



Multiplicity Distribution in Inelastic $p\bar{p}$ Interactions

M. Mussini, N. Moggi, F. Rimondi

Univ. ed INFN, Bologna

CDF-Italia, 2 Settembre 2009

1. Motivazioni con un esempio
2. Misura e tecnica di correzione
3. Confronto con MC
4. Altre misure in programma

Introduzione

- Misura della distribuzione del numero di particelle primarie
- Set di misure per tunare MC di Minimum-Bias:
 - appena pubblicato: Phys.Rev.D79:112005 (2009)
 - stato: pre-blessed (CDF note #9901)
- Osservabile difficile da riprodurre:
 - contiene una parte non-perturbativa che non e' fattorizzabile
 - e' stato un banco di prova per molti modelli (NBD, KNO...)
 - solo **modelli con MPI** sembrano funzionare
- Misura intuitiva ma correzione difficile
 - massima precisione richiesta per estrapolare le simulazioni alle energie di LHC
 - **questa e' la misura piu' precisa mai realizzata**
 - **limitato spazio delle fasi ($p_T > 0.4 \text{ GeV}/c$ && $|\eta| < 1$)**

Esempio: modello MPI di Pythia

- Il parametro principale di Pythia (p_{Tmin}) influisce *direttamente* (anche) sulla molteplicita':

Pythia usa un solo parametro p_{Tmin} per regolarizzare la σ_{hard} a basso p_T e definire il numero di MPI

$$\sigma_{hard}(p_{Tmin}) = \int_{p_{Tmin}} \frac{d\sigma}{dp_T^2}$$
$$\langle N_{parton-parton} \rangle = \frac{\sigma_{hard}(p_{Tmin})}{\sigma_{inelastic}}$$

- Si lascia che $\sigma_{hard} > \sigma_{tot}$ e gli eventi in eccesso vengono interpretati come MPI: **con p_{Tmin} piu' piccolo ottengo $\langle N_{parton-parton} \rangle$ maggiori \rightarrow molteplicita' piu grandi**
 - p_{Tmin} deve essere >0 per evitare che σ_{hard} diverga
 - sperimentalmente si trova che $p_{Tmin} \approx 2\text{GeV}$

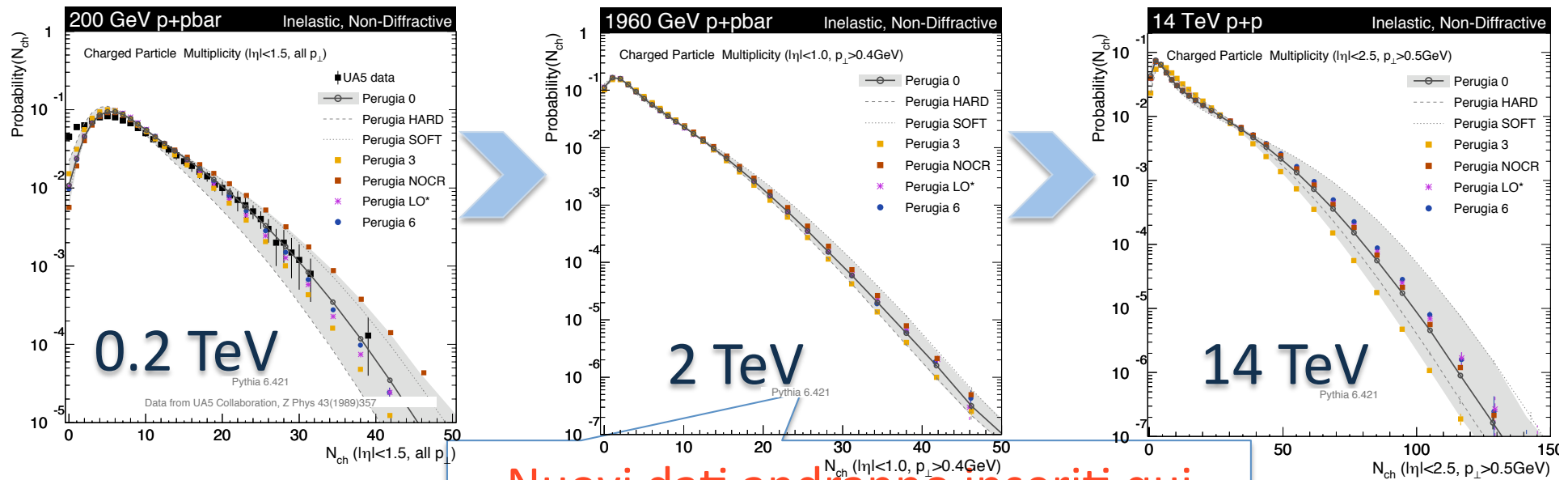
Tune di p_{Tmin}

■ In pratica: $p_{Tmin}(E_{CM}) = \text{PARP}(81/82) \left(\frac{\sqrt{s}}{\text{PARP}(89)} \right)^{\text{PARP}(90)}$

Determinato in modo che $\langle N_{ch} \rangle = \text{misure sperimentali}$

Evoluzione con E_{CM}

■ L'evoluzione della distribuzione rimane incerta:



Nuovi dati andranno inseriti qui

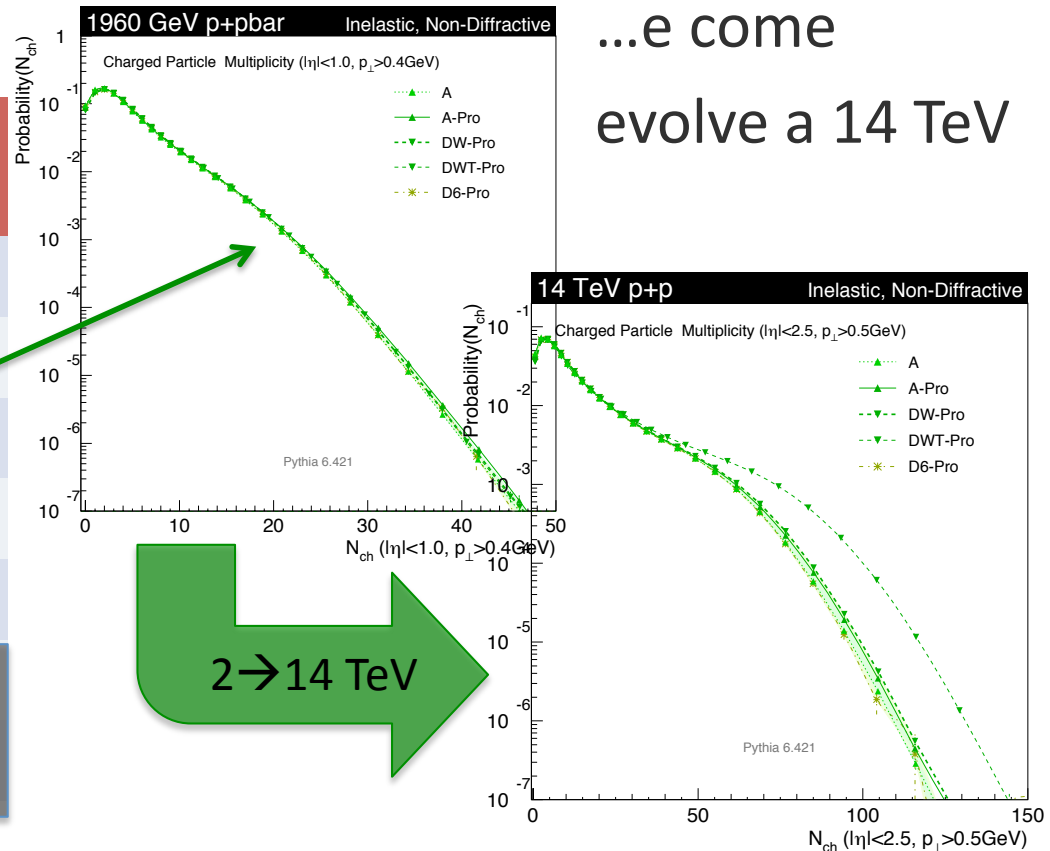
TuneA e TuneDW

- Opportuno avere almeno un buon fit di p_{Tmin} ed una idea precisa di come evolve con E_{CM}
- Per dare un'idea, questi sono i valori fittati per il TuneA e TuneDW (R. Field) a 2 TeV

...e come evolve a 14 TeV

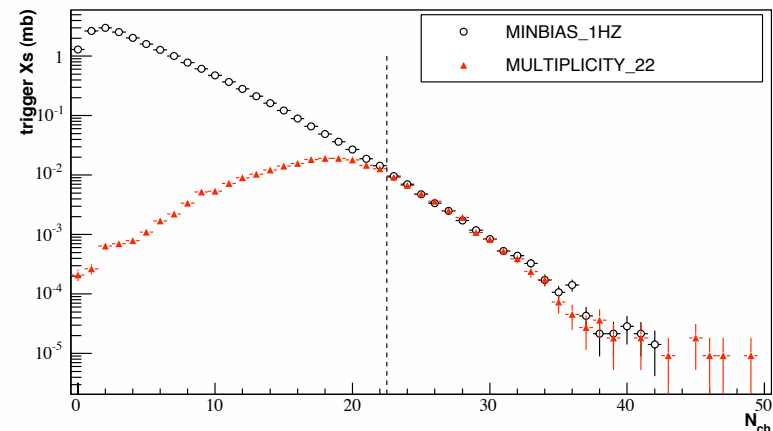
Pythia v6.2	Tune A	Tune DW
PARP(82)	2.0	1.9
PARP(89)	1800	1800
PARP(90)	0.25	0.25
σ hard	309.7 mb	351.7 mb
$\langle N_{p-p} \rangle$	5.0	5.7
PARP(91)	1.0	2.1
PARP(93)	5	15

Altri parametri sono variati



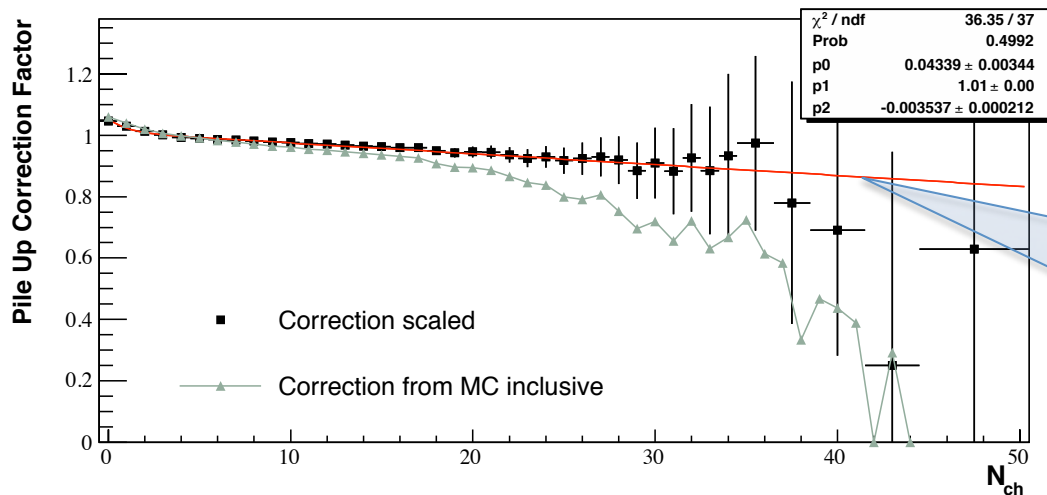
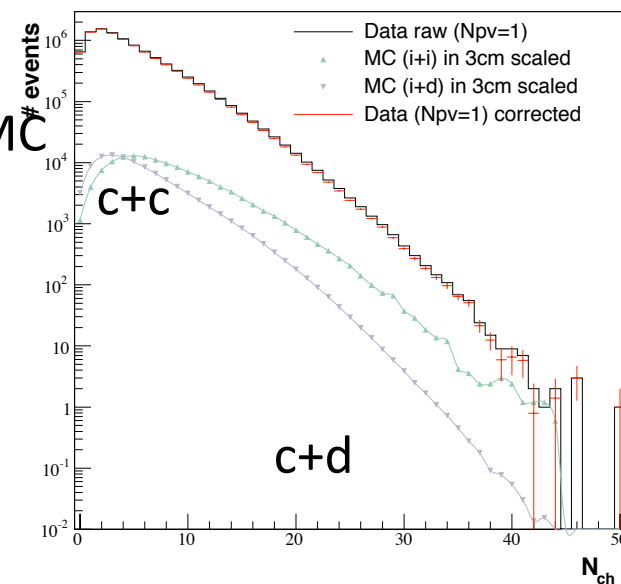
La misura

- Campione bassa luminosita' (p1, 506 pb⁻¹)
 - Triggers: MINBIAS_1HZ + MULTIPLICITY_22
 - Eventi senza pileup
 - Correzioni per:
 - efficienza del trigger
 - background diffrattivo
 - pileup "invisibile"
- Selezione tracce convergenti al vertice
 - Selezione particelle primarie ($c\tau > 10\text{mm}$)
 - Correzione della inefficienza del tracking
 - Unfold to hadron level



Pile Up

- Undetected pileup in $\Delta Z < 3\text{cm}$ affects the N_{ch} distribution
- Correction method:
 - get N_{ch} distrib of overlapping events from MC
 - $P(n > 1) \times P(\Delta Z < 3\text{cm}) = 0.31 \times 0.08 = 2.5\%$
 - Scale to 2.5% of data
 - Subtract from raw data

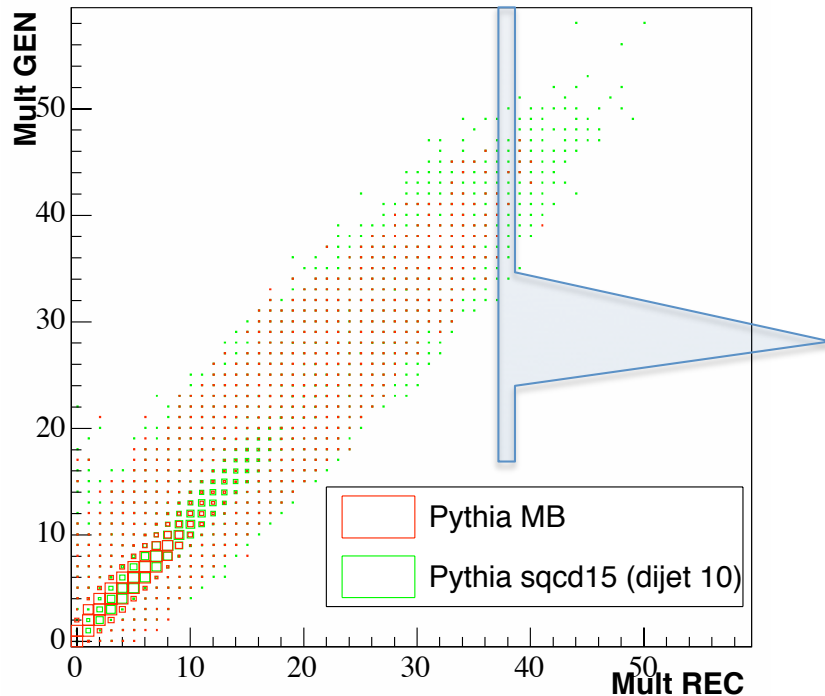


La correzione rimane significativa anche a $\langle \text{Lum} \rangle = 20 \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$

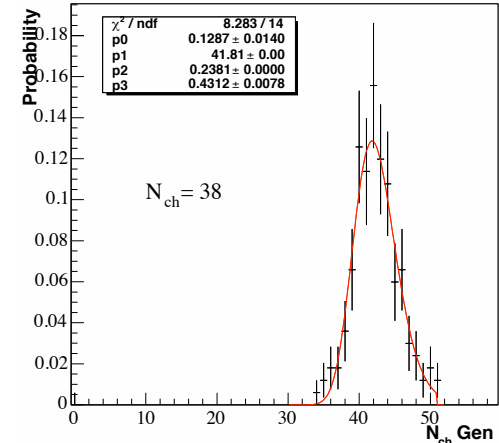
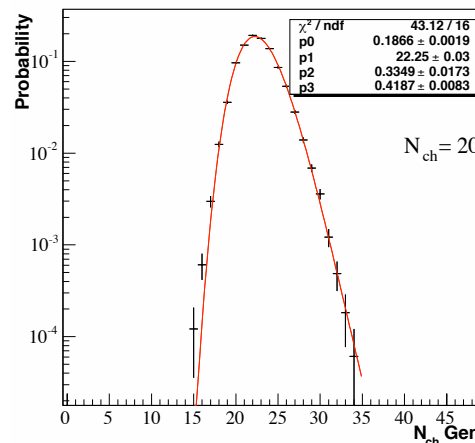
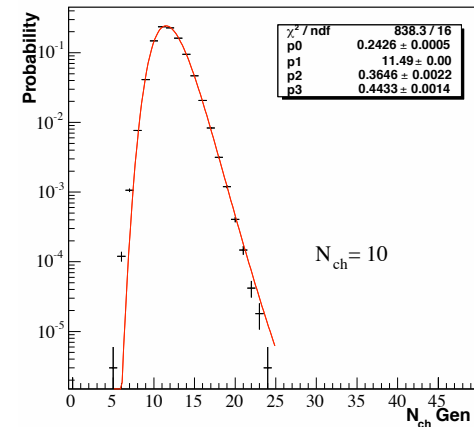
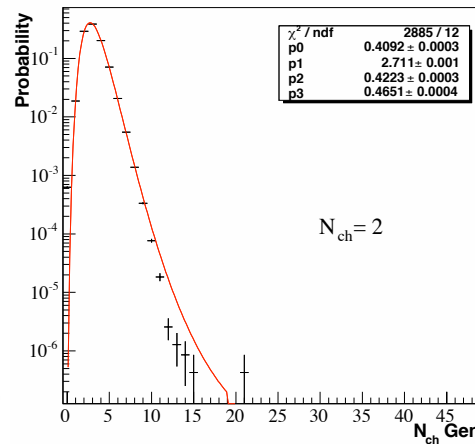
Correzione assoluta $C(N_{ch})$

Correzione del valore di N_{ch} di cisacun evento:

Make projections of the GEN-REC scatter



Parameterize the distribution and pick a random value for each event



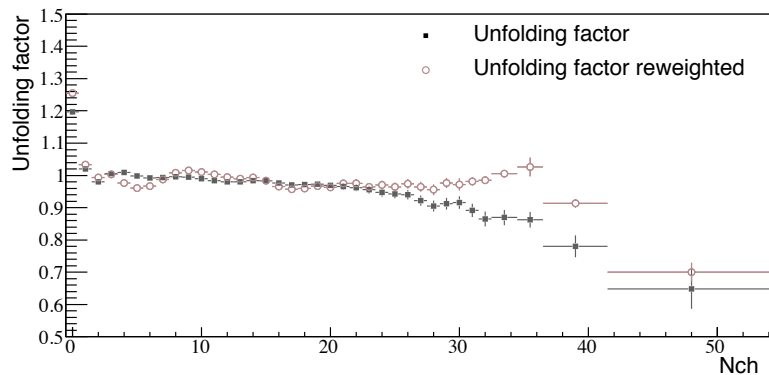
Unfolding della distribuzione

1) Unfold the measured distribution to hadron level.

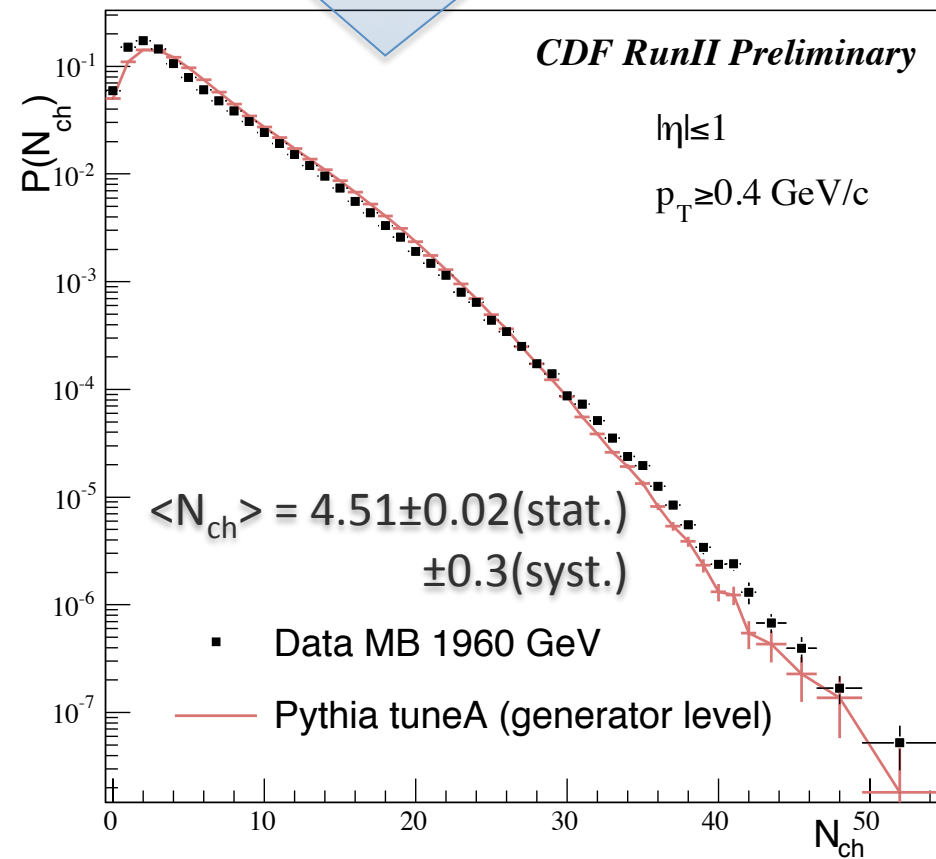
$$U = \frac{N_{ch}^{GEN}}{N_{ch}^{REC} \times C(N_{ch})}$$

2) Reweight N_{ch}^{GEN} until it follows the corrected data

3) Unfold again with reweighted values

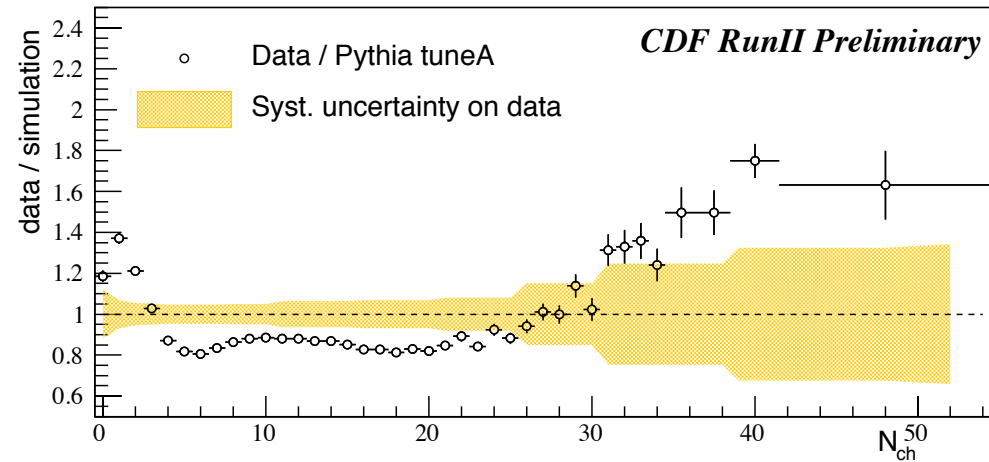


Distribuzione corretta



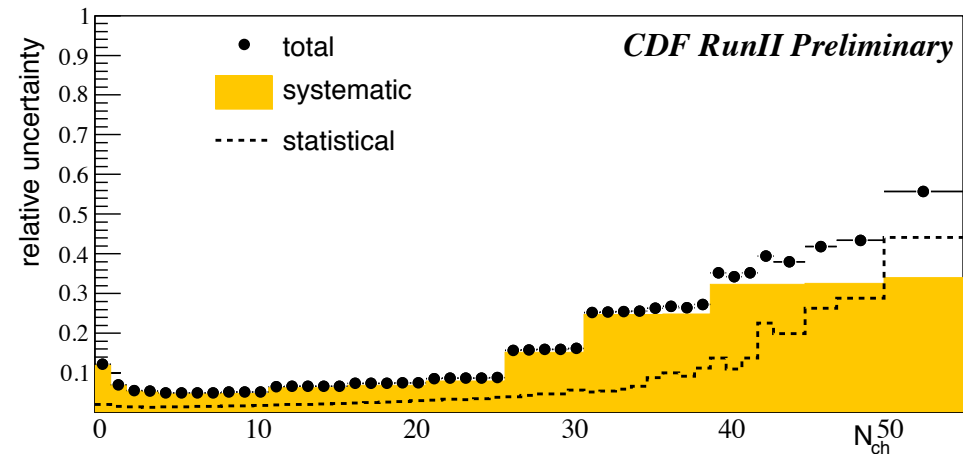
Confronto con Pythia TuneA

- Pythia TuneA v6.2
non riproduce i dati
- Nuovi “Perugia” tunes
da valutare (Pythia v6.4
e v6.8)



[home.fnal.gov/~skands/leshouches-plots/]

- Sistemático 5-35%
forse sovrastimato...



Conclusioni

- Abbiamo misurato la distribuzione di molteplicita' carica in interazioni pp unbiased
- Contributo al tuning dei simulatori MC (vedi cooperazione con R.Field e P.Skands per Pythia)
- Grande precisione rispetto ai dati esistenti, si prevede che permetta di ridurre l'incertezza nelle simulazioni di MinBias ad LHC

- CDF note #9901, blessing prossima settimana (?)
- Previste ancora due misure:
 - Dispersione media pT
 - Correlazione forward-backward come proposte nel modello MPI di Sjostrand

Backup slides

Systematics

- Seven possible sources are evaluated:

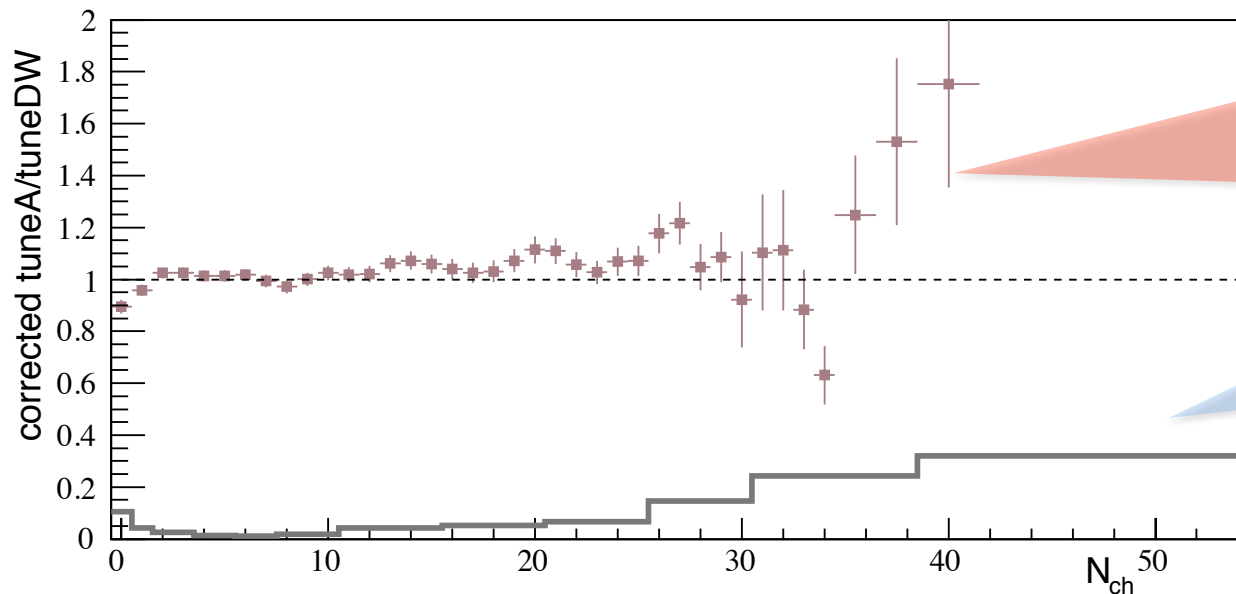
- Amount of undetected pile-up: 0.5%
- Merging triggers 1.1%
- Trigger efficiency correction: 4.4%
- Vertex efficiency correction: 0.2% in $N_{ch} < 3$
- Diffractive background suppression: 13-0.1% in $N_{ch} < 7$
- Dependence on the MC generator up to 22% $f(N_{ch})$
- Usage of dijet-10 MC sample: 2% in 36-43
- Absolute correction of tail 4% in $N_{ch} > 43$
- Absolute correction of tail 10% in $N_{ch} > 49$

- Summed in quadrature

5 -34%

Systematic from MC tunes

- Use Pythia tuneDW to make new correction and compare
- Extrapolate in $N_{ch} > 42$ where statistics fail



Ratio of data corrected with tuneA to data corrected with tuneDW

1 - Ratio = systematic

Pile Up, how much

- Estimate of undetectable PileUp:

- From Xs: $P(n) = \frac{\langle n \rangle^n e^{-\langle n \rangle}}{n!}$ $\langle n \rangle = \frac{\text{Lum} \times \sigma}{1.715\text{E}6 \text{ Hz}}$

- $\sigma = 61.7 \text{ mb}$

- $P(n>1) \times P(\Delta Z < 3\text{cm}) = 0.31 \times 0.08 = 2.5\%$

- central = 44.4 mb (72%)

- diffractive = 17.3 mb (28%)

From
MC

- $\text{PU} = (c+c)+(d+d)+(c+d) \times 2 = 52\% + 0.08\% + 40\%$

- Scale to 2.5% $= 1.3\% + 0.2\% + 1.0\%$

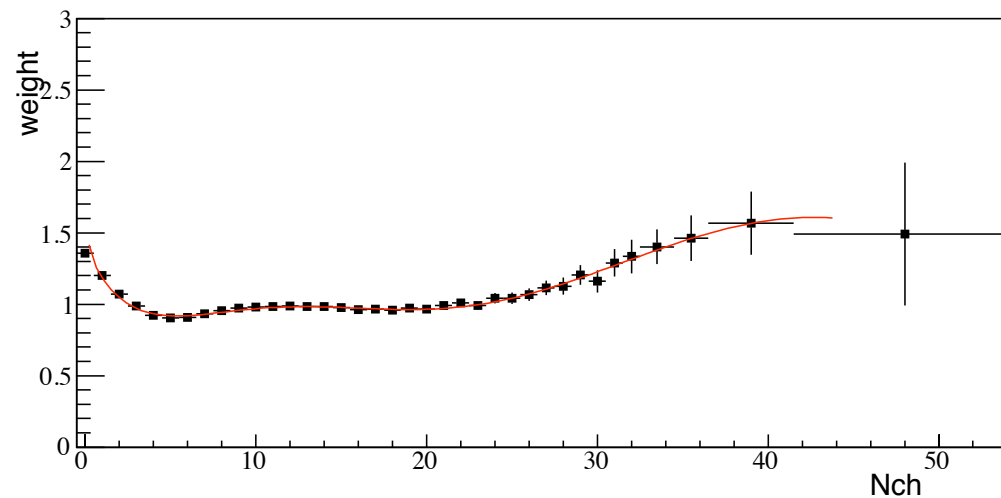
- Estimate from MC = 2.9%

neglected

Pesi per il MC

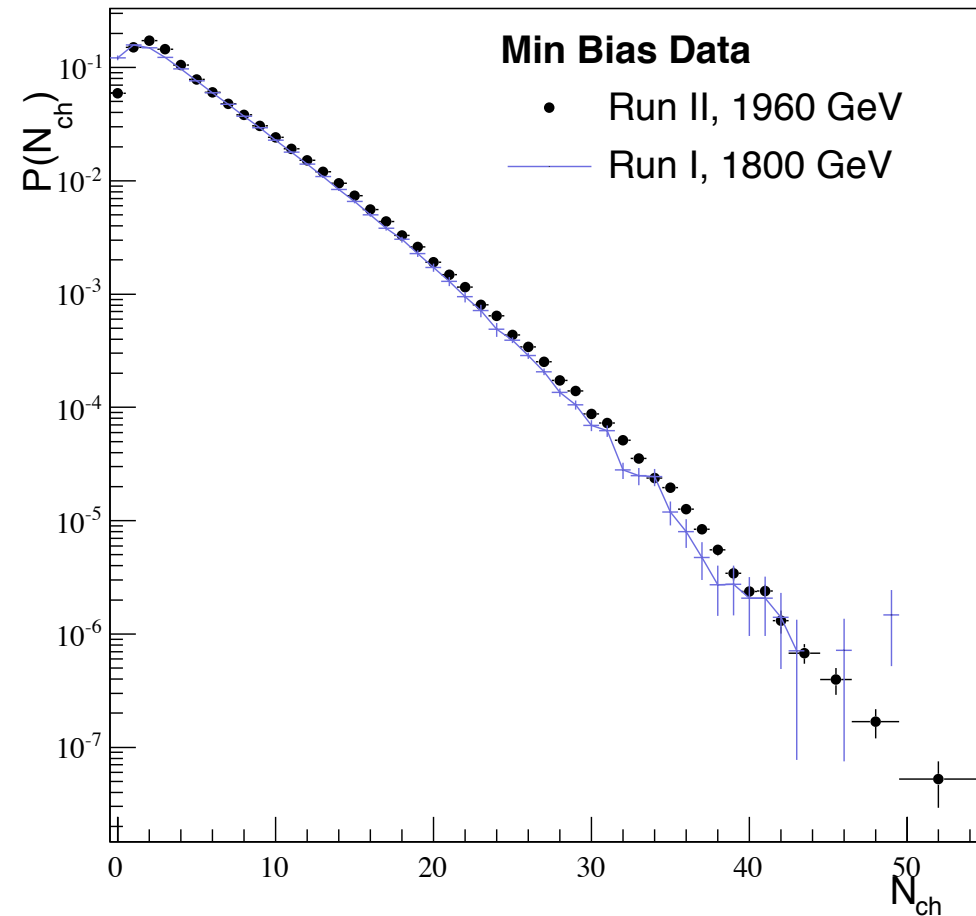
- Per diminuire la dipendenza della correzione dal generatore, si ripesa il TuneA sui dati

$$W = \frac{\text{Data } N_{\text{ch}}(N_{\text{pv}}=1) \times \langle \text{AbsCor} \rangle \times U}{\text{MC } N_{\text{ch}}^{\text{GEN}}(N_{\text{pv}}=1, N_{\text{pp}}=1)}$$



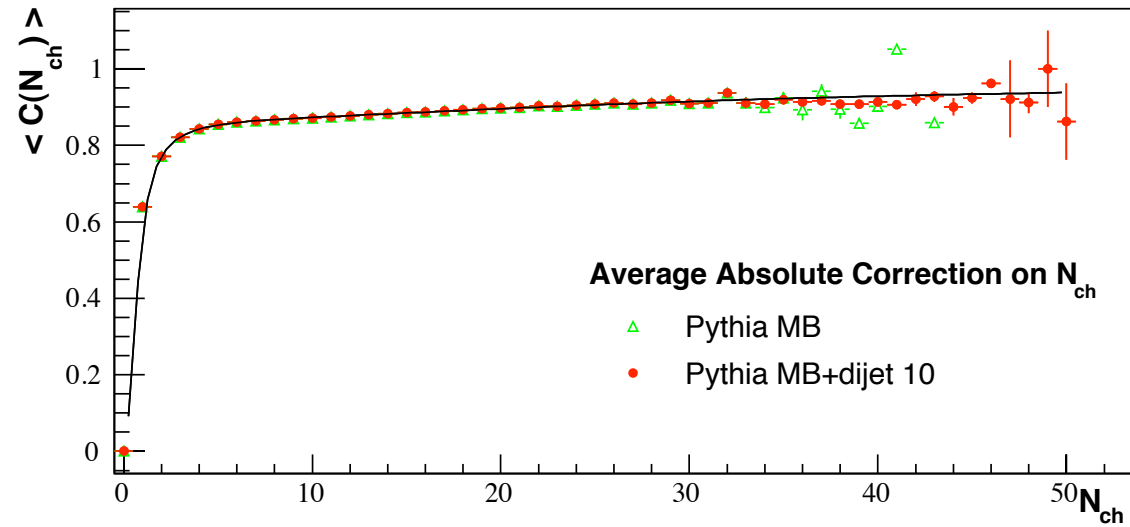
Confronto con Run I

- Manca una misura specifica nel Run I
- Dati disponibili privi di correzione per efficienza del trigger e di sistematico (!)
- $\langle N_{ch} \rangle = 4.19 \pm 0.03$
(stat. only)



varia

Average of the absolute correction from fit of GEN mult at fixed N_{ch}



Confronto con correzione MC "all-inclusive"

