute**

(QCD perturbativa, presenza di jet adronici di alto Pt)

Interazioni soffici

- **Interazione tra sistemi di partoni (effetti di coerenza)**
- **Basso momento trasferito → regione NON perturbativa**
- **Non chiaramente caratterizzabili: non esiste separazione netta soft/hard**
- **Modelli limitati o fenomenologici : nessuno riproduce correttamente tutte le caratteristiche**
- **Molte osservazioni sperimentali, spesso non omogenee (esperimenti diversi, es: UA5 @ SppS, E730 @ Tevatron)**

Analisi di Minimum Bias a CDF

Min Bias

"Min Bias"=Trigger che applica la minima selezione possibile

Comprende ogni tipo di interazione

Le proprieta' del MB sono il risultato di interazioni soffici e dure

usiamo dati per

Goal analisi

Studio della evoluzione soft→hard

Caratterizzare le interazioni soffici

Fornire un inquadramento "globale" ed "unitario" del MB

come

Approccio usato

Analisi statistica delle caratteristiche collettive comuni di un insieme di molti eventi:

1- studio delle variabili "globali" dell'evento (mult., $\langle pt \rangle_{ev}$)

2- isolamento di un campione puramente soffice

3- confronto ad Ecms diverse (630 ⇔ 1800 GeV)

Campione dati: il trigger di Minimum Bias

MB trigger: coincidenza di 2 odoscopi di scintillatori a ~ 6m dall'origine ⊕ beam-beam crossing

1800 GeV	RUN 1A (92/93) + 1B (94/95) + 1C (96) +	630 GeV	RUN 1C (96)
	~ 3.2 Meventi =		~ 2.6 Meventi

Selezione degli eventi

1- cosmici "in time" col trigger (-20<t<30 ns)
2- interazioni "beam-gas" in base a criteri di qualita' del vertice
3- vertice evento in ± 60 cm dall'origine
4- interazioni multiple
5- effetti strumentali spuri e rumore del calorimetro
6- scan visuale di EMF>98% .or. HAF>90% → cosmici residui

Eventi selezionati: 1800 GeV = 2.068.999
630 GeV = 1.966.645

Selezione delle tracce CTC

- Criteri minimi di qualita' delle tracce: fit e numero di fili colpiti nella CTC
- Rimozione secondarie:
  parametro di impatto $|D|<0.5$ cm
  matching della traccia al vertice $|Z_{vertice} - Z_{traccia}| < 5.0$ cm
- Rimozione errori di ricostruzione: Pt(tracce) < 50 GeV/c
- Accettanza CTC:

$|\eta| < 1.0$
$Pt > 400$ MeV/c

← Max Efficienza !

Possibili sorgenti di errori sistematici:

- conversioni di γ
- interazioni secondarie
- decadimenti particelle neutre

} $\leq$ (3% ± 1%)

-classificazione vertici "primari" e secondari": ≤ 6% Et
≤ 1% molteplicita'
≤ 0.5% Pt

Correzioni per Efficienza

MonteCarlo → Efficienza globale di rivelazione e ricostruzione

$$\varepsilon = \frac{\#\text{ tracce ricostruite}}{\#\text{ tracce generate}}$$

Pythia MB: $\varepsilon(pt) \cong 98\%$ (→ ~90% per Pt >3.5 GeV/c)

$\varepsilon(\eta) \cong 98\%$ (costante in $|\eta| < 1.0$)

$\varepsilon(mult) \cong 98\%$ (funzione della "occupancy",
→ ~80% con interazioni multiple)

- comprende background fisici: interazioni secondarie, conversione di γ, decadimenti di neutre.

Residua contaminazione di diffrattivo:

- $5 \div 0$ % per $0 \leq$ molteplicita' ≤ 4
- $1 \div 0$ % per $400 \leq$ Pt ≤ 800 MeV/c

Scomposizione del campione di MB

Isolamento Interazioni soffici

- identifichiamo le interazioni "hard" con quegli eventi che mostrano presenza di "jet"
- la ricostruzione sperimentale di strutture a jet e' *ambigua* per Et(jet) ≤ 3 GeV
⇒ la separazione soft/hard dipende dalla definizione operativa di cosa sia un jet

Definizione di "jet"

algoritmo di *jet clustering* di CDF: $R = (\Delta\eta^2 + \Delta\phi^2)^{1/2} = 0.7$
(clustering di torri calorimetriche in $|\eta| < 2.4$)
JET=(almeno 2 torri adiacenti di [1.0 + 0.1] GeV) .OR.
(clustering delle tracce in corrispondenza dei crack del calorimetro: $0.9 < |\eta| < 1.2$)

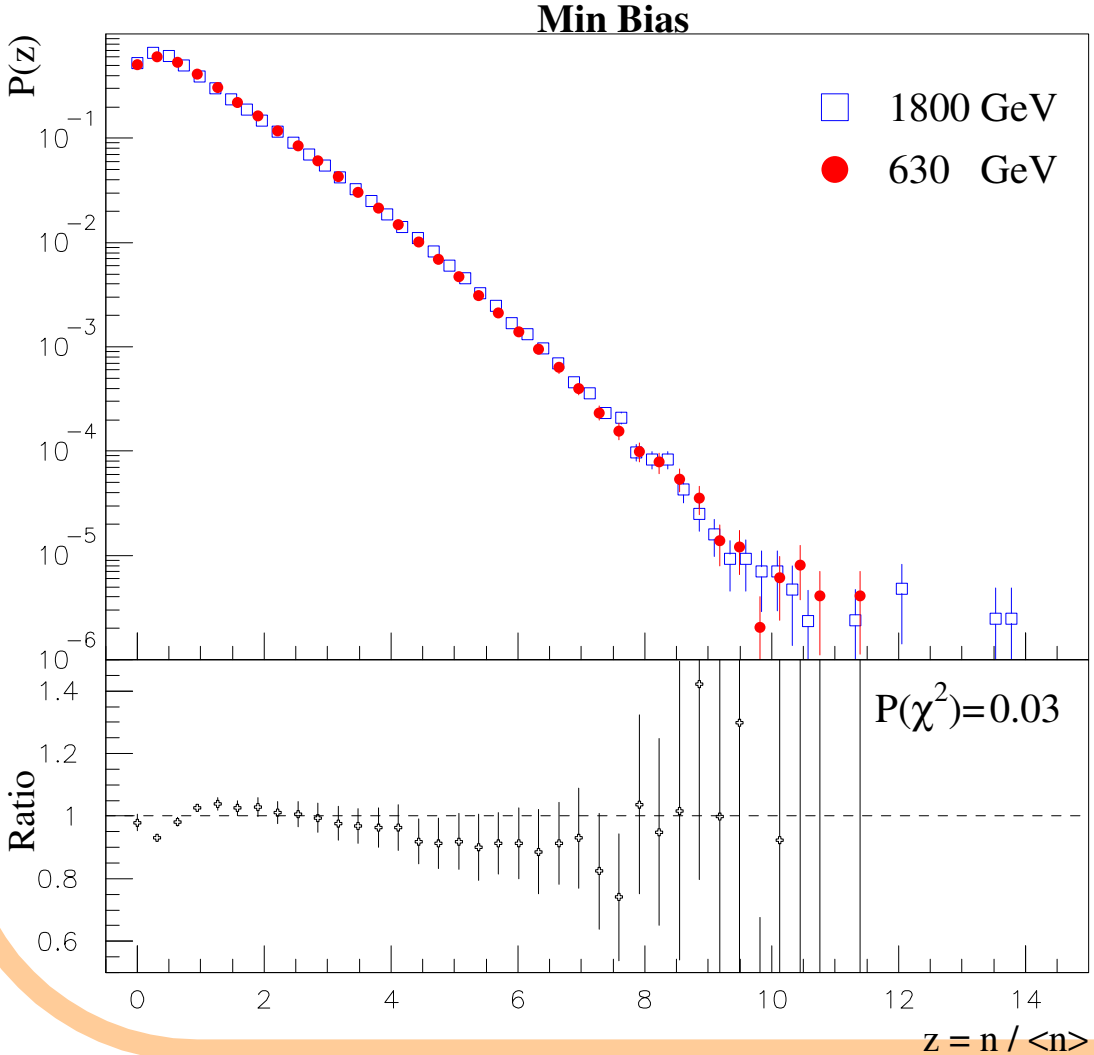
Affidabilita' del procedimento: stima con Pythia: ~70% (>80% in $|\eta| < 0.8$)

# Eventi:	MB	Hard	Soft
1800	2.068999	953355	1115644
630	1966645	725328	1241317

Distribuzioni Inclusive: molteplicita' carica

Definiamo cosa e' la molteplicita' carica: " only particles from the primary vertex are included and not, for example, the decay products of Ks^0 and Λ^0,, [UA5]

Distribuzione della mult. Carica in forma KNO: P(n) → P(n/<n>)

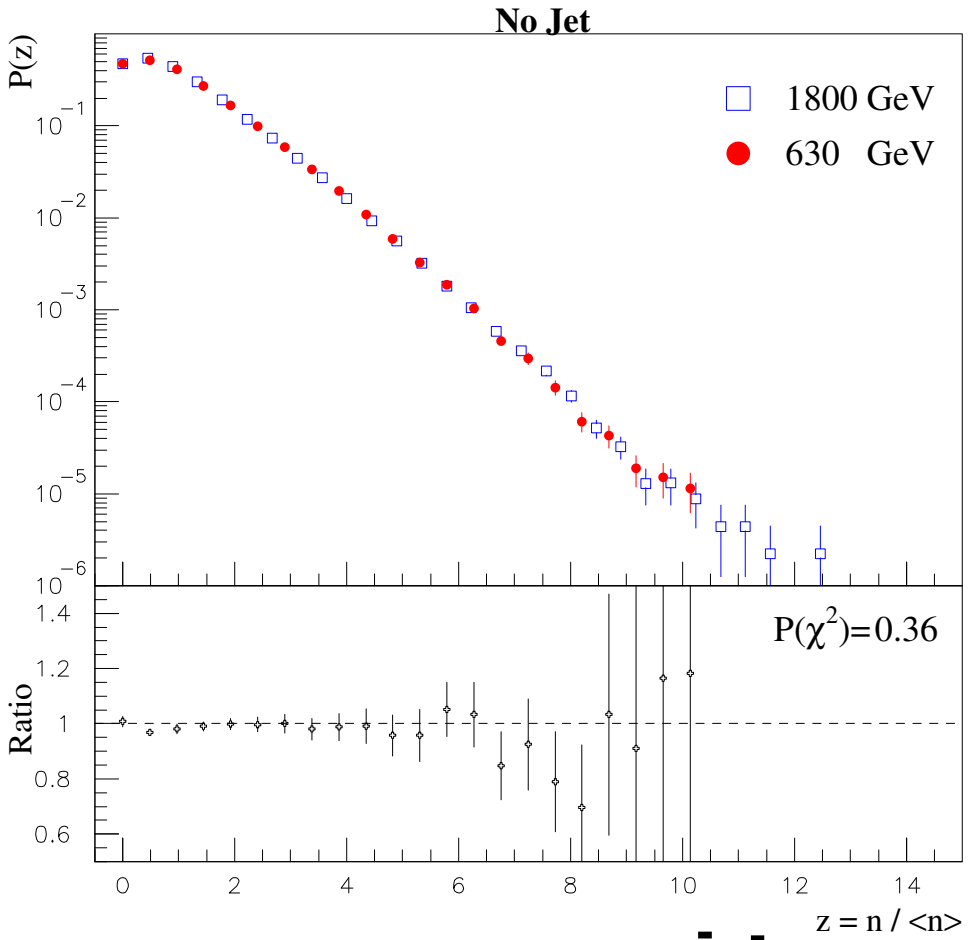


1. Piccola violazione dello scaling KNO (come aspettato in una regione limitata dello spazio delle fasi)
2. Rapporto delle distribuzioni:tentativo di *quantificare* la violazione (solo con alta statistica)
3. Gli errori sistematici sul rapporto tendono a cancellarsi

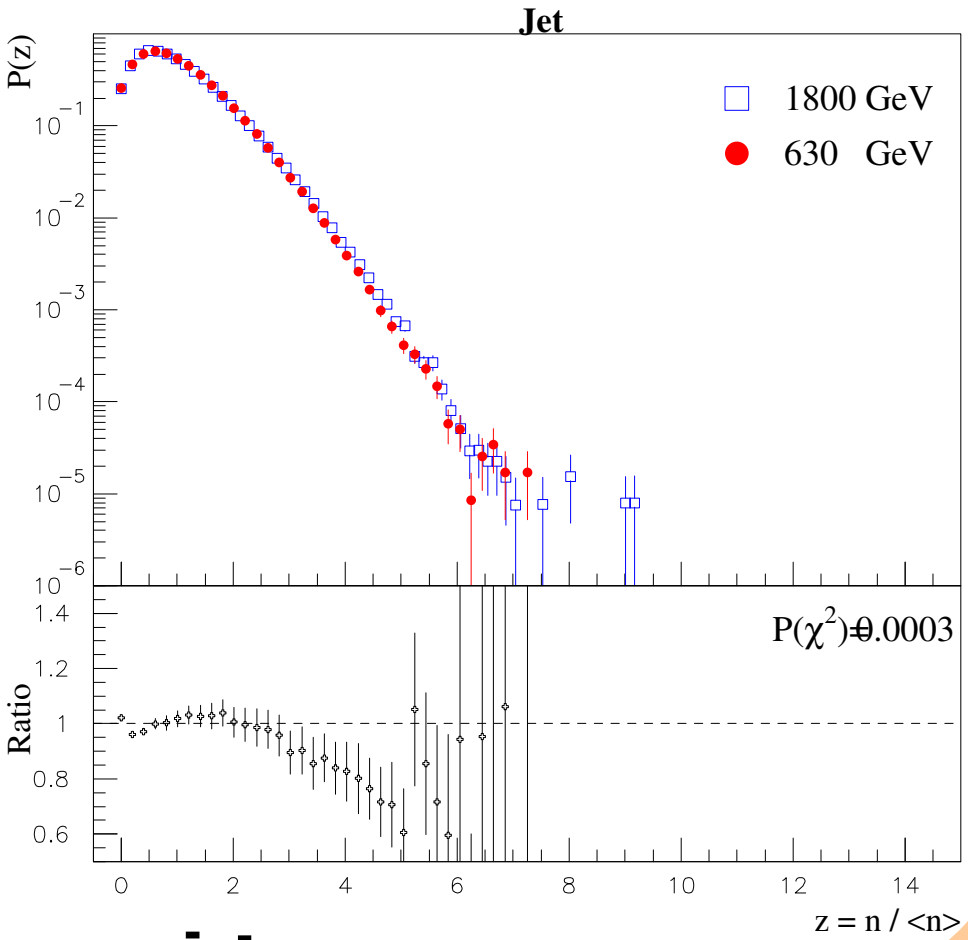
Distribuzioni Inclusive: molteplicita' carica

I rapporti delle distribuzioni "soft" e di quelle "hard" sono diversi: soft compatibili con 1 (???), hard no !

Scaling della componente soffice ?



no-jet

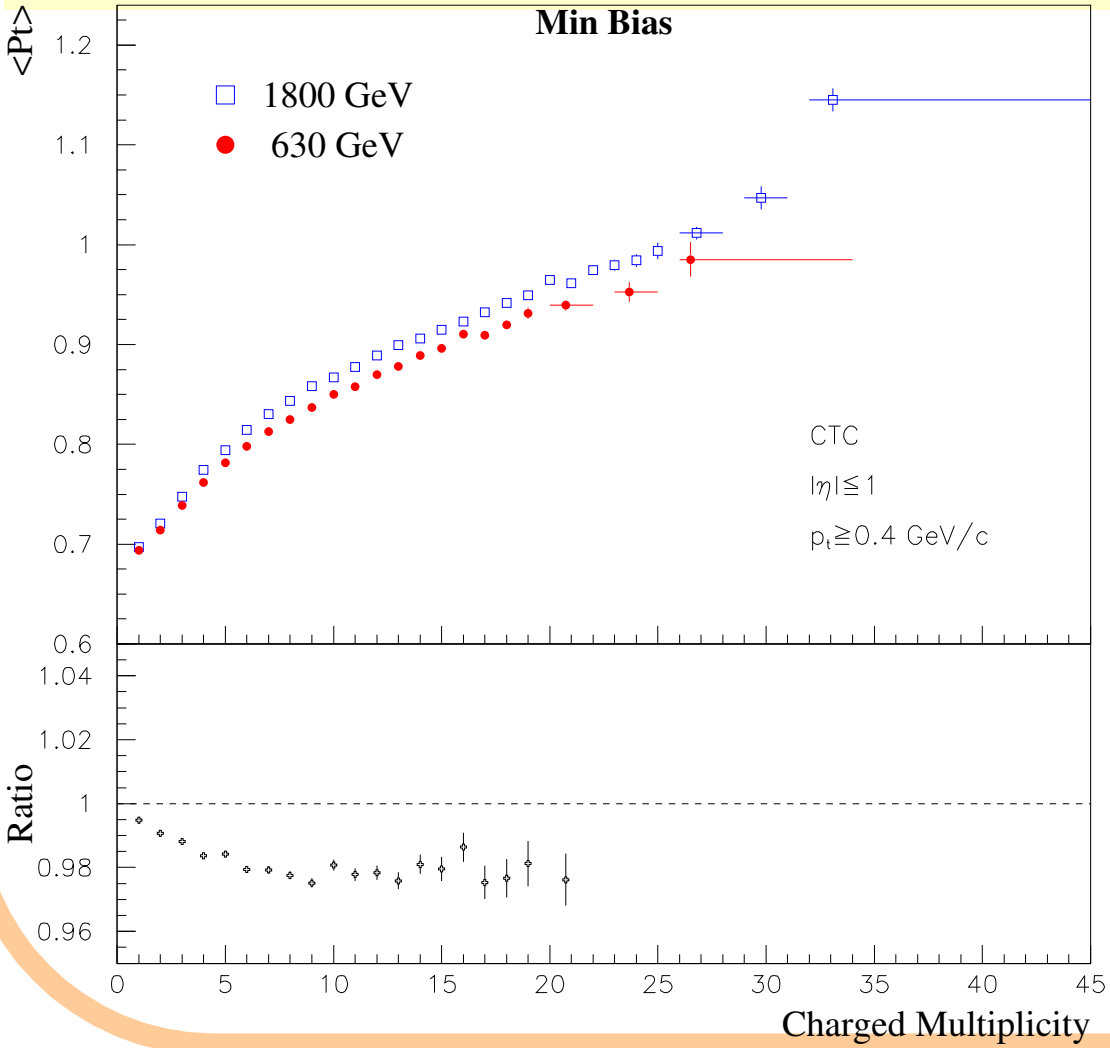


jet

Dipendenza del Pt(medio) dalla Molteplicita' Carica

La correlazione tra Pt delle particelle dello stato finale e molteplicita' dell'evento e' nota (prime osservazioni UA1, successivamente ISR, Tevatron)

Manca una spiegazione teorica efficace (modelli a mini-jet, termodinamici)

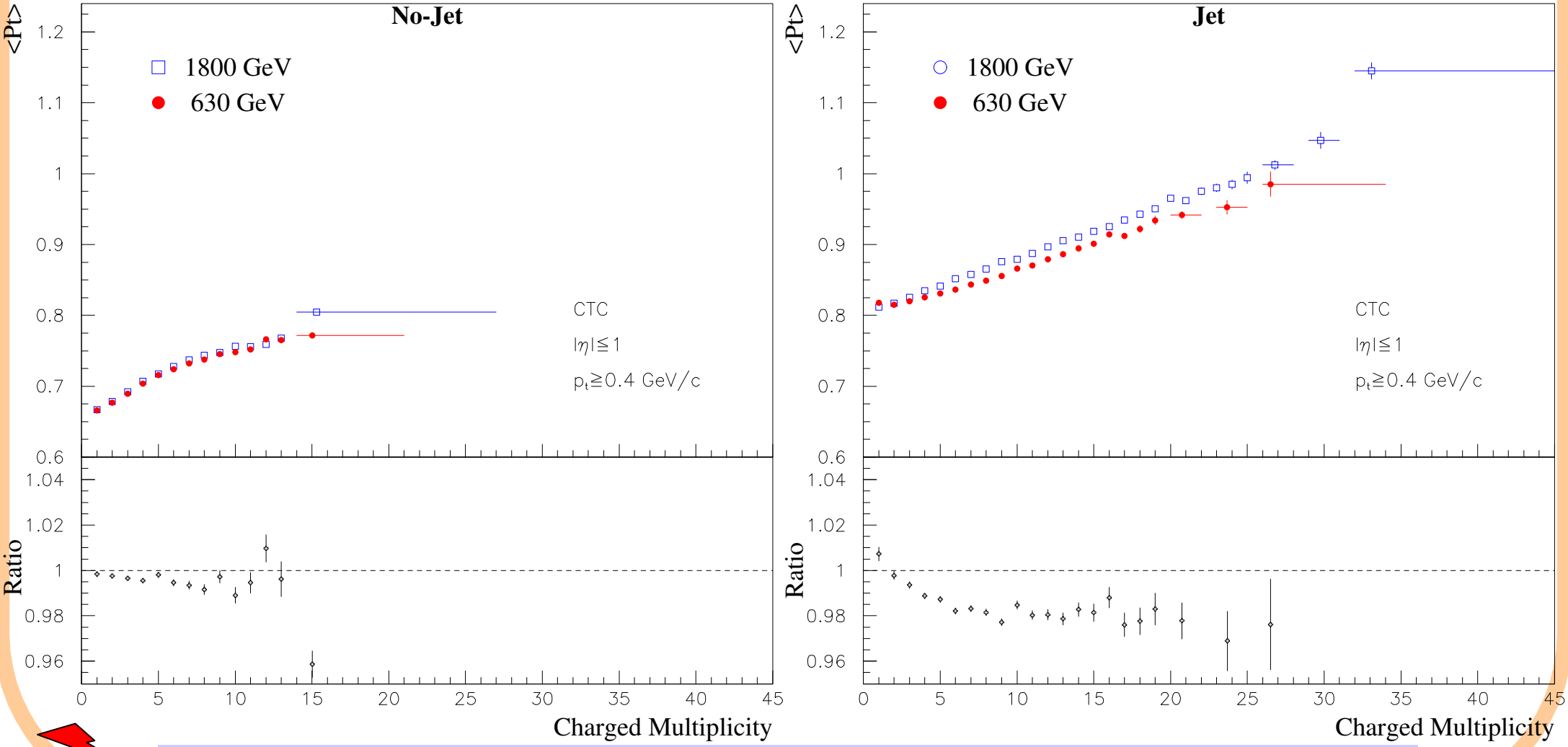


- **Si ottiene calcolando il Pt medio di tutti gli eventi di uguale mult.**
- **Descive l'evoluzione del processo di scattering dell'evento nel suo insieme**
- **Crescita NON lineare del MB Flesso (!!!) in mult ≈3 ad entrambe le Ecms**

Dipendenza del Pt(medio) dalla Molteplicita' Carica

Soft → rimane crescita NON lineare
rapporto 630/1800 ≈ 1

Hard → andamento differente
rapporto 630/1800 ≠ 1

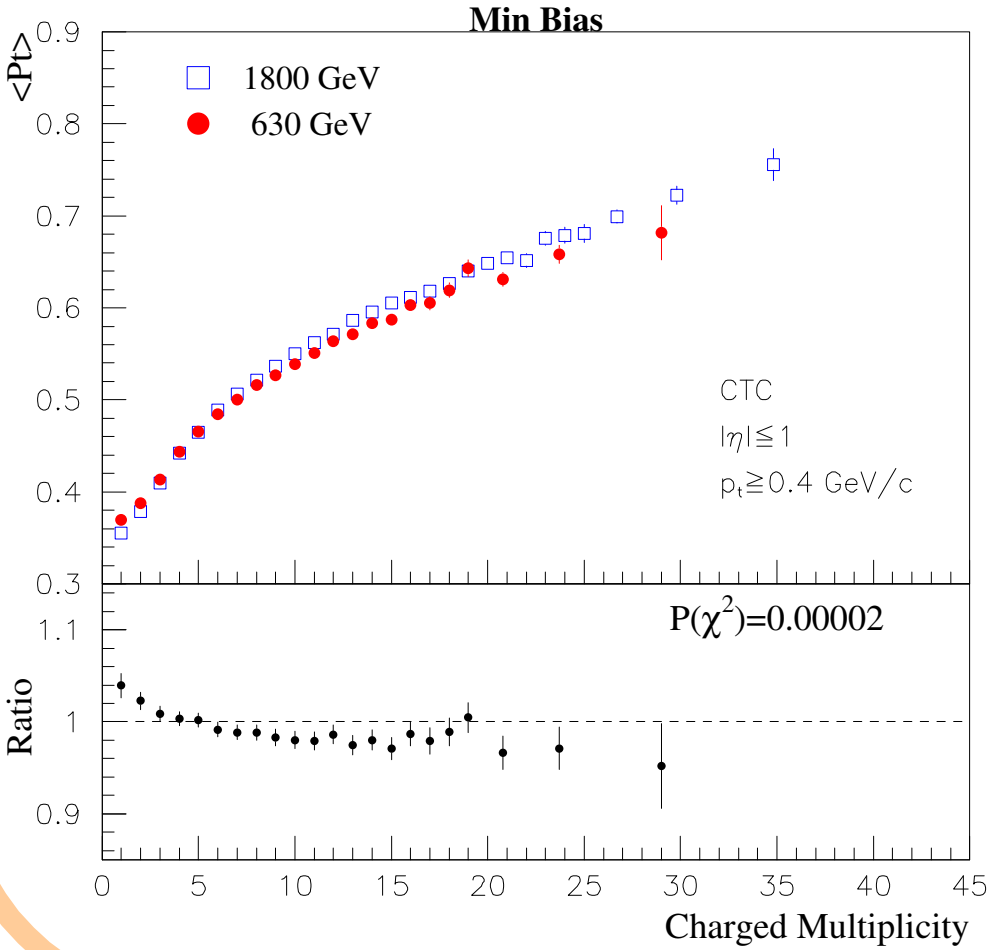


WARNING: grande precisione. Significativita' della misura !?!

<Pt> vs Molteplicita': fit degli spettri di Pt

E' possibile calcolare il valore "vero" del <Pt> con un fit allo spettro di Pt di ogni singola molteplicita'

La forma della correlazione rimane inalterata…



1- fit con la forma funzionale:

$$\frac{d\sigma}{dp_t^2} = A\left(\frac{p_t^0}{p_t - p_t^0}\right)^n$$

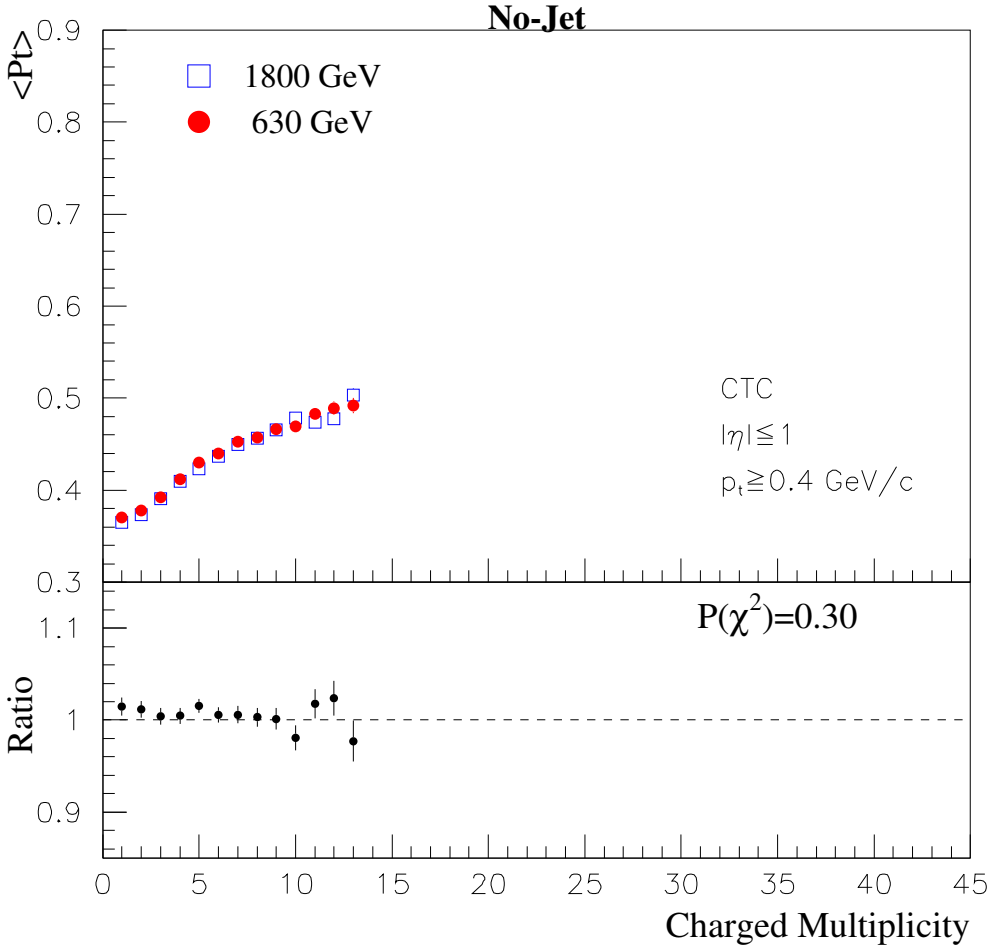
con A, p_t^0, n = parametri liberi

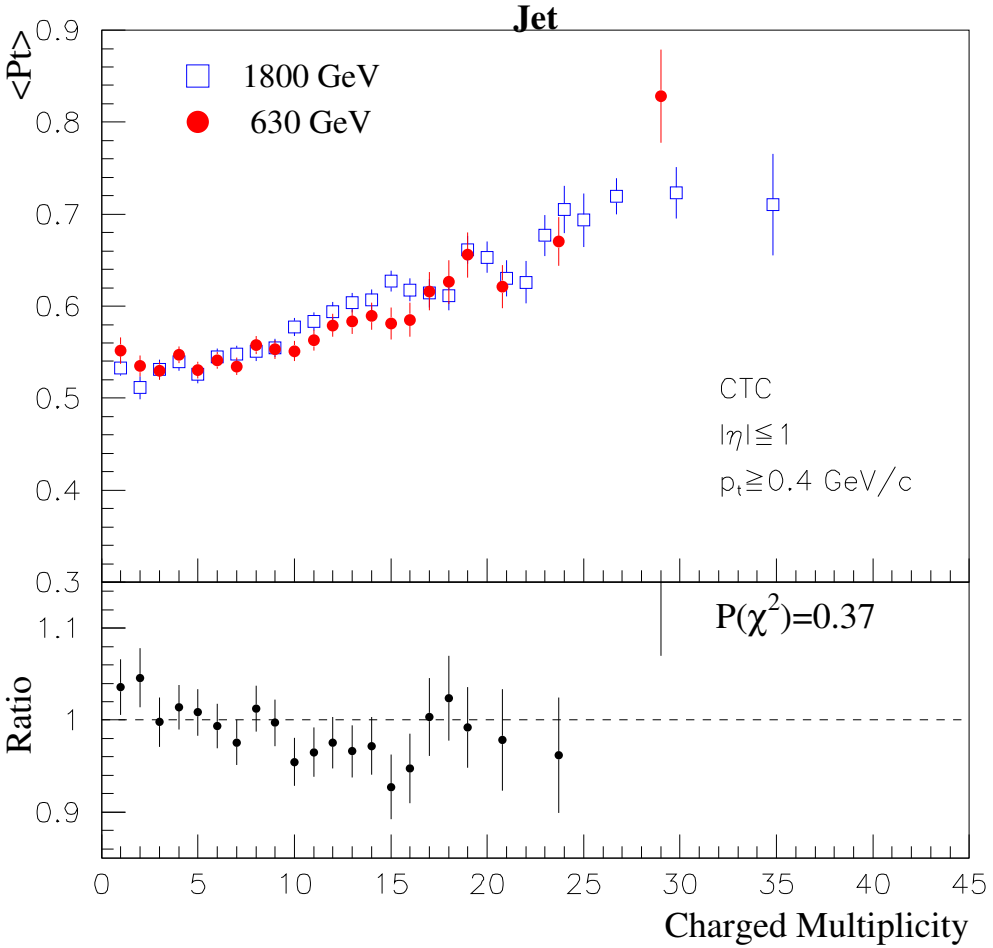
$$< p_t >= 2\left(\frac{p^0}{n-3}\right)$$

2- ogni singolo spettro viene corretto per inefficienza

<Pt> vs Molteplicita': fit degli spettri di Pt

Idem per i sotto-campioni *soft* e *hard* :



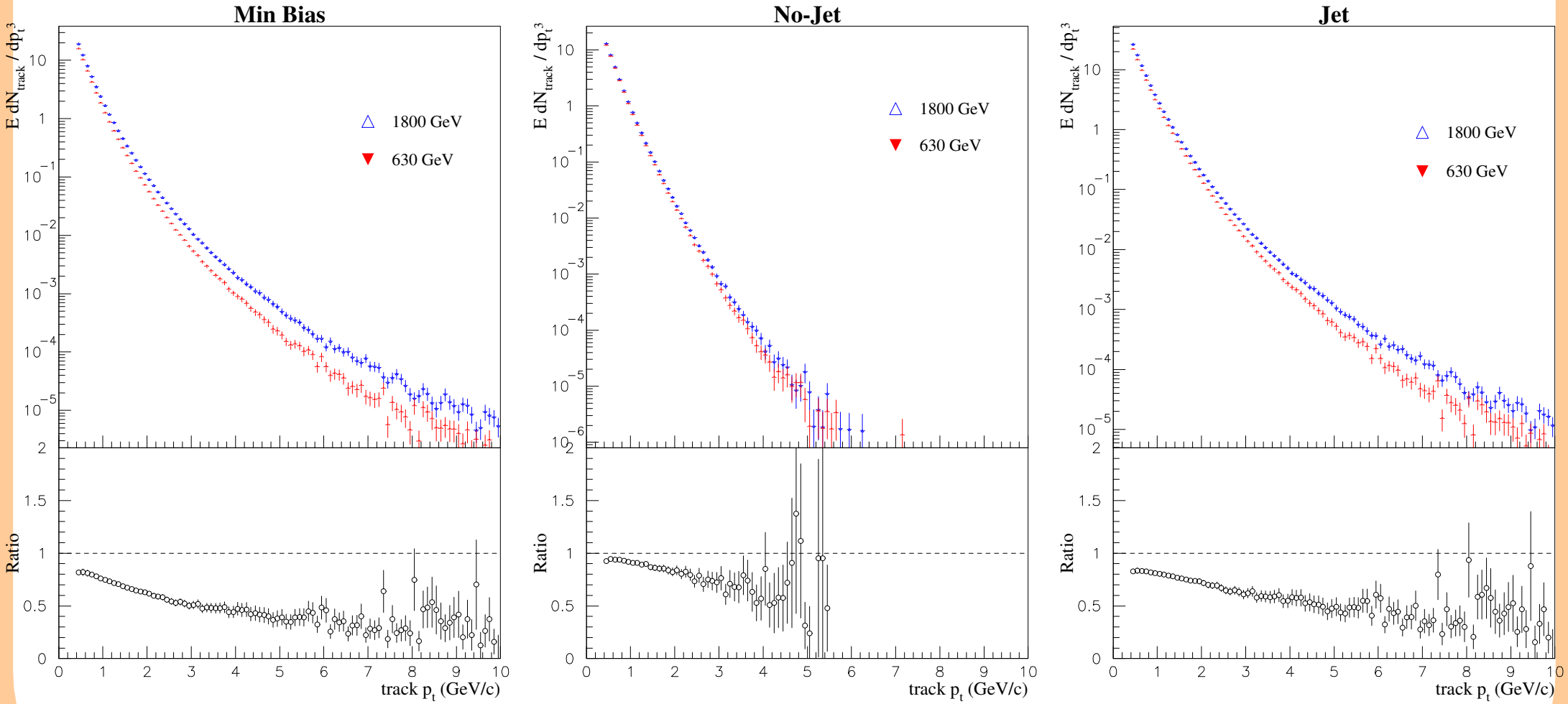


Il campione soft e' meglio interpolato da un fit esponenziale

WARNING ! hard: fluttuazioni dal fit !

Distribuzioni Inclusive: Impulso trasverso

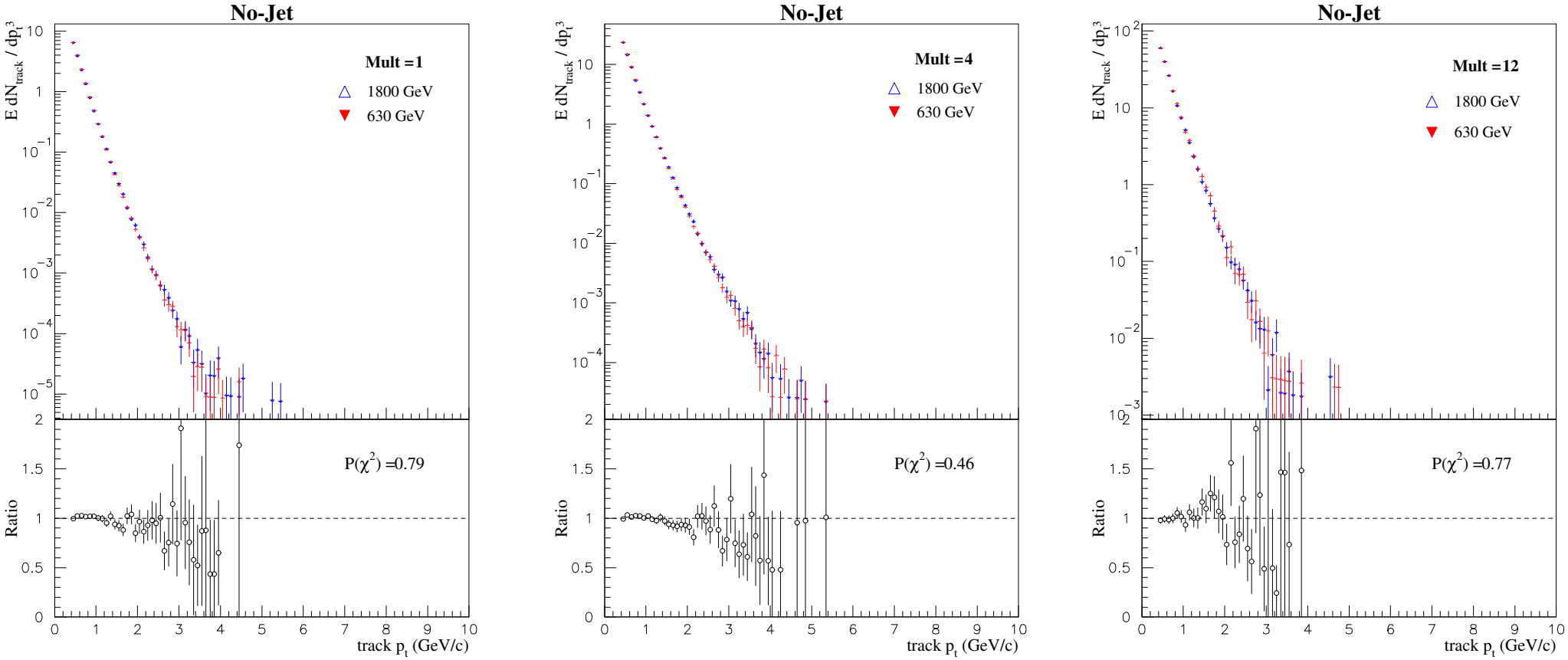
- Le distribuzioni inclusive del Pt **NON** mostrano le stesse proprieta'…



(la slope piu' accentuata del campione soffice riflette semplicemente la assenza di jet di alto Pt nella coda della distribuzione)

Distribuzioni Inclusive: Impulso trasverso

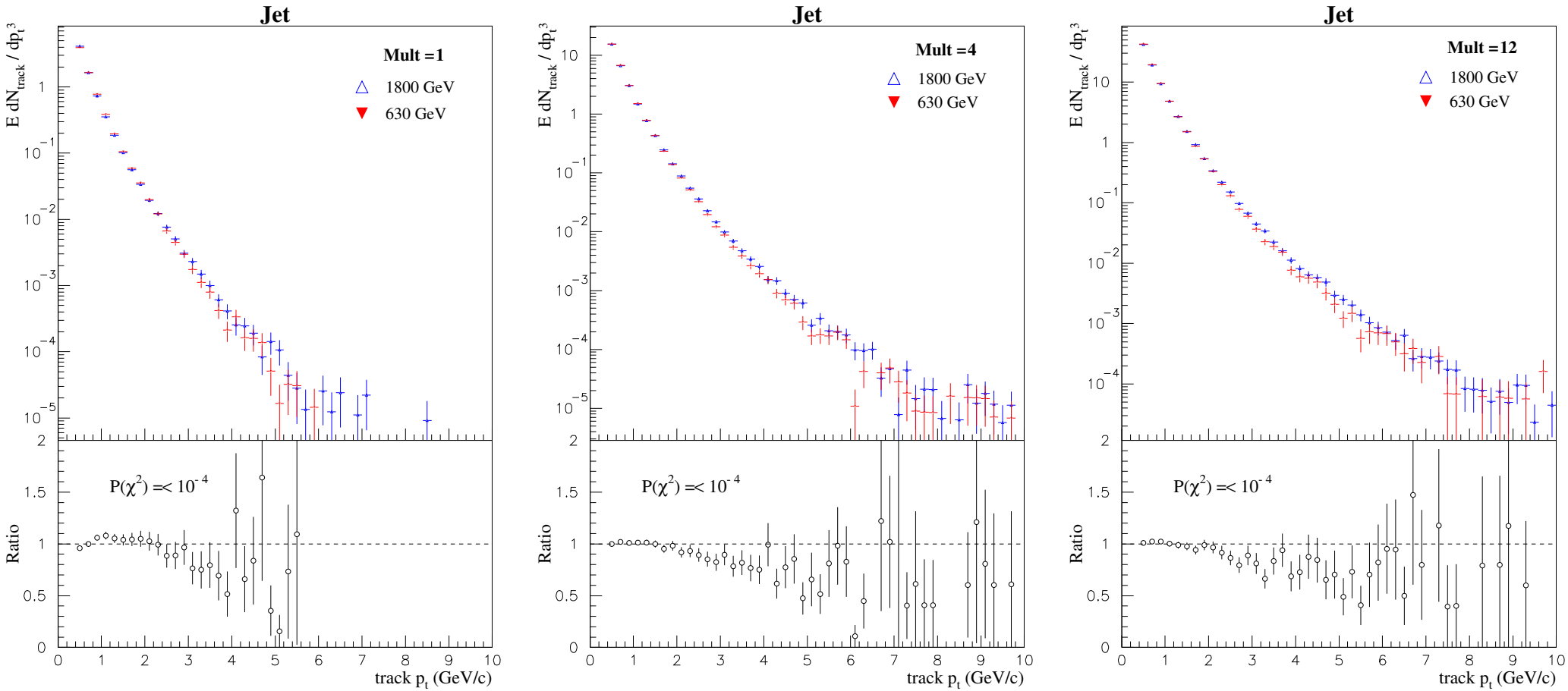
…tuttavia la invarianza della correlazione <Pt>-Mult indica che le stesse distribuzioni selezionate ***per ogni singola molteplicita'*** devono essere "***sovrapponibili***", limitatamente al campione soffice :



Risultato inaspettato ! …per la componente soft le probabilita' indicano compatibilita' con 1 dei rapporti in tutto lo spettro di molteplicita'

Distribuzioni Inclusive: Impulso trasverso

…la componente con "jet" non sembra dare rapporti compatibili con 1, (tranne che per alte molteplicita', ≥ 15)



Correlazioni: Dispersione del <Pt>ev

Analizziamo le ***fluttuazioni da evento ad evento*** del :

$$\langle P_t \rangle_{ev} = \frac{1}{N_{tracks}} \sum_{i=1}^{N} p_{t\,i}$$

Diverso dal precedente: variabile "globale"dell' evento, legata alla dinamica della interazione

come

Per ogni molteplicita' calcoliamo la **DISPERSIONE:**

$$D_m(\langle p_t \rangle_{ev}) = \frac{\langle\langle p_t \rangle_{ev}^2\rangle_m - \langle\langle p_t \rangle_{ev}\rangle_m^2}{\langle p_t \rangle_{sample}}$$

fattore di normalizzazione

≡ "..media dei $\langle p_t \rangle_{ev}$ su tutti gli eventi di uguale molteplicita'"

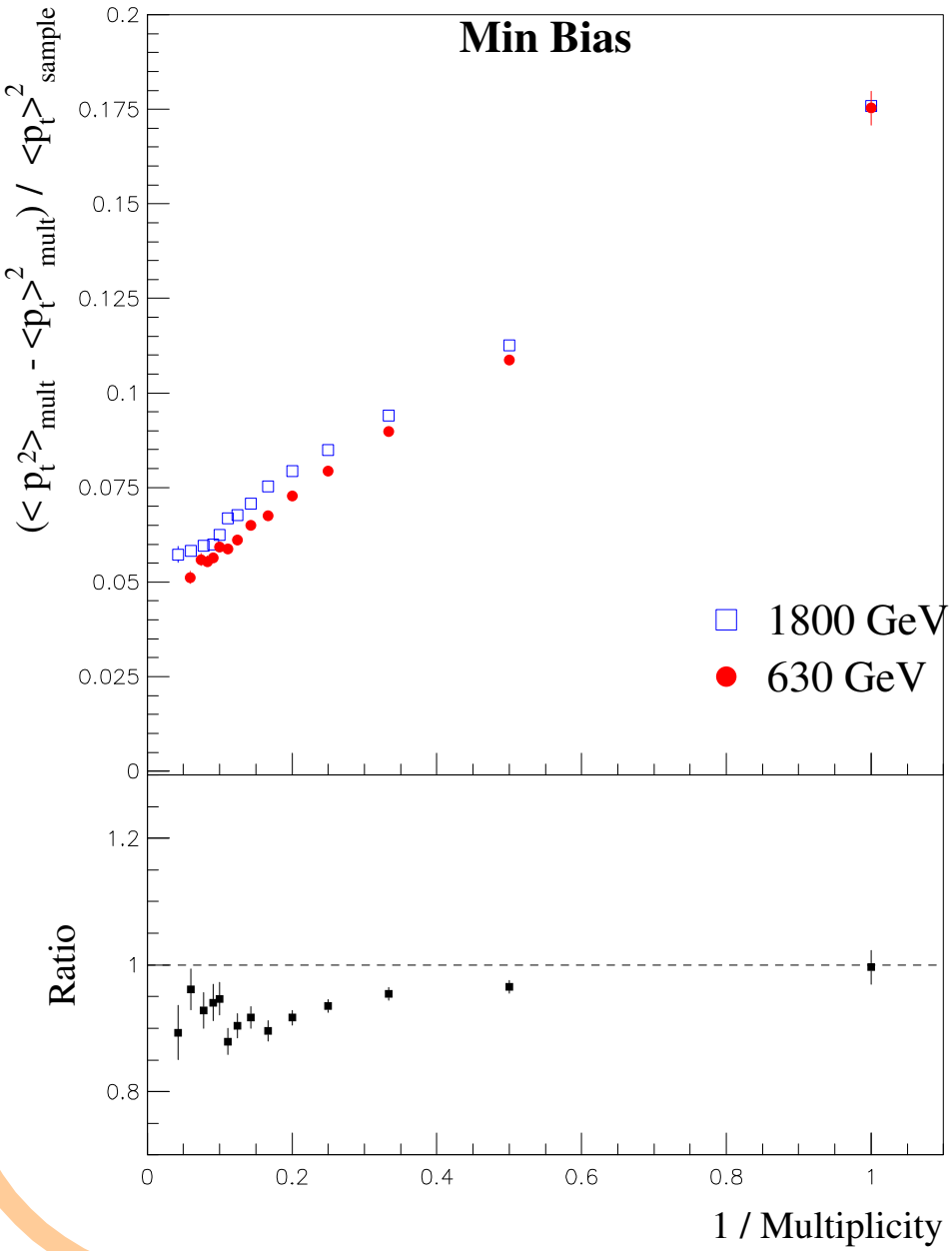
In funzione di 1/mult. si ha:

Fluttuazioni SOLO statistiche → $D \to 0$ $(m\to\infty)$

Fluttuazioni NON SOLO statistiche → $D \to >0$ $(m\to\infty)$

@ ISR: andamento lineare intercetta $\neq 0$

Correlazioni: Dispersione del <Pt>ev



1- Presenza di fluttuazioni NON statistiche

2- NON linearita' ad alta Mult.

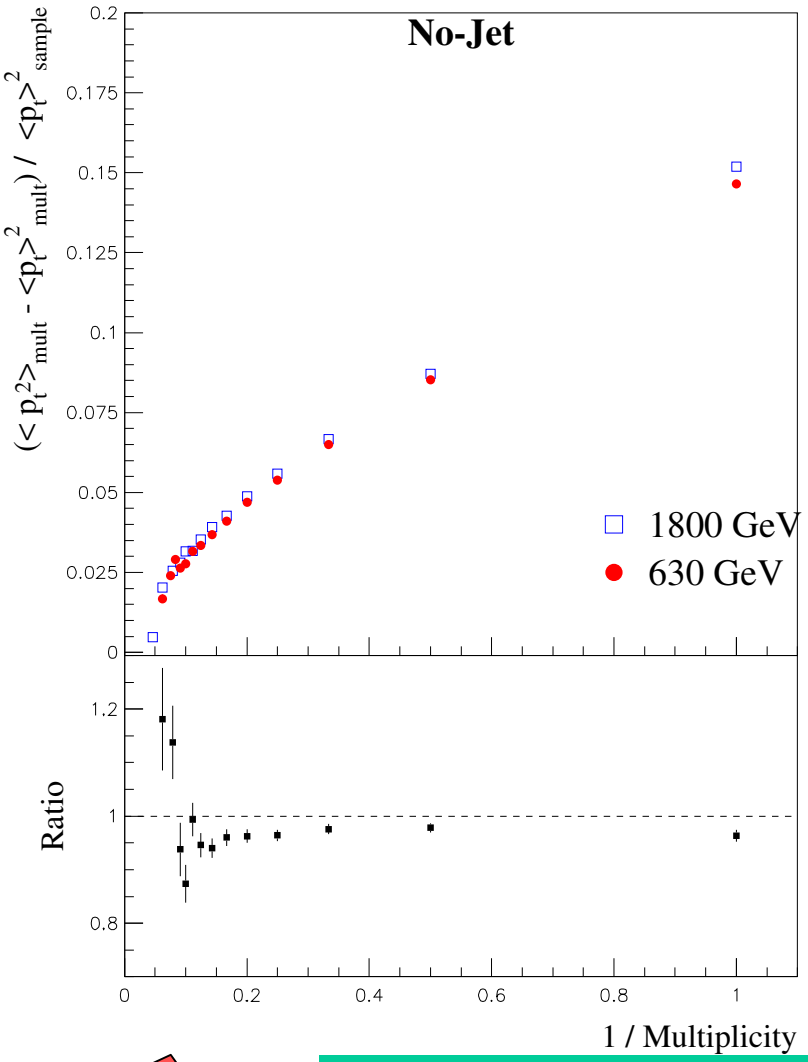
3- D tende a crescere per Mult ≥ 8 : e' lo stesso valore oltre il quale la correlazione <Pt>-Mult cambia pendenza

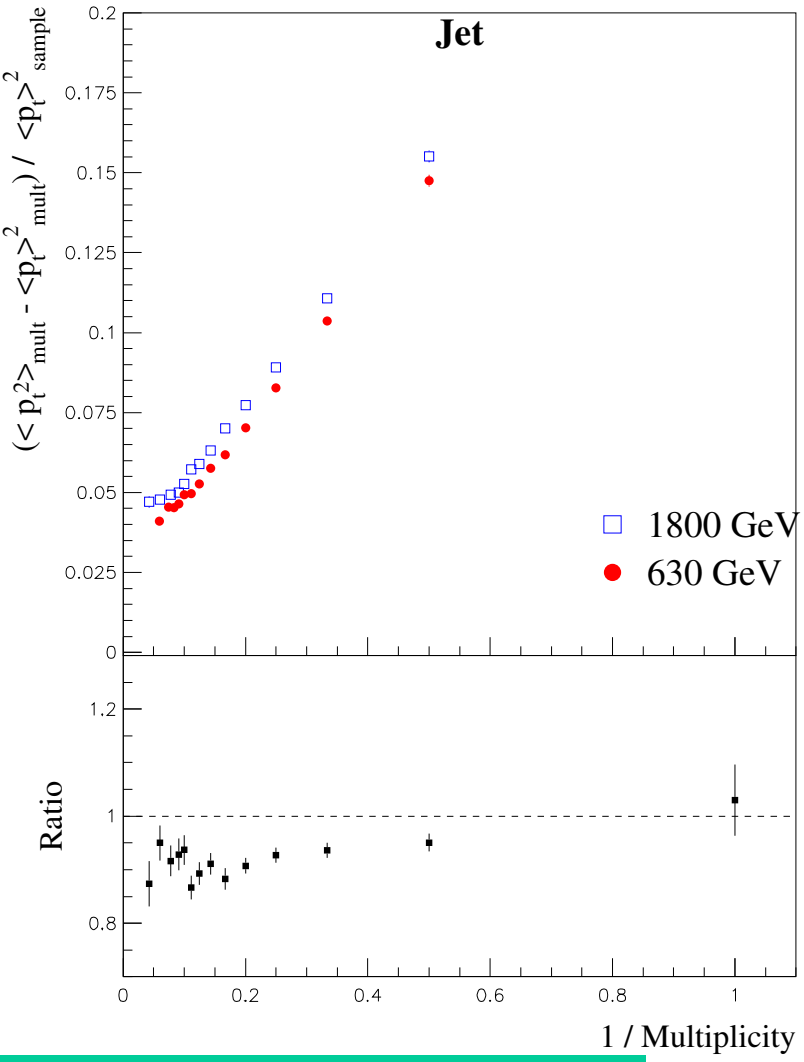
4- Risoluzione sperimentale ≈ 1% dell'errore statistico

5- Fit ?

Correlazioni: Dispersione del <Pt>ev

Confronto dei campioni ***soft*** e ***hard*** : ≠ in valore ed andamento





Per mult > 8 (circa): soft → 0 ma hard cresce !!!

Alcune note prima di finire...

- **C'e' una indicazione *comune a tutte le analisi* che la componente soffice sia invariante con Ecms. Le analisi prese *singolarmente* non forniscono (ancora ?) indicazioni definitive.**

- **Nel valutare la significativita' delle misure si deve tener conto della forte *limitazione in accettanza* di CDF.**

- **MonteCarlo: Pythia riproduce solo qualitativamente le caratteristiche del MB (distribuzioni inclusive). Poco e male le correlazioni.**

- **Tutte le analisi sono state ripetute con una soglia di *Et(jet) = 3 GeV*: i risultati *NON* cambiano sostanzialmente.**
  Valutiamo quindi un sistematico ~ 1%

...Conclusioni !

Assumendo che l'interazione hard partone-partone dia luogo ad un jet di particelle clusterizzabile, isoliamo dal MB un ***sotto-campione "soffice".***

Limitatamente a questo sottocampione (ed a differenza delle rimanenti interazioni) **tutte le variabili studiate sembrano essere indipendenti dalla energia nel c.m.s.**:

- Molteplicita' carica → vale scaling KNO
- Pt → la distribuzione dipende solo dalla molteplicita'
- Correlazioni → <<scaling>> con Ecms

Queste caratteristiche suggeriscono che il ***meccanismo dinamico della produzione inelastica soffice NON cambi con Ecms*** (almeno nell' intervallo di energia a noi disponibile) e che le uniche variazioni sono determinate dal numero di particelle nello stato finale, cioe' dalle dimensioni dello spazio delle fasi.