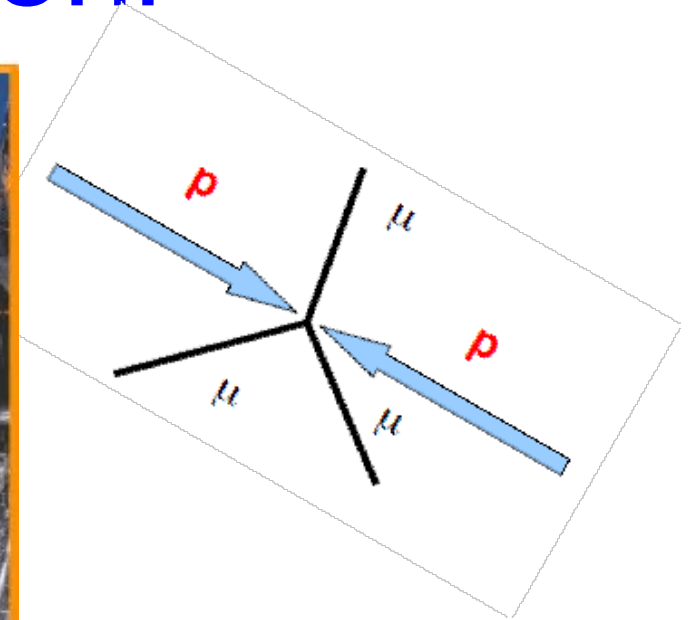


Sezione d'urto di produzione inclusiva di muoni



V ATLAS-Italia Physics Workshop
Napoli - 18/05/2011

Silvia Franchino, Università & INFN di Pavia

Nota approvata da Standard Model

Measurement of the muon inclusive cross section in pp collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV with the ATLAS detector

M. Antonelli^e, T. Baroncelli^a, F. Ceradini^b, B. Di Micco^c, A. Farilla^a, S. Franchino^d, M. Iodice^a, D. Orestano^b, F. Petrucci^b

^a*Istituto Nazionale di Fisica Nucleare, sez. di Roma Tre, Roma, Italy*

^b*Università degli Studi di Roma Tre e Sezione I.N.F.N., Roma, Italy*

^c*CERN, Geneva, Switzerland*

^d*Università degli Studi di Pavia e Sezione I.N.F.N., Pavia, Italy*

^e*Laboratorio Nazionale di Frascati, Roma, Italy*

ATL-COMP-PHYS-2011-159 <http://cdsweb.cern.ch/record/1329573?>

Abstract

We present the measurement of the muon inclusive differential cross section $\frac{d\sigma}{dp_T}$ in pp collisions at $\sqrt{s}=7$ TeV. The analysis is performed in the pseudorapidity interval $|\eta| < 2.5$ for muon of transverse momentum $4 < p_T < 100$ GeV. The data have been recorded using different configurations of the level-1 muon trigger for an integrated luminosity of 1.4 pb^{-1} . The result is compared with the Next-To-Leading Order with Next to Leading Log high p_T resummation prediction for the heavy flavour production and with MC@NLO prediction for W-Z bosons production. The measurement is sensitive for the first time to the Next to Leading Log contribution to the heavy flavour production in hadronic interactions.

Collaborazione tutta italiana

ROMA 3: Baroncelli, Ceradini, Di Micco (CERN), Farilla, Iodice, Orestano, Petrucci

FRASCATI: Antonelli

PAVIA: Franchino

- ◆ Misura di precisione
- ◆ Controllo (~5%) di tutti gli effetti dovuti ad accettanze, efficienze, risoluzione sperimentale, utilizzo di diversi generatori MC per includere correzioni di QCD
- ◆ Competizione all'interno di ATLAS rapidamente scomparsa dopo le prime fasi di analisi (pLHC2010)
- ◆ Collaborazione con il gruppo di elettroni sfociata in un articolo combinato ($p_T < 26$ GeV, $|\eta| < 2$)
- ◆ Confronto con modelli teorici

Misura combinata e, mu

Nota approvata da Standard Model, articolo approvato dall'Ed Board, al momento e' in PubComm per la generazione della lista di autori.

Measurements of the inclusive electron and muon cross-sections in proton-proton collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV with the ATLAS detector

The ATLAS collaboration

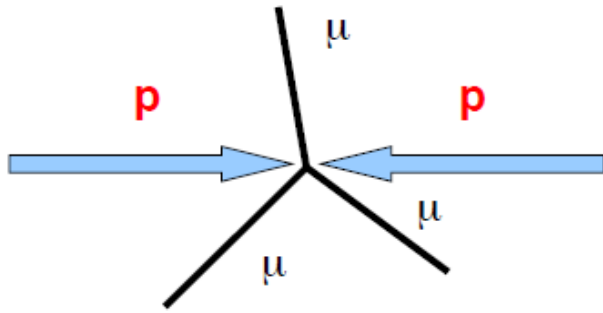
ATL-COM-PHYS-2011-356

<http://cdsweb.cern.ch/record/1341818#>

Abstract

This Letter presents measurements of the inclusive differential cross-sections of electron and muon production in proton-proton collisions at a centre-of-mass energy of $\sqrt{s} = 7$ TeV. From a data sample of 1.4 pb^{-1} collected by the ATLAS detector at the Large Hadron Collider, the electron and muon cross-section measurements are presented as a function of transverse momentum, p_T , in the range $7 < p_T < 26$ GeV and within pseudorapidity $|\eta| < 2.0$, correcting for all detector effects. In addition, muons are studied in an extended kinematic range of $4 < p_T < 100$ GeV and $|\eta| < 2.5$. The measurements are found to be in good agreement with theoretical predictions for heavy-flavour production obtained from Fixed Order NLO calculations with Next-to-Leading-Log large- p_T resummation.

La misura



Misura di TUTTI i mu prodotti dall'interazione e provenienti da particelle che decadono in prossimità dell' IP

Signal muons

- Muons from B and D mesons
- Muons from W and Z decays
- Muons from Drell-Yan processes.

Main decay modes to muons

- $D \rightarrow X\mu\nu$
- $B \rightarrow X\mu\nu$, $B \rightarrow XD$, $D \rightarrow Y\mu\nu$
- $W \rightarrow \mu\nu$, $Z \rightarrow \mu\mu$

Background muons

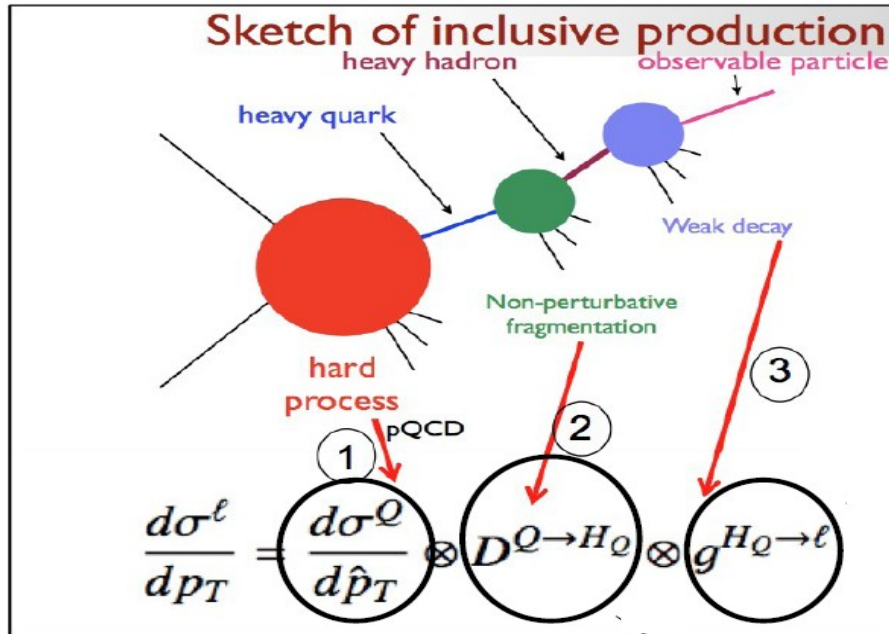
- Muons from π/K decays in the ID
- Fake muons from calorimeter hadronic showers.

The measurement is:

- inclusive in the production mechanism
- inclusive in the number of muons
- given in the fiducial detector acceptance $|\eta| < 2.5$

Importanza della misura

Per la prima volta in un collider adronico è stato possibile apprezzare le rinormalizzazioni NLL nel calcolo di produzione di heavy flavour in pQCD



- 3) Estratto dai dati delle B factories + LEP
- 2) Estratto dai dati del LEP con accuratezza NLO + NLL;
- 1) **NLO + NLL;**
fino ad ora nessun esperimento ha mostrato sensibilita' ai contributi NLL in pQCD

M. Mangano, CERN-PH-TH/04-210, *The saga of bottom production in pp-bar collisions*, AIP Conf. Proc. 753 (2005) 247–260.

Talking about *Tevatron results on B physics*

on $b \rightarrow B$ fragmentation. The theoretical improvements due to the resummation of the large- p_T logarithms play a major role in allowing a consistent use of the fragmentation functions extracted from e^+e^- data, but have a very limited impact in the region of p_T^b probed by the run II data. Their significance will only manifest itself directly at high p_T^b ($p_T^b > 20 - 30 \text{ GeV}$), where the resummation leads to a much reduced scale dependence, and to more accurate predictions, allowing more compelling quantitative tests of the theory. It is auspicious that the improved run II detectors and the higher statistics will make it possible to extend the range of the measurements to really large p_T^b (in the range of 80-100 GeV). Tools are now available (MC@NLO) to compare data subject

In ATLAS identificazione nei μ indipendente dall'isolamento --> dipendenza soltanto dalle funzioni di decadimento e frammentazione (2,3)

La misura in passato

N. Ellis and A. Kerner, Heavy quark production at the CERN $p\bar{p}$ collider

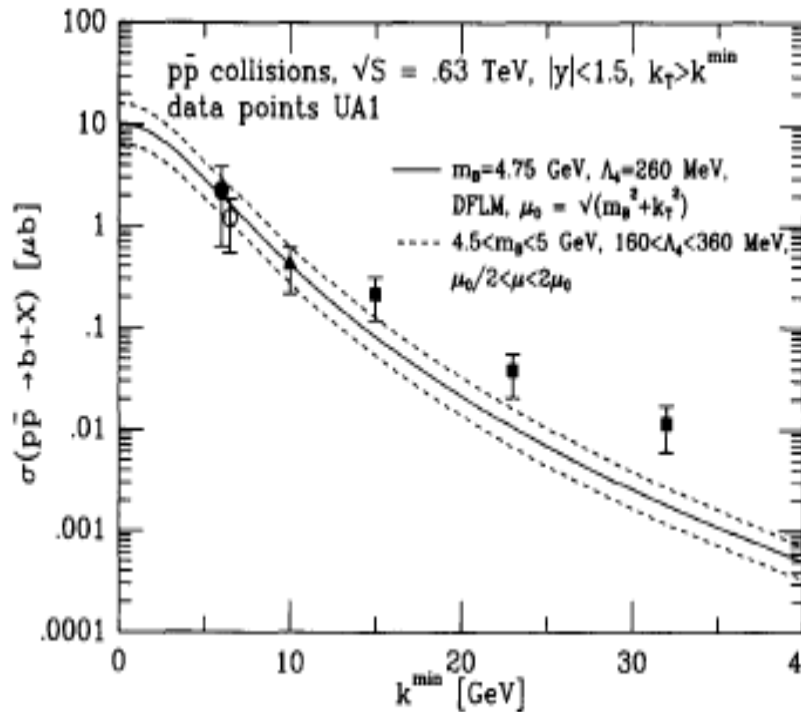
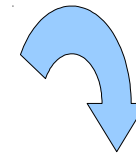


Fig. 8.5. Cross-section for b -quark production with transverse momentum above p_T^{\min} [8.6]. The data points are from UA1 prediction [8.9].

Primi studi di misura di sezione d'urto del b :

1990, SppS, UA1



2001, Tevatron

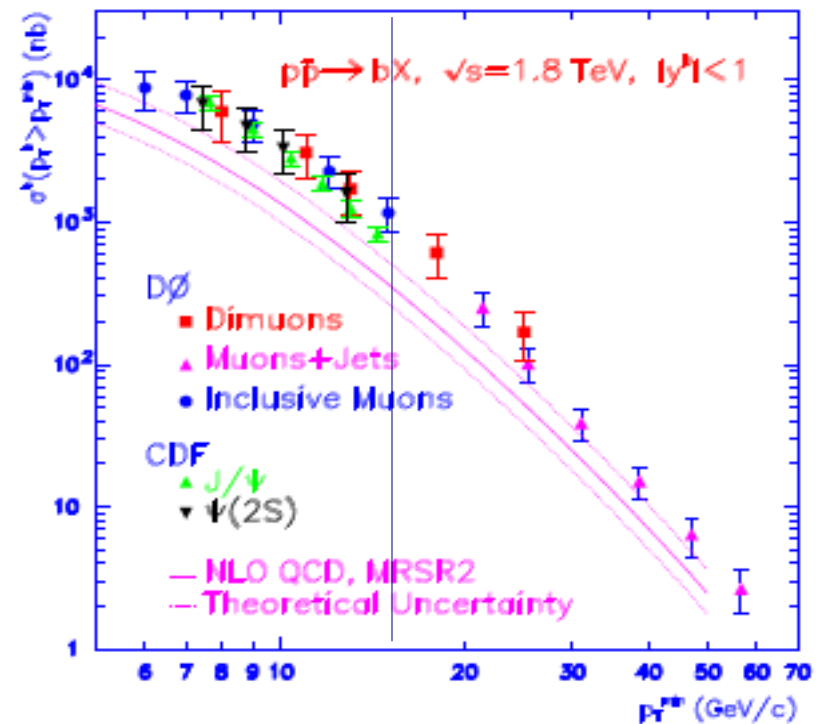


Figure 9.8: A summary of b production (integrated) cross section measurements, shown as a function of minimum b -quark p_T . The preliminary analysis described here is represented by the higher $p_T^{\min}(b)$ triangles. The QCD prediction is also shown.

2011, LHC ???



Campione di dati

Period	Run Range	Trigger	$\int L \text{ pb}^{-1}$	p_T range [GeV]
MU0 (A,B,C,D1)	152777 - 158392	L1_MU0	0.046	4-16
MU10 (D2-D6)	158443 - 159224	L1_MU10	0.285	16-40
E	160387 - 161948	L1_MU10	1.09	16-100

SCELTA DEL CAMPIONE DI DATI: 1.4 pb^{-1}

- Utilizzati soltanto dati da trigger (L1) non prescalati e unbiased --> L1_MU0 per A, B, C, D1
- Dal periodo D2 HLT applicato all`endcap --> utilizzo di L1_MU10
- Event filter applicato a tutti i trigger dopo periodo E --> dati successivi non utilizzabili per analisi inclusiva di mu

μ combinati da algoritmo STACO; $|\eta| < 2.5$, $4 < p_T < 100 \text{ GeV}$

Reiezione fondo cosmici e beam halo con timing MBTS

La sezione d'urto

$$\frac{\Delta \sigma}{\Delta p_T} = \frac{f_{signal} N_\mu C_{unfolding}}{\epsilon_{trigger/trk} \epsilon_{trk} \Gamma_{bin}}$$

$\epsilon_{trigger/trk}$ Efficienza di trigger; calcolata dai dati usando la stream del calorimetro

ϵ_{trk} Efficienza di ricostruzione; calcolata da MC; fattori di scala valutati da diversi campioni di muoni

f_{signal} Frazione di segnale; valutato attraverso la distribuzione $\Delta p_T = p_T^{ID} - p_T^{MS}$

N_μ Numero di mu ricostruiti

$C_{unfolding}$ Coefficiente di unfolding bin per bin in p_T

Γ_{bin} Larghezza del bin in p_T

Efficienza di trigger ϵ_{trig}

$$\epsilon_{trig|trk}(p_T) = \frac{N_\mu(L1_MU0 \times L1_MBTS_1)}{N_\mu(L1_MBTS_1)} \quad (\text{or } L1_MU10)$$

Valutata rispetto alle tracce ricostruite nell'offline;
eventi selezionati da trigger scorrelati da quelli usati
nell'analisi -->MinBias, L1 CALO e JetTauEtMiss stream

L1_MU0:

$$\epsilon_{trig} \sim 68\% \quad p_T = 4 \text{ GeV}$$

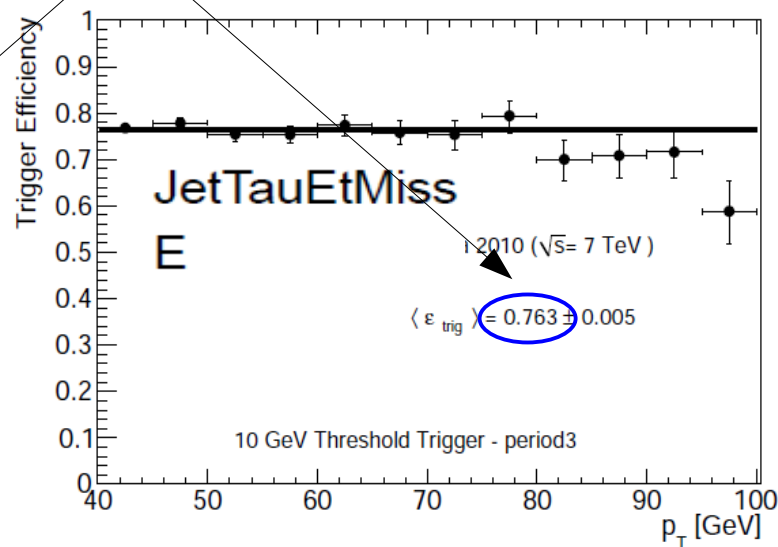
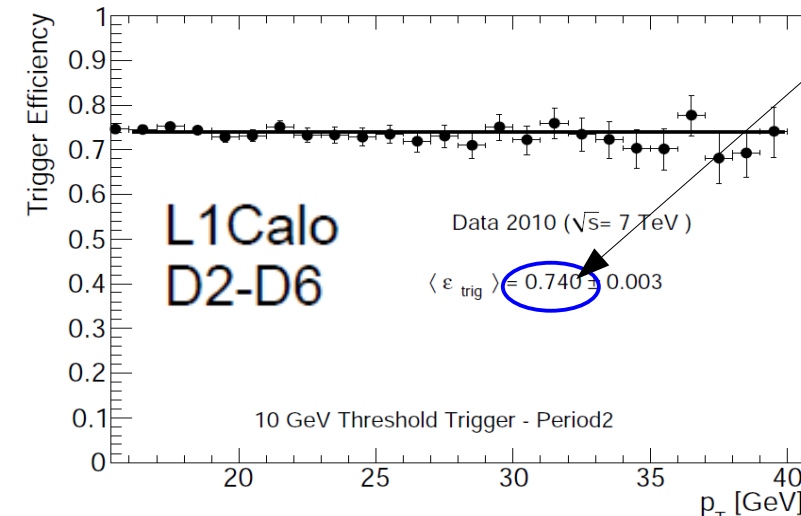
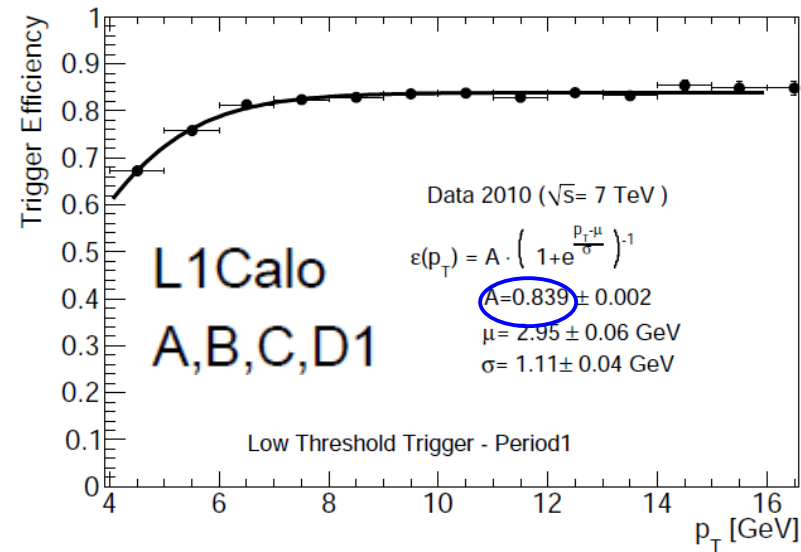
$$\epsilon_{trk} \sim 84\% \quad p_T > 9 \text{ GeV}$$

L1_MU10:

$$\epsilon_{trk} \sim 74\% \quad p_T > 16 \text{ GeV}$$

differenza in ϵ_{trig} del 2% dovuta al cambio del menu

del trigger calorimetrico (considerato come errore sistematico)



Correzioni ad ϵ_{trig}

Bias dovuto alla stream utilizzata

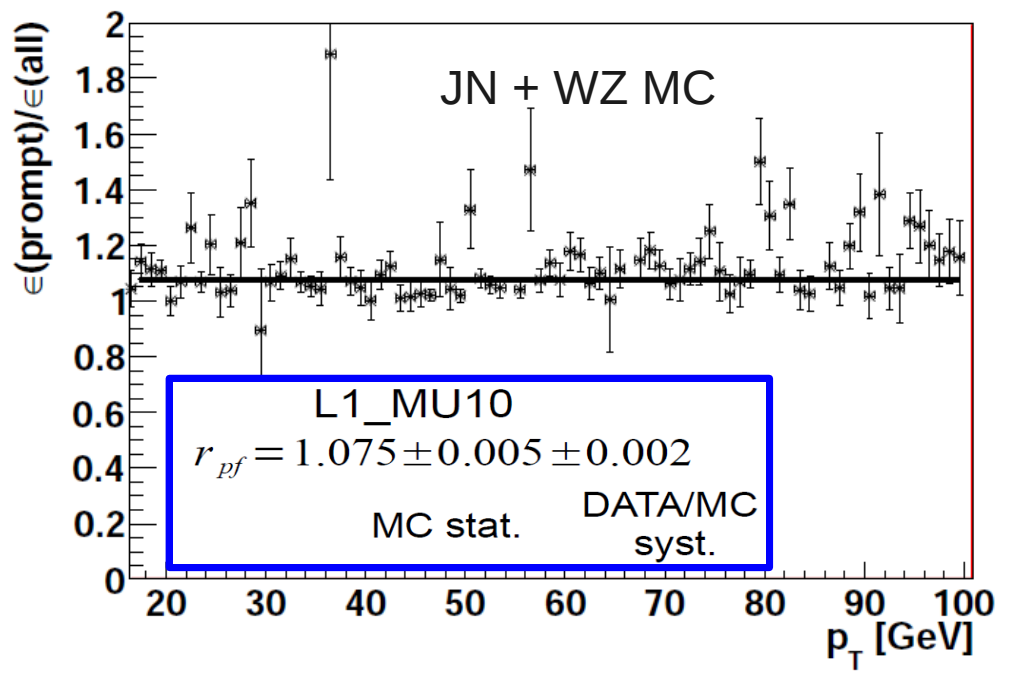
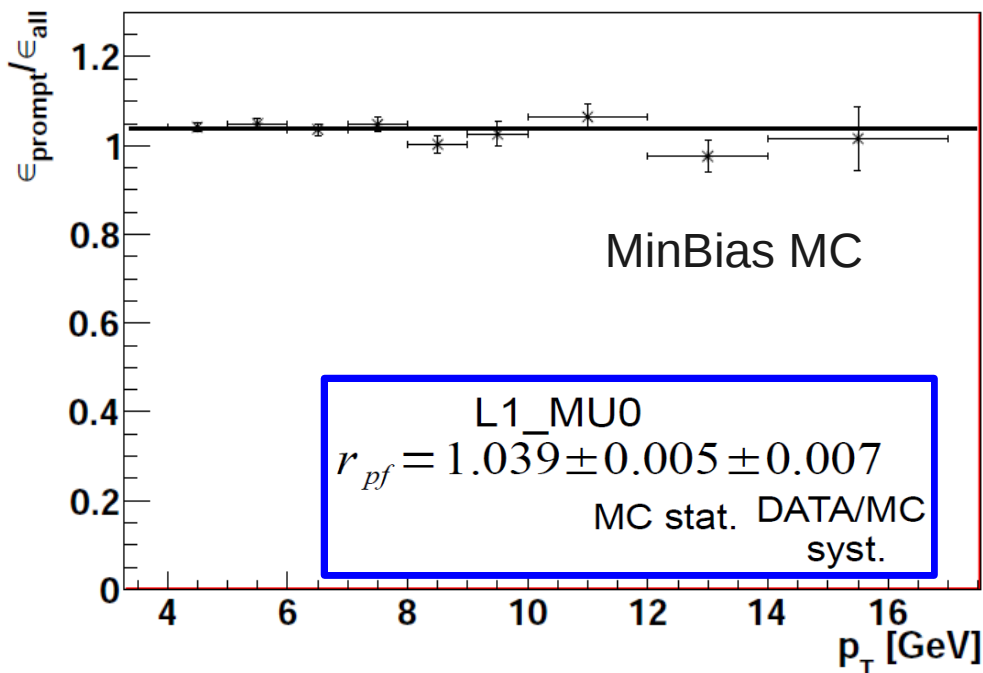
Valutato il bias introdotto da calo stream rispetto a MinBias: ~ 0 per L1_MU0, 0.97 L1_MU10
Utilizzo di dati comuni presi con due diversi trigger per valutare il bias

Bias dovuto al background

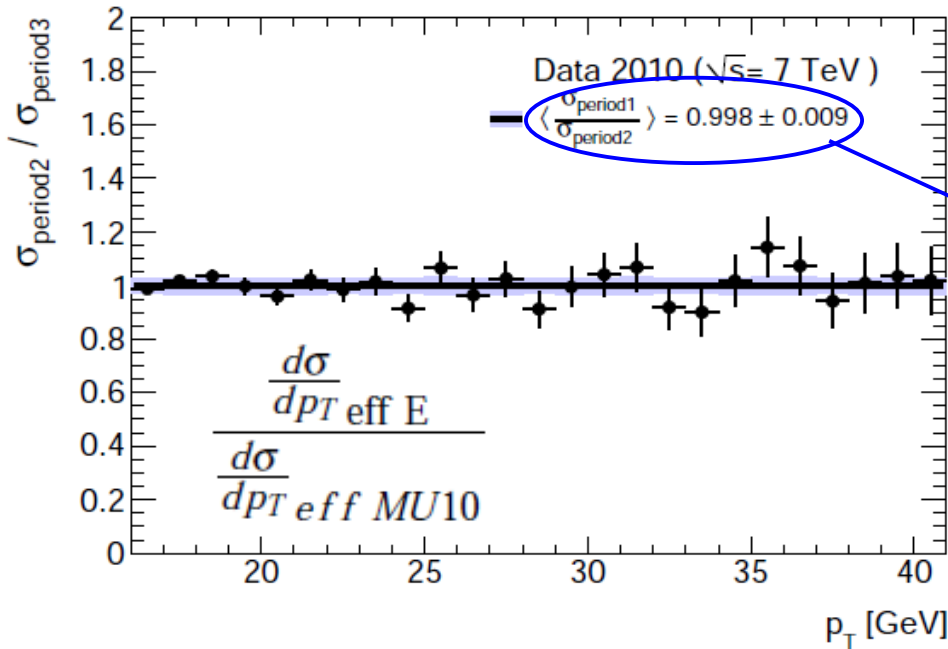
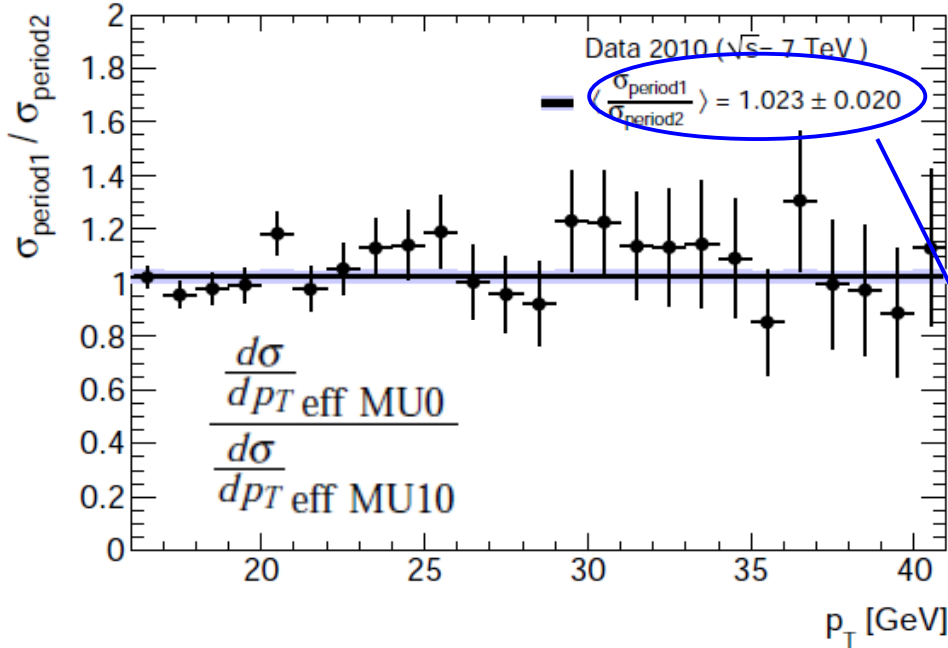
$$\epsilon_{trig/trk}^{signal} \neq \epsilon_{trig/trk}^{signal+background}$$

Valutato da MC ripesato sulle distribuzioni dei dati di muoni "prompt"

$$r_{pf} = \frac{\epsilon_{trig/trk}^{signal}}{\epsilon_{trig/trk}^{signal+background}}$$



Compatibilità ϵ_{trig}



Valutazione compatibilità efficienze di trigger nei diversi periodi di presa dati:

ϵ : eff trigger prima della sottrazione background
 L: luminosità integrata in ogni periodo

$$\frac{d\sigma}{dp_T \text{ eff MU0}} = \frac{1}{L_{MU0}} \frac{1}{\epsilon_{L1_MU0}(MU0)} \frac{dN_\mu}{dp_T}$$

$$\frac{d\sigma}{dp_T \text{ eff MU10}} = \frac{1}{L_{MU10}} \frac{1}{\epsilon_{L1_MU10}(MU10)} \frac{dN_\mu}{dp_T}$$

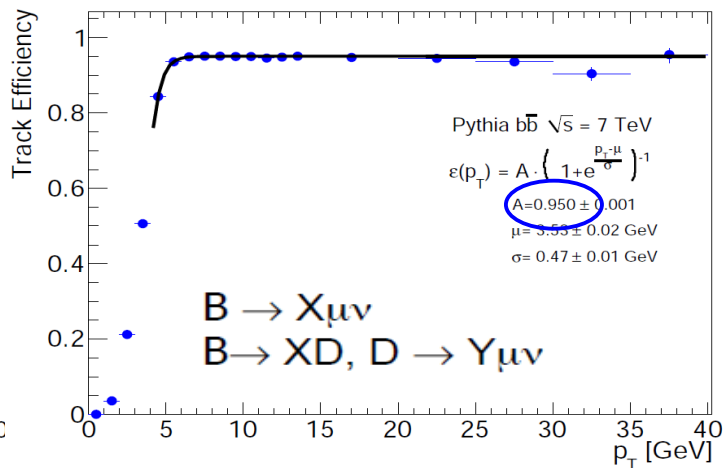
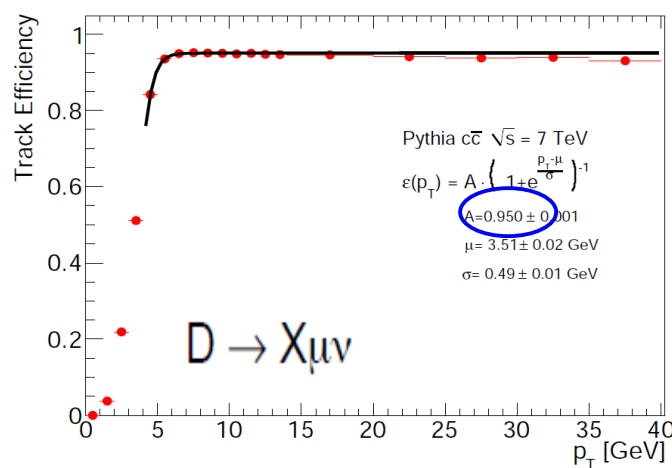
$$\frac{d\sigma}{dp_T \text{ eff E}} = \frac{1}{L_E} \frac{1}{\epsilon_{L1_MU10}(E)} \frac{dN_\mu}{dp_T}$$

Valori costanti, compatibili con 1
 → mu prodotti con la stessa sez d'urto, indipendentemente dai vari periodi di presa dati

→ ϵ_{trig} , L valutati correttamente

Efficienza di ricostruzione ϵ_{trk}

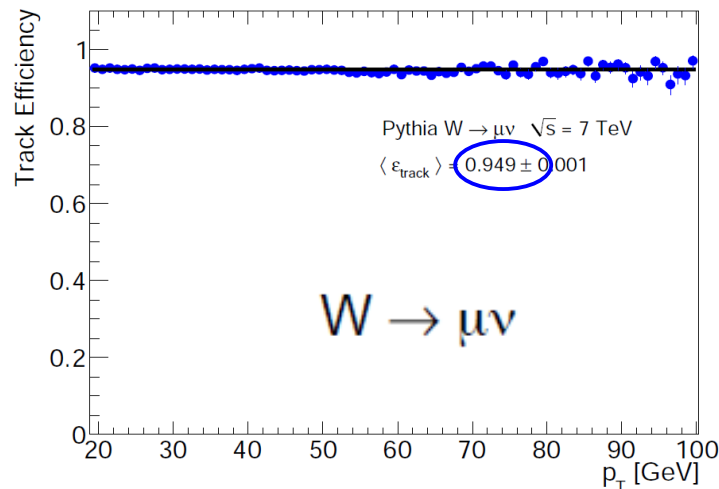
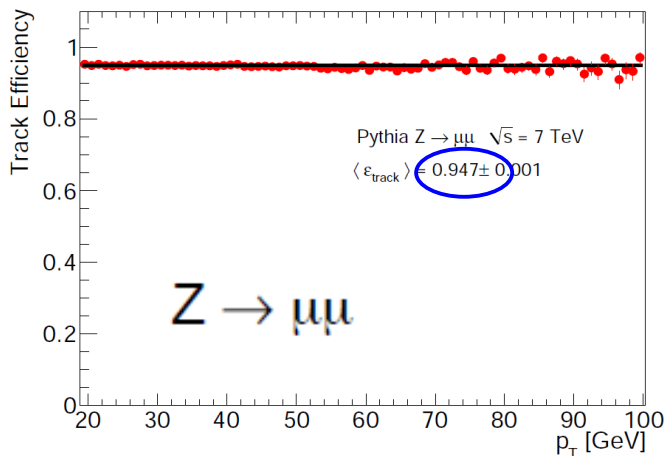
$$\epsilon_{\text{trk}}(p_T) = \frac{N_{\text{rec}}^{\text{matched}}(p_T, \eta \text{ region})}{N_{\text{gen}}(p_T, \eta \text{ region})} \quad |\eta| < 2.5$$



$\epsilon_{\text{trk}} \sim 85\%$ $p_T = 4$ GeV

$\epsilon_{\text{trk}} \sim 95\%$ $p_T > 7$ GeV

ϵ_{trk} al plateau indipendente dal campione usato, e quindi dall'isolamento



Fattori di conversione $\epsilon_{trk}(DATA)/\epsilon_{trk}(MC)$

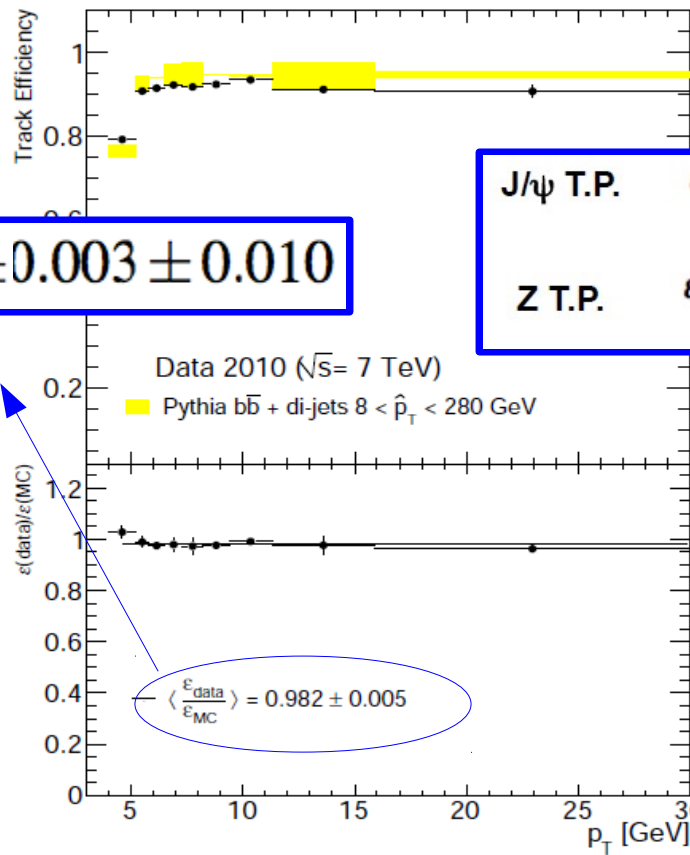
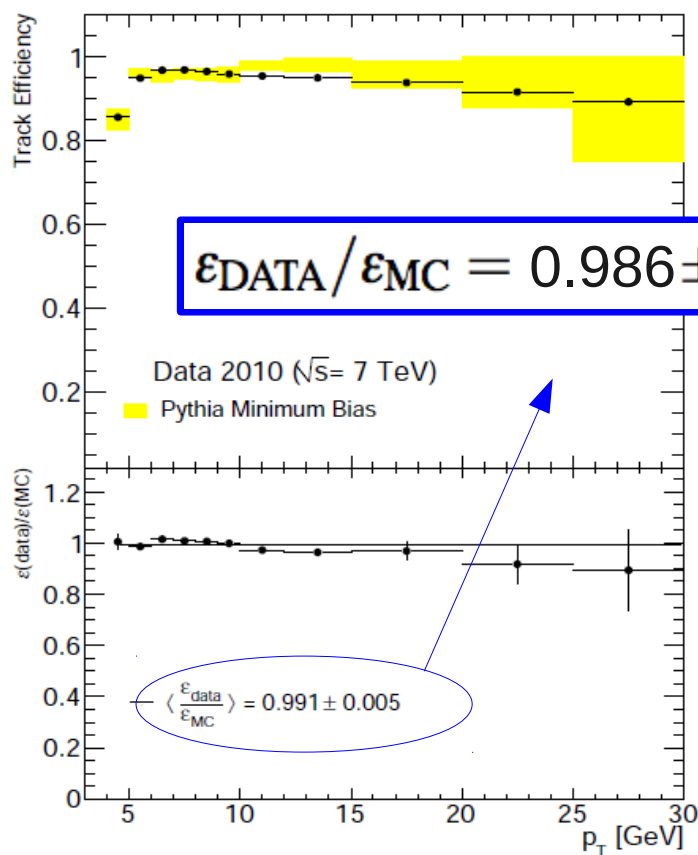
~1, Misurato con tag & probe allo 0.5%, J/ψ ($p_T < 20$ GeV), Z ($p_T > 20$ GeV)

$$\frac{\epsilon_{trk}(DATA)}{\epsilon_{trk}(MC)} = \frac{\epsilon_{trk}^{ID}(DATA)}{\epsilon_{trk}^{ID}(MC)} \cdot \frac{\epsilon_{trk}^{MS}(DATA)}{\epsilon_{trk}^{MS}(MC)} \cdot \frac{\epsilon^{match}(DATA)}{\epsilon^{match}(MC)}$$

<https://indico.cern.ch/getFile.py/access?contribId=3&resId=0&materialId=slides&confId=112813>

Valutato con 2 metodi:

- 1) μ da ID + hit in trigger chambers
- 2) μ da calo-muons + b-tagging



Compatibile con misure di T.P. con Z e J/ψ (MCP)

J/ψ T.P.	$\epsilon_{DATA}/\epsilon_{MC} = 0.9806 \pm 0.0024$
	ATLAS-CONF-2011-021
Z T.P.	$\epsilon_{DATA}/\epsilon_{MC} = 0.980 \pm 0.007 \pm 0.005$
	ATLAS-CONF-2011-008

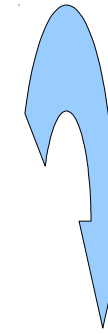
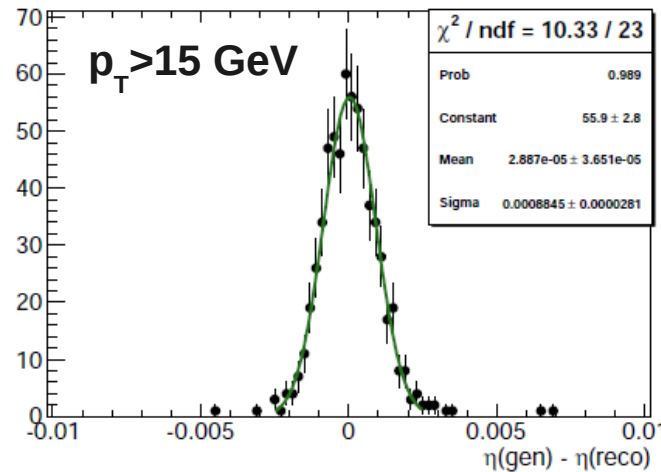
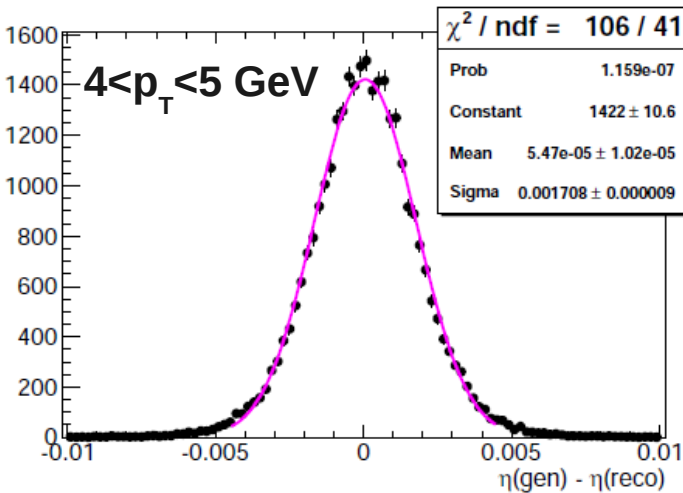
1% err sistematico

Effetti di bordo

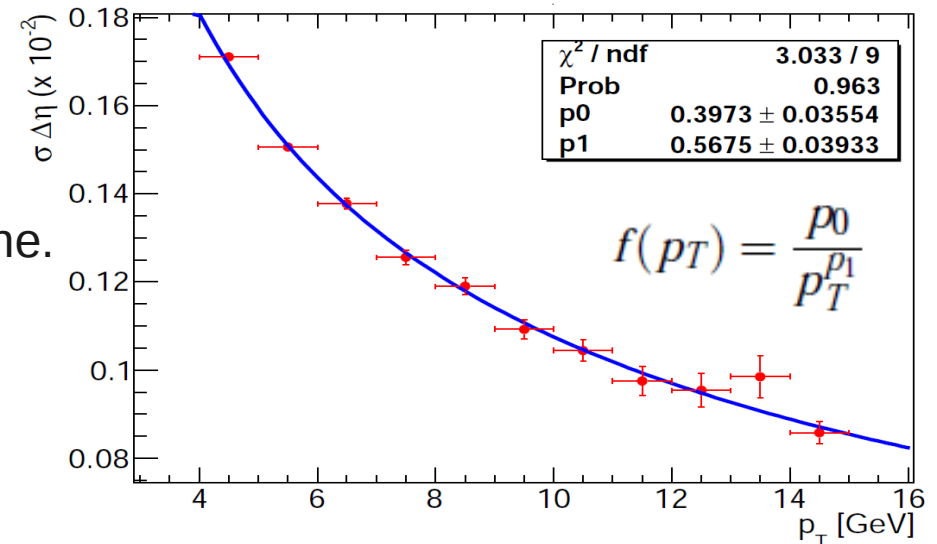
μ generati fuori dalla finestra di accettazione $|\eta| > 2.5$ potrebbero essere curvati dal campo magnetico e venire ricostruiti, ma non sono da considerare nella misura.

Necessario valutare l'effetto e correggere la sezione d'urto misurata.

Valutazione dell'effetto di bordo (con MC):



- Studio della risoluzione in η ($\Delta\eta = \eta_{\text{gen}} - \eta_{\text{reco}}$) in funzione di p_T nei bin di bordo dell'accettazione: $2.4 < |\eta| < 2.5$
- Degradazione p_T μ del MC con il fit alla risoluzione.



Frazione di μ che risentono di effetti di bordo:
0.2 permille --> trascurabile

Segnale e background

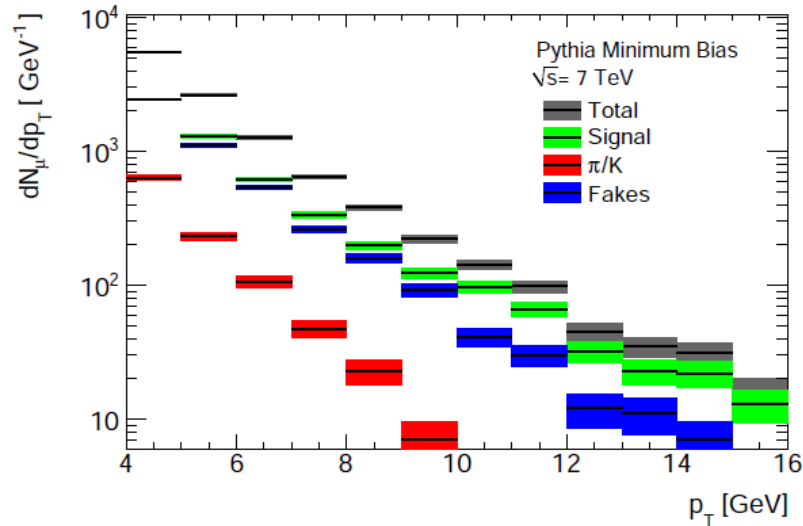
SEGNALE: μ "prompt" da IP, (decadimenti di mesoni, W,Z, DrellYan ricostruiti sia in MS che in ID; $p_T^{ID} = p_T^{MS}$;

p_T^{MS} estrapolato all'IP, solo effetti di risoluzione sperimentale

BACKGROUND: $p_T^{ID} > p_T^{MS}$ (neutrino escape, degradazione energia in jet adronici)

π/K late decays: decadimenti in volo nell'ID, forte dipendenza dalla geometria del detector. Importanti a basso p_T

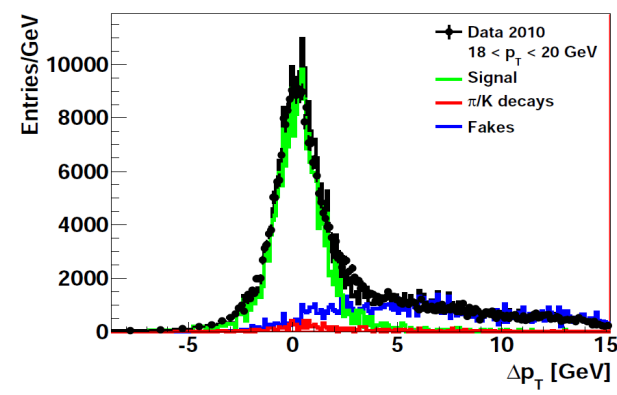
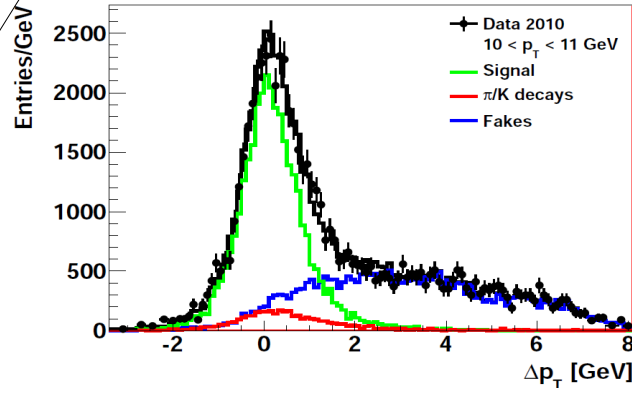
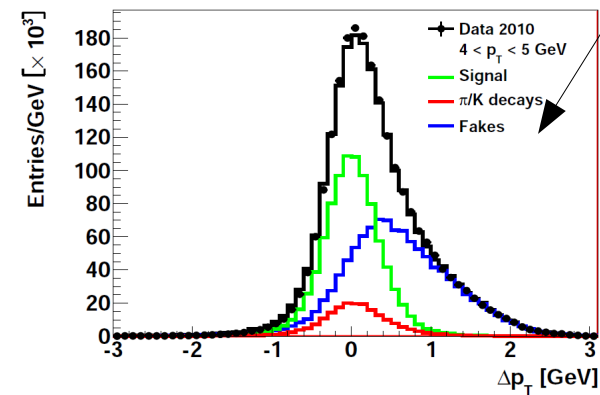
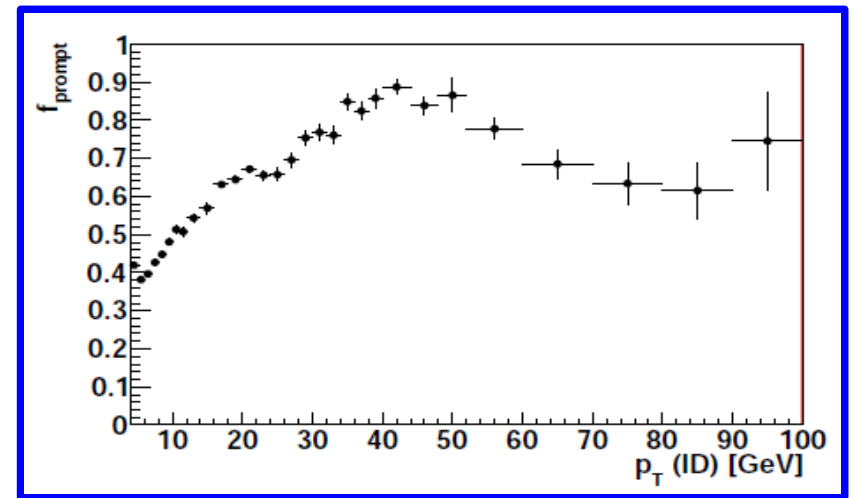
FAKES: tracce in MS date da sciame adronici che escono dal calorimetro



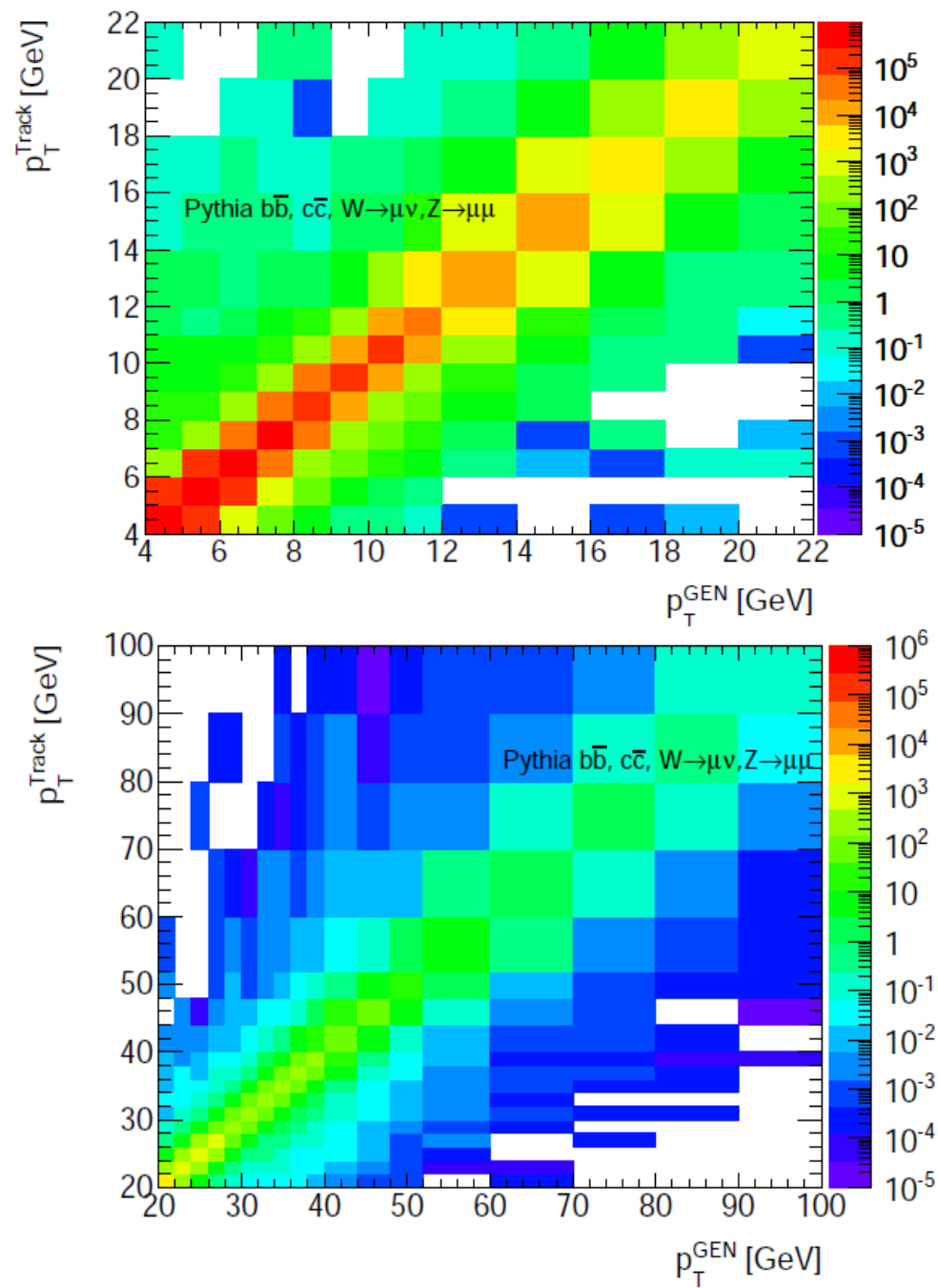
Valutazione del segnale dai dati:

frazione di μ pronti valutata dai dati tramite fit alle distribuzioni con distribuzioni prese dal MC per diversi bin di p_T . Difficile la distinzione a basso p_T

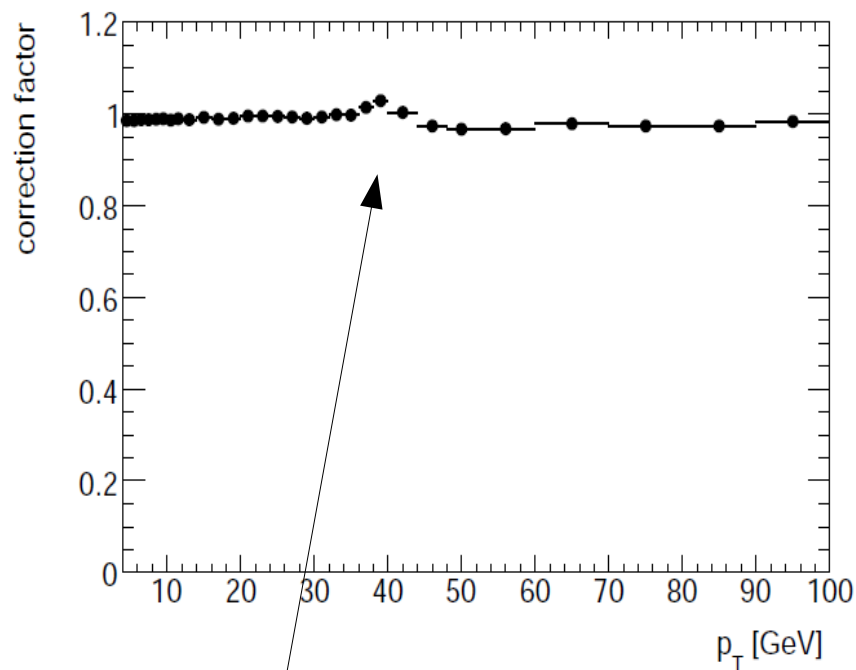
--> errore sistematico $\sim 3\%$



Unfolding detector resolution

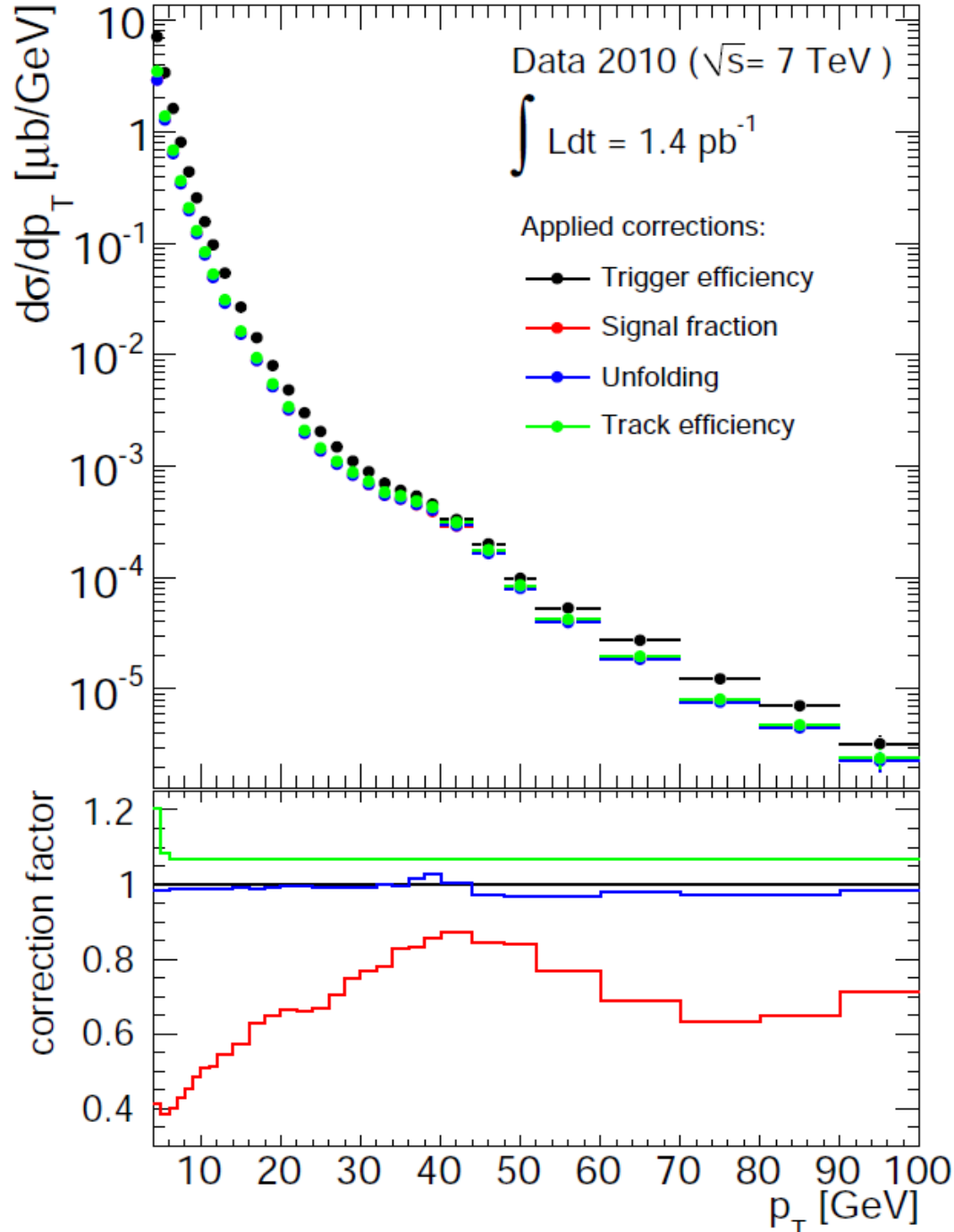


Risoluzione in momento dei mu da MC e' adattata al valore misurato nei dati ($Z \rightarrow \mu\mu$, $J/\Psi \rightarrow \mu\mu$) in modo da riprodurre le distribuzioni di massa invariante (correzioni fornite da MCP) ATLAS-CONF-2011-046



Correzione di unfolding e' importante al Picco jacobiano

Effetti delle correzioni

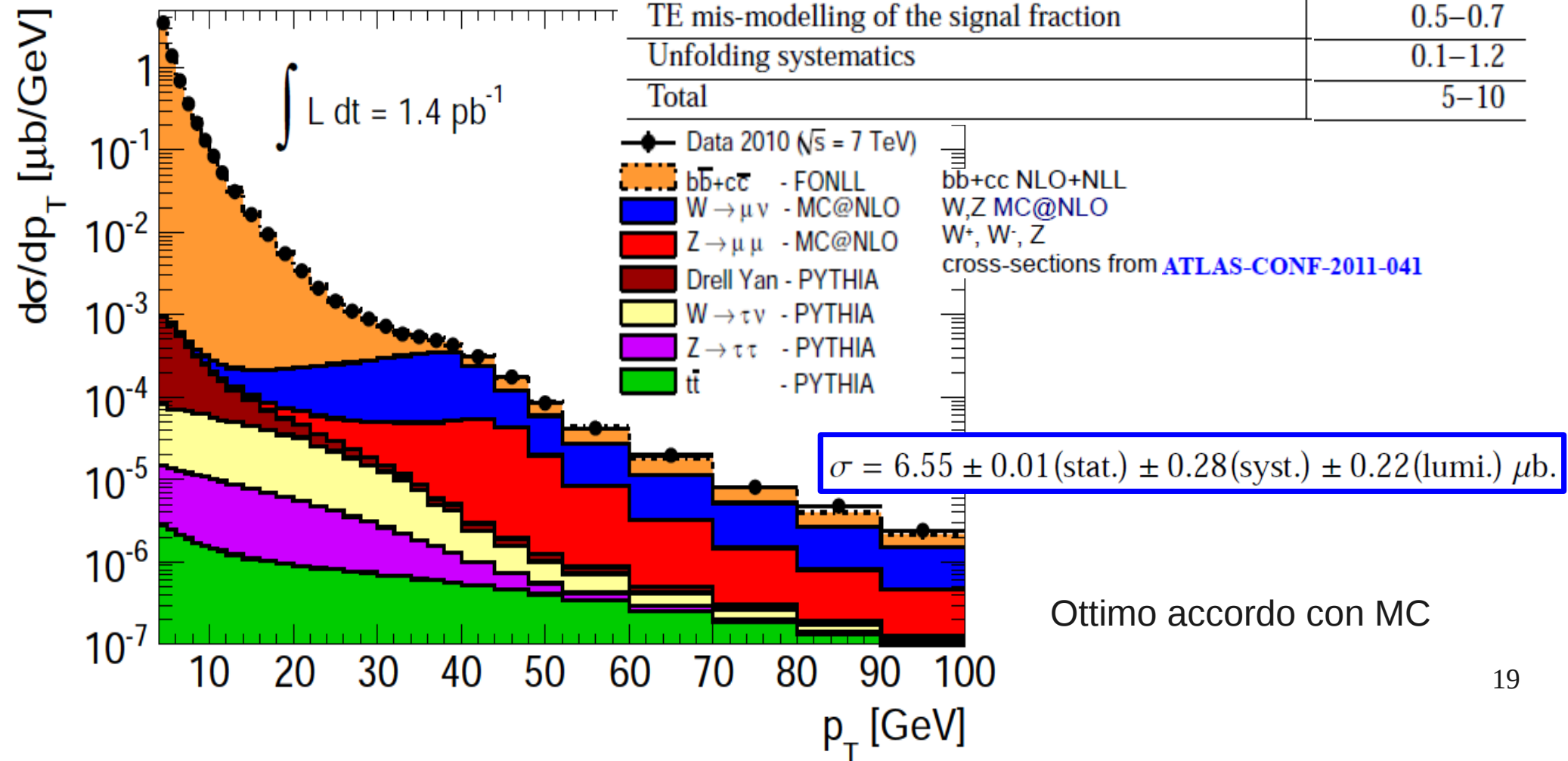


Importanza delle correzioni applicate:

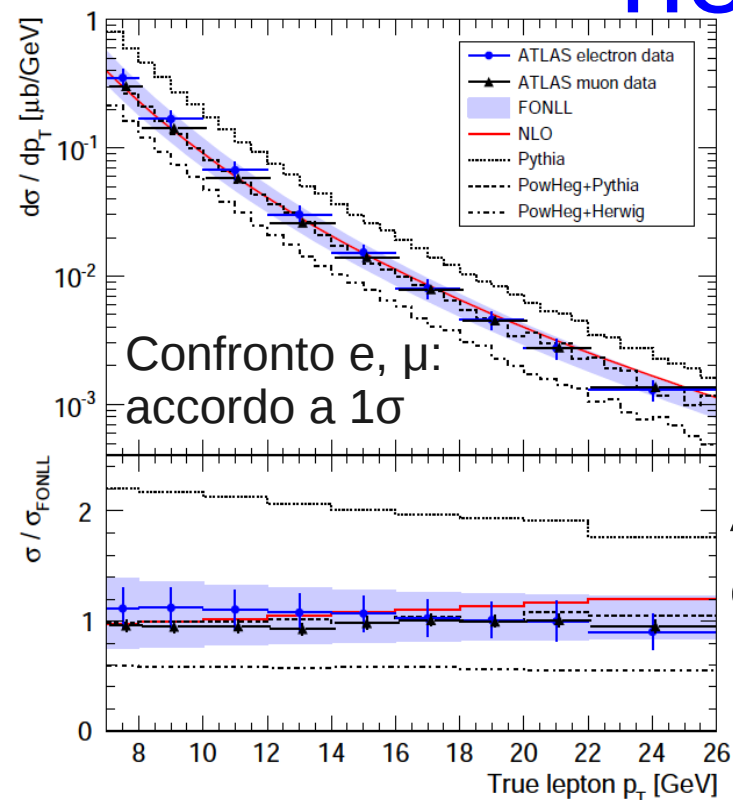
- efficienza di trigger: non visibile perchè spettro già corretto per ϵ_{trig} e L
- frazione di segnale: in tutto il range di p_T
- unfolding: picco Jacobiano;
- efficienza di traccia: bassi p_T ,

Misura di sezione d'urto

Source of systematic uncertainty	uncertainty (%)
Possible bias in signal extraction	3
π -K systematics	<2
MC statistical error on templates for signal extraction	1-8
Systematic on efficiency scale factor	1
Trigger Efficiency (TE) control sample statistics	0.4-0.9
TE control sample bias	<2.3
TE background bias	0.2-0.7
TE mis-modelling of the signal fraction	0.5-0.7
Unfolding systematics	0.1-1.2
Total	5-10

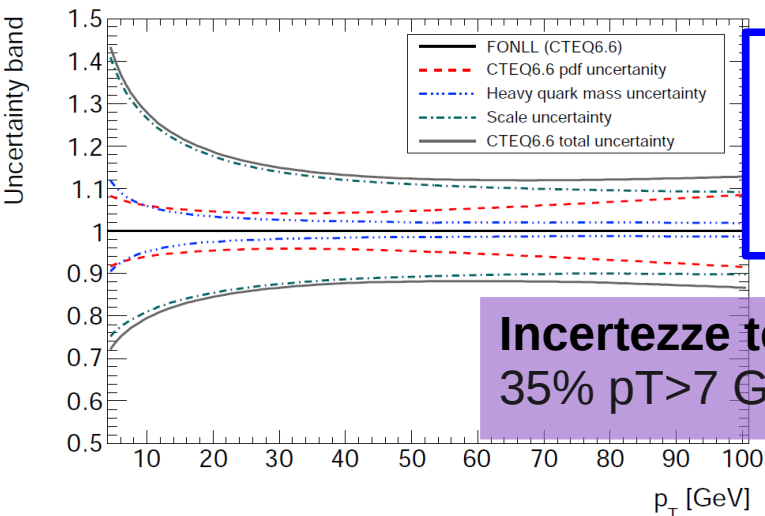
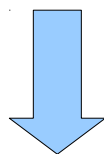


Confronto con predizioni teoriche heavy flavour

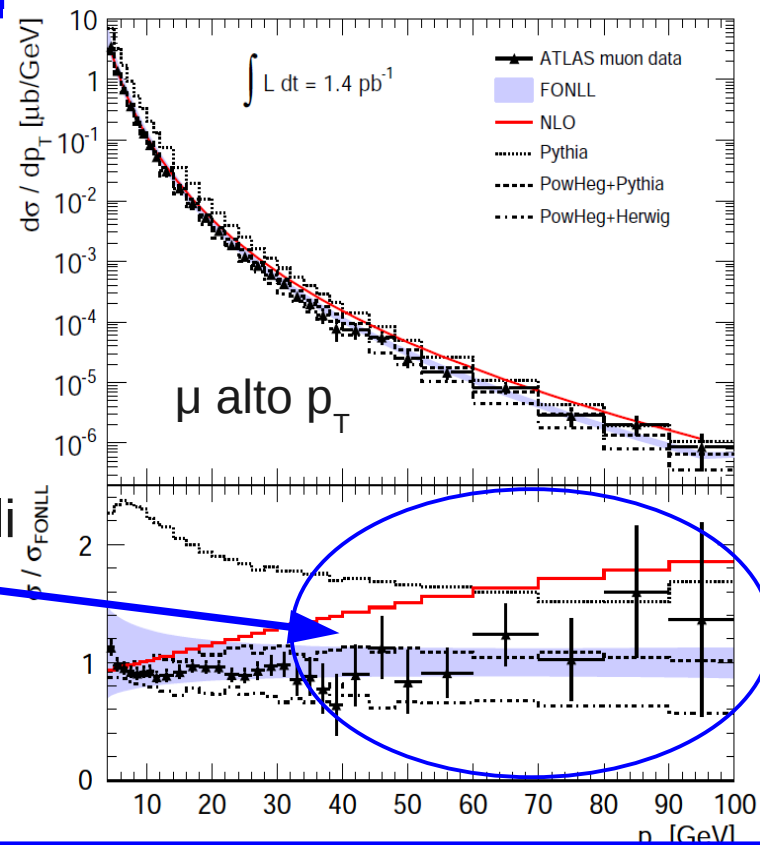


Sottratti contributi elettrodeboli per confronti con teoria HF

Ad alti p_T dati compatibili con correzioni NLL



Incertezze teoriche: scala di risommazione e fattorizzazione (dominante, 35% $p_T > 7$ GeV), $m_{b,c}$ (7%, $p_T = 7$ GeV), PDF (<6%)



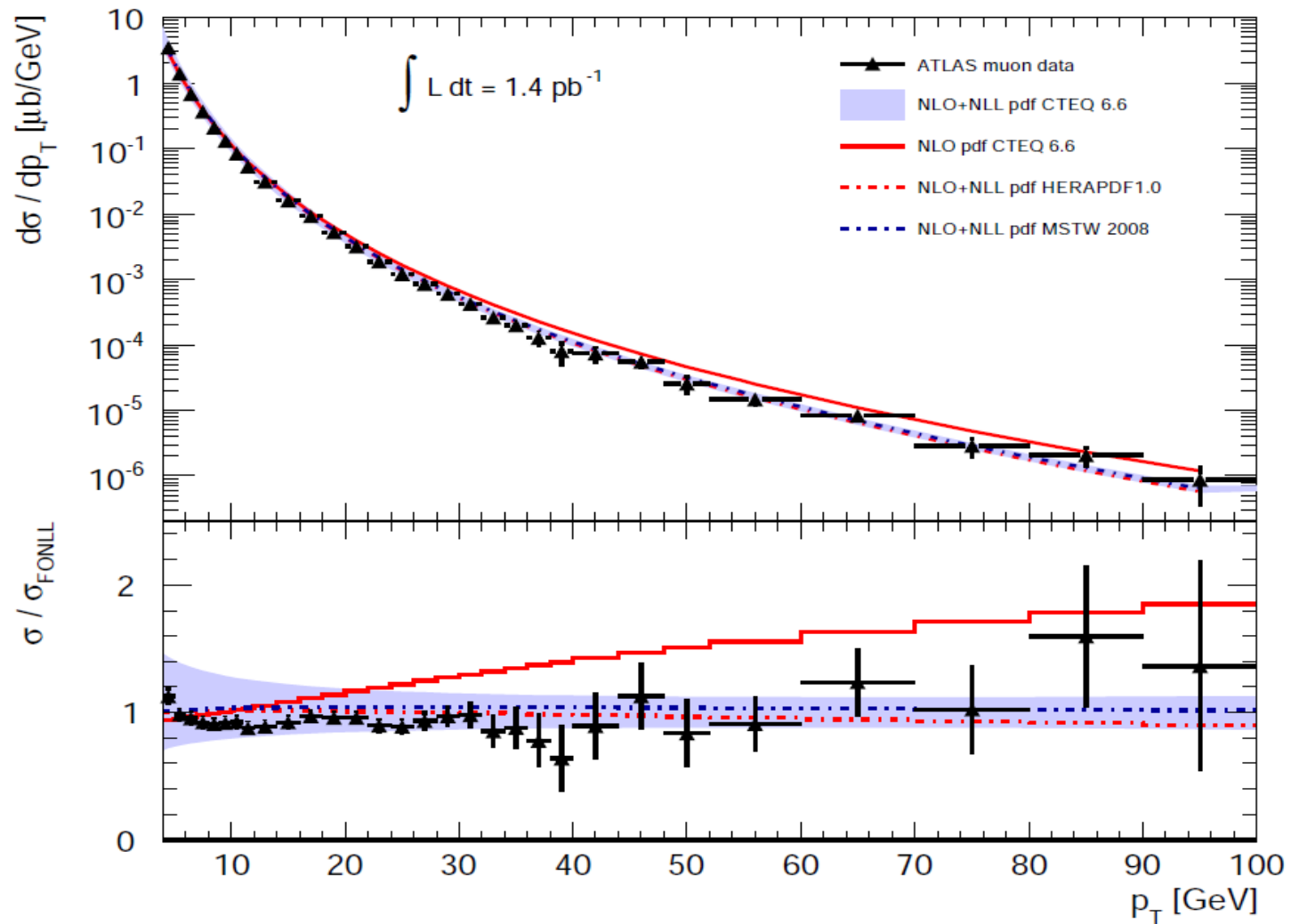
Prima misura sperimentale in hadron collider sensibile a rinormalizzazioni NLL nel calcolo di produzione di heavy flavour in pQCD

Conclusione

- Misura dello spettro inclusivo di muoni fino a 100 GeV grazie all'ottimo spettrometro muonico di ATLAS che non richiede l'isolamento per identificazione dei mu;
- Misura combinata con gli e, $p_T < 26$ GeV
- Prima conferma sperimentale ad hadron colliders di correzioni a NLL di pQCD
- Attivita' in fase di chiusura; per il futuro:
 - S.F. --> SUSY con gruppo di Pavia (Polesello)
 - Frascati, Roma3 --> H->WW->llvv (obiettivo: dare contributi per EPS)

BACKUP

Dipendenza dalle PDF

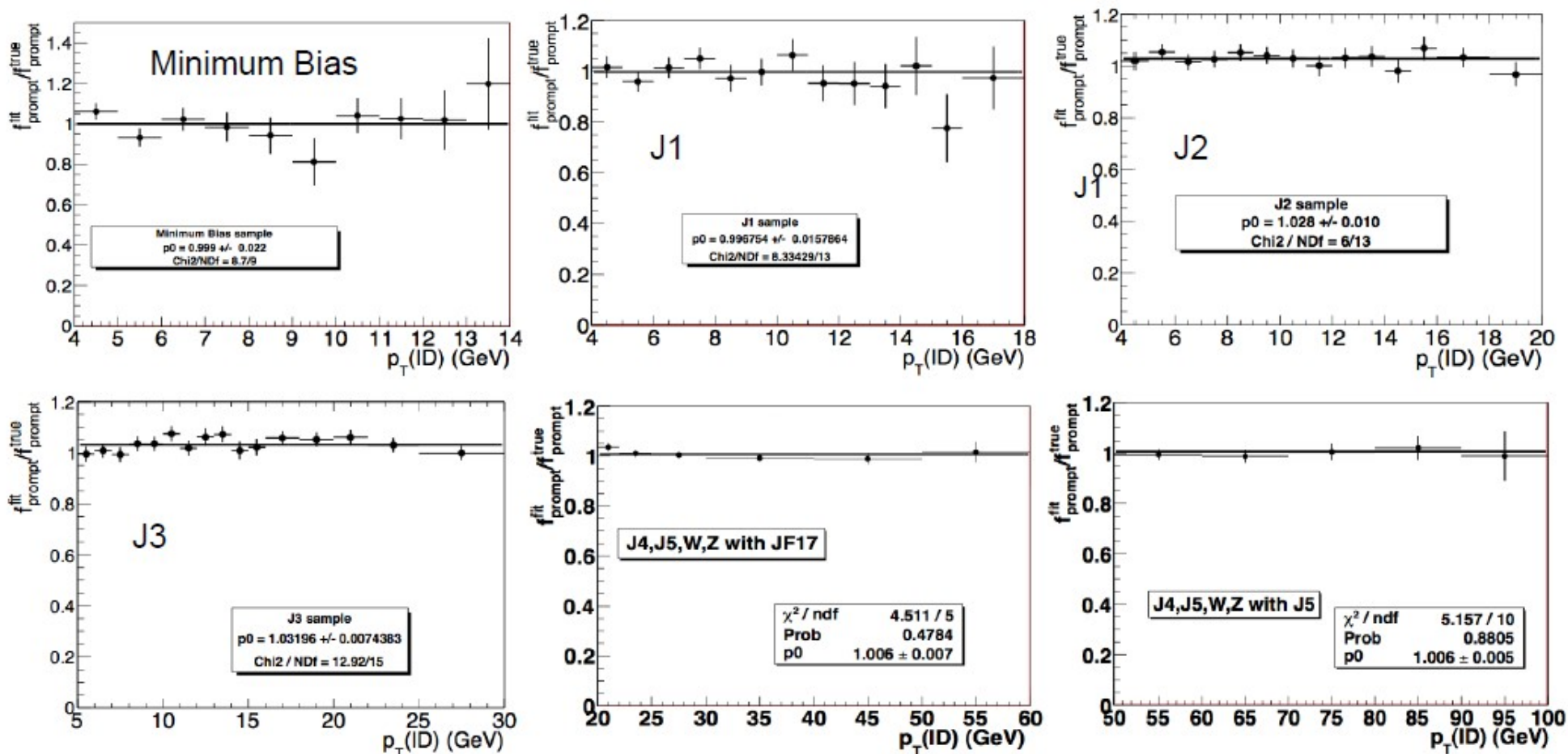


Segnale e background (2)

Are we able to extract the signal fraction in the MC?

Templates MC like in data extraction (JF17 $p_T < 50$ GeV, J5 $p_T > 50$ GeV)

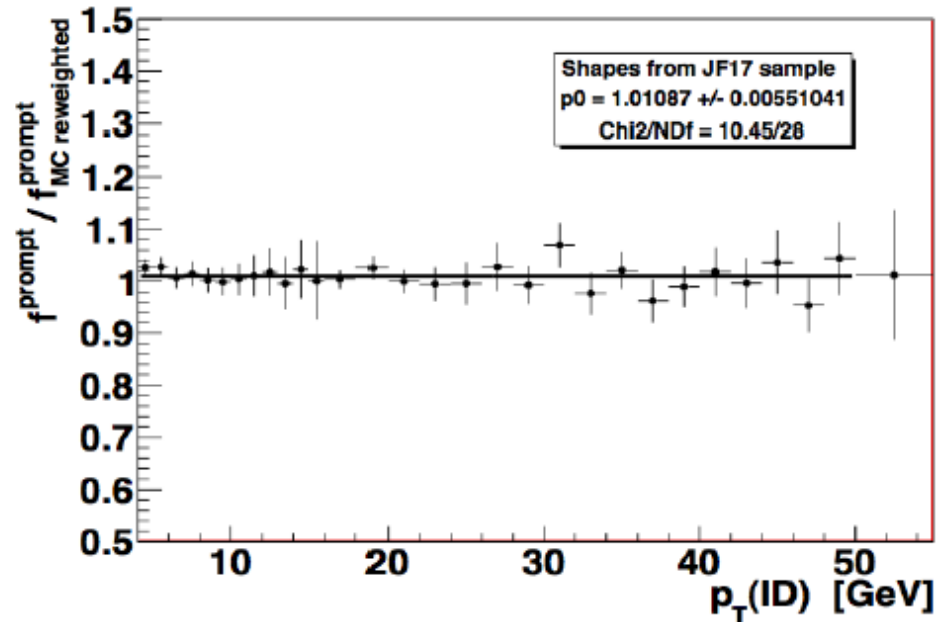
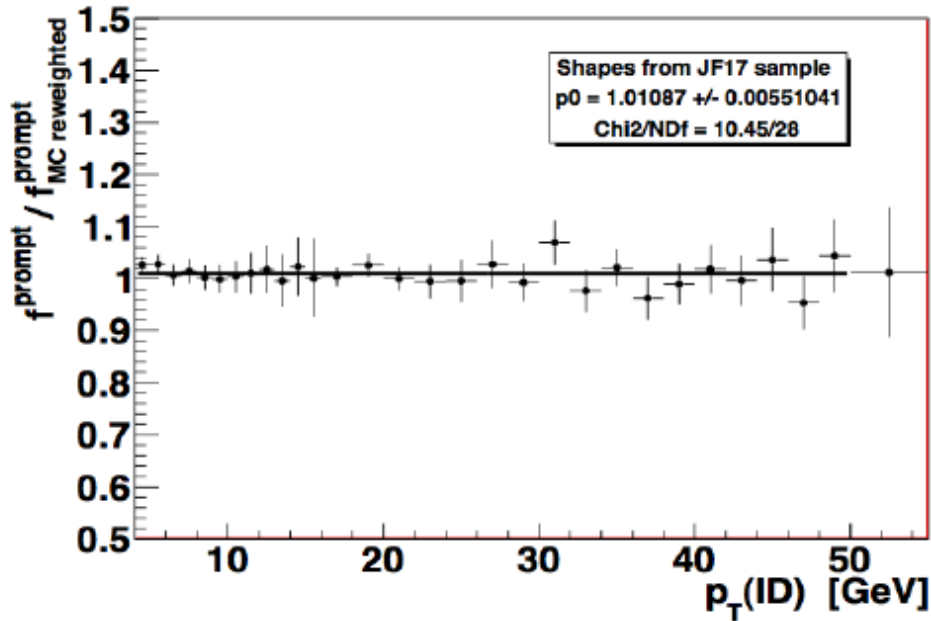
Maximum bias 3%



Segnale e background (3)

Δp_T depends only on the p_T spectrum

The JF17 and J5 p_T spectra have been reweighted using the DATA spectrum



Source of systematic error	fractional error
Fit on MC data-like samples	0.03
Ratio $PiK/Unassociated$	$< 4\%$ $p_T < 10$ GeV
intrinsic bias	0.008
Number of bins	0.003
Minimum bin content	0.005
Seed number	0.005
MC statistics for templates	0.01-0.08

bias

JF17 vs JF17

Correzioni ad ϵ_{trig}

$$\epsilon_{L1_MU0}(MU0) = \epsilon_{L1_MU0 \times L1_MBTS_1} \cdot r_{pf|L1_MU0} \cdot r_{pfDATA/MC|L1_MU0}$$

$$\epsilon_{L1_MU10}(MU10) = \epsilon_{L1_MU10|L1Calo} \cdot r_{pf|L1_MU10} \cdot r_{pfDATA/MC|L1_MU10} \cdot r_{bias\ L1Calo}$$

Bias dovuto alla stream utilizzata

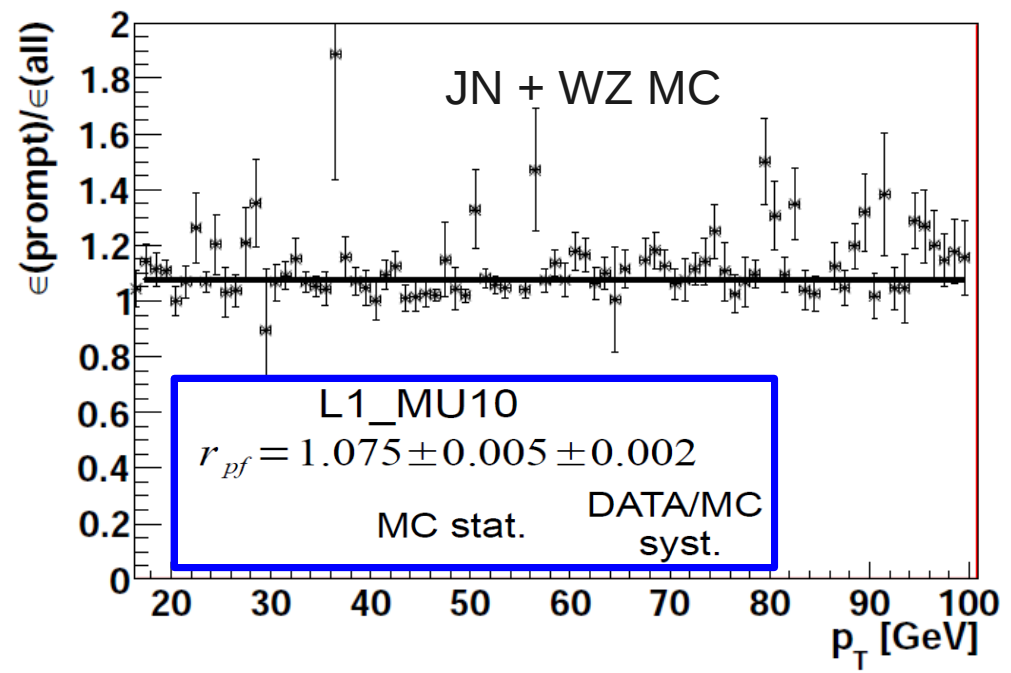
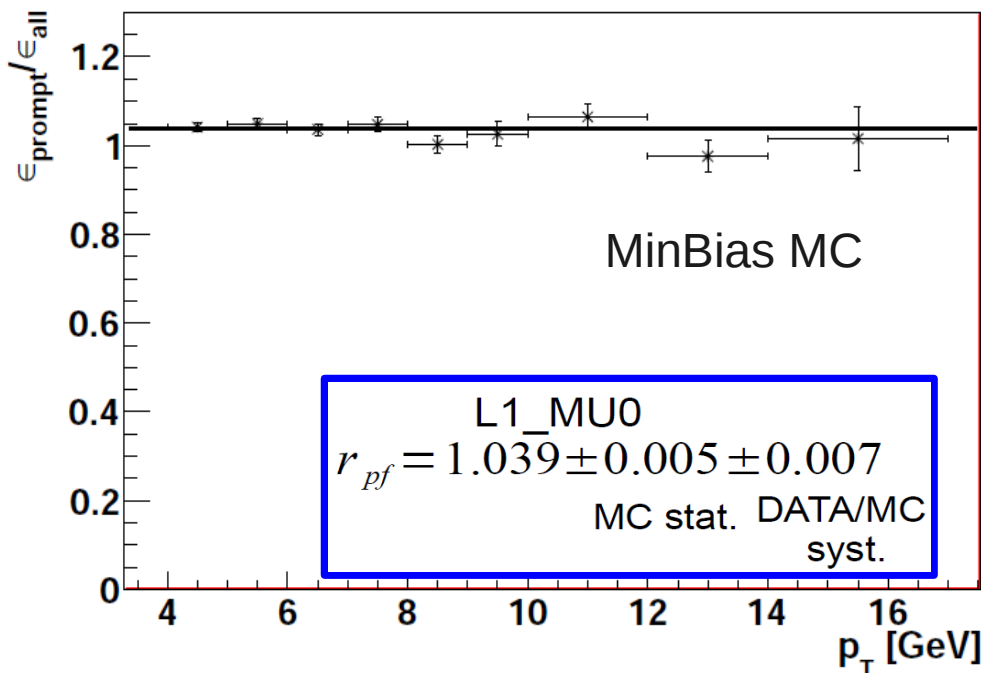
Valutato il bias introdotto da calo stream rispetto a MinBias: ~ 0 per L1_MU0, 0.97 L1_MU10

Bias dovuto al background

$$\epsilon_{trig|trk}^{signal} \neq \epsilon_{trig|trk}^{signal+background}$$

$$r_{pf} = \frac{\epsilon_{trig|trk}^{signal}}{\epsilon_{trig|trk}^{signal+background}}$$

Valutato da MC ripesato sulle distribuzioni dei dati di muoni "prompt"



Effetti di bordo

Muoni generati fuori dalla finestra di accettazione $|\eta| > 2.5$ potrebbero essere curvati dal campo magnetico e venire ricostruiti, ma non sono da considerare nella misura. Necessario valutare l'effetto e correggere la sezione d'urto misurata.

Valutazione dell'effetto di bordo (MC):

- Studio della risoluzione in η ($\Delta\eta = \eta_{\text{gen}} - \eta_{\text{reco}}$) in funzione di p_T nei bin di bordo dell'accettazione: $2.4 < |\eta| < 2.5$
- Toy MC che degrada momento dei μ generati (campione bb MC) con una gaussiana con larghezza data dal fit alla risoluzione.
- Valutazione della frazione di eventi che cadono fuori dall'accettazione (assunta uguale a quelli che cadono all'interno) = 0.6%
- Frazione di eventi nel bin $2.4 < |\eta| < 2.5$ rispetto a quelli in tutta l'accettazione: 3%
- Frazione di μ che risentono di effetti di bordo: **0.2 permille --> trascurabile**

