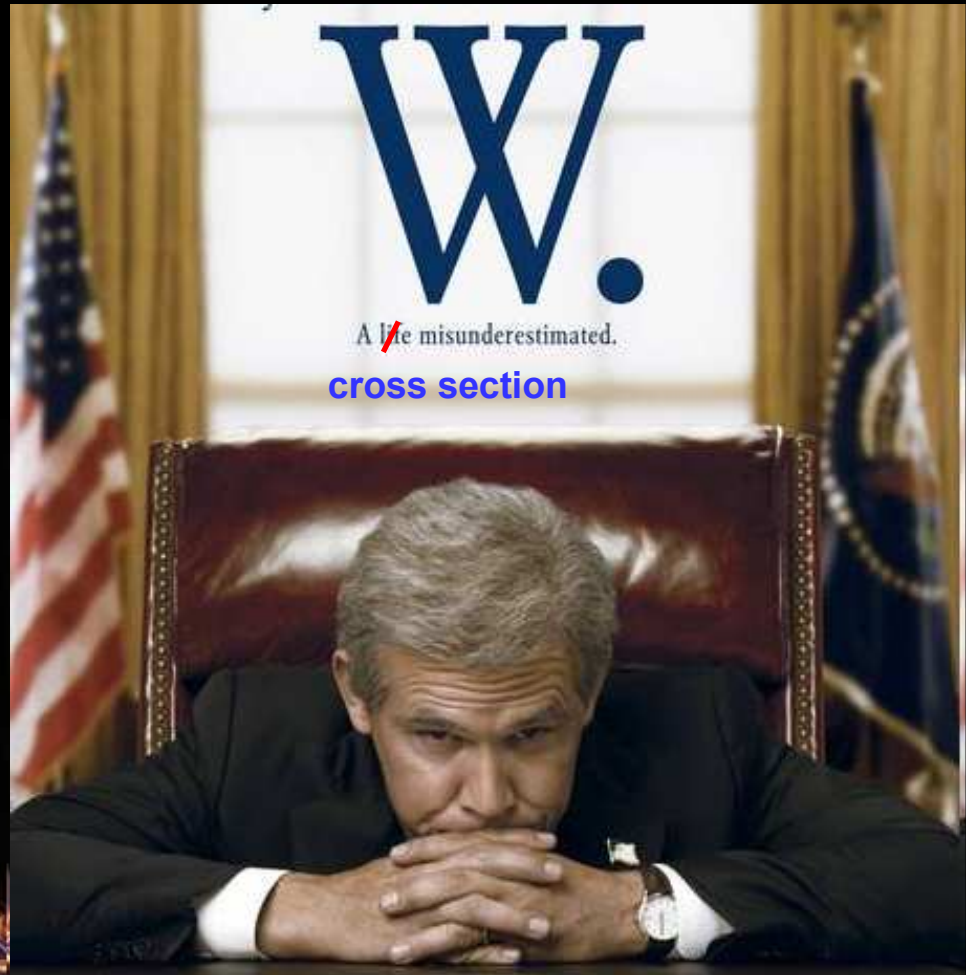


Stato Analisi W e Z

Claudio Gatti LNF



Meeting ATLAS-Italia 2/2/2010 Roma

Misura del rapporto sezioni d'urto Z e W

$$R = \frac{\sigma(p\bar{p} \rightarrow W \rightarrow l\nu)}{\sigma(p\bar{p} \rightarrow Z \rightarrow l^+l^-)}$$

CDF 70 pb⁻¹

1785 Z→μμ osservati

Accettanza 14%

Efficienza 70%

Sezione d'urto 250 pb

Fondi 13 eventi

31,722 W→μν osservati

Accettanza 20%

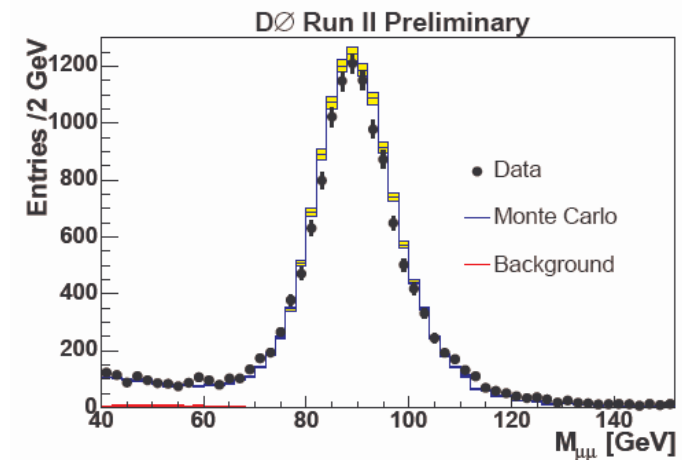
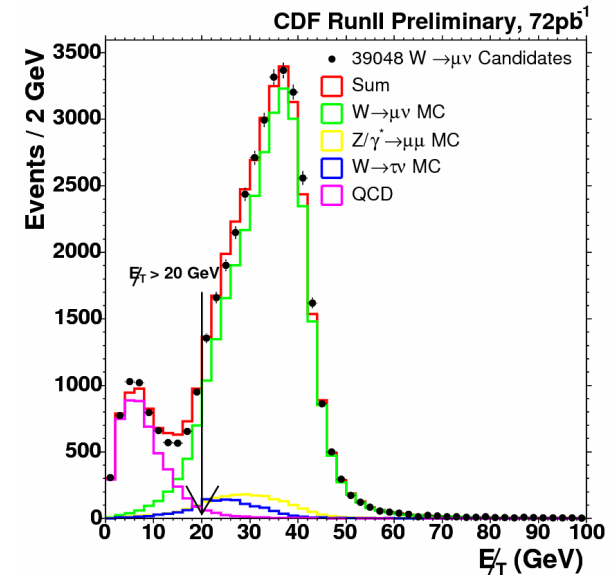
Efficienza 73%

Sezione d'urto 2.7 nb

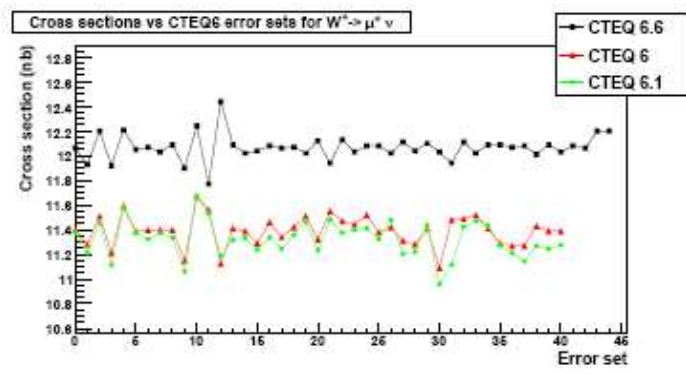
Fondi 3000 eventi

$R(\mu) = 11.12 \pm 0.27_{\text{Stat}} \pm 0.18_{\text{Syst}}$ (errore relativo 3%)

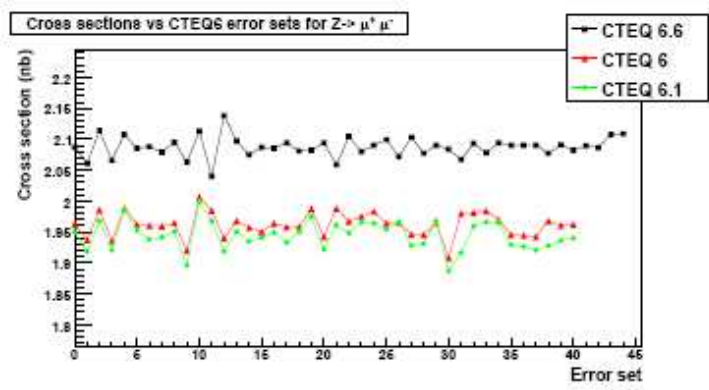
NNLO @ $\sqrt{s} = 1.96 \text{ TeV} = 10.69 \pm 0.08$ (0.7%)



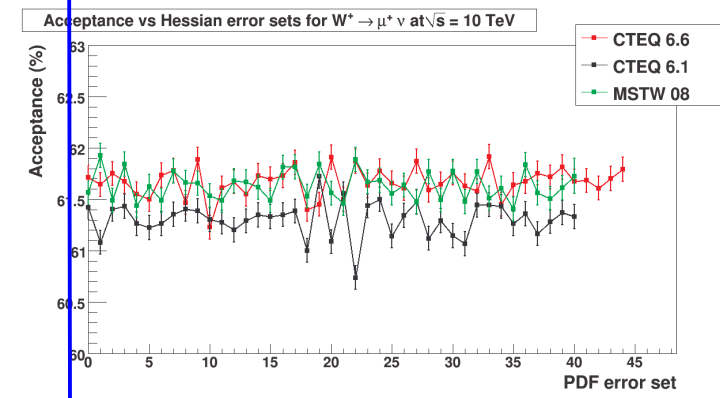
$$\frac{\sigma(pp \rightarrow W \rightarrow \mu\nu)}{\sigma(pp \rightarrow Z \rightarrow \mu\mu)} = \frac{N_W}{N_Z} \frac{A_Z}{A_W}$$



(a) $W^+ \rightarrow \mu^+ \nu$



(c) $Z \rightarrow \mu^+ \mu^-$



$pp \rightarrow W^+ + X,$ $W^+ \rightarrow \mu^+ \nu_\mu$	A_0	$+\Delta A$	$-\Delta A$
CTEQ 6.1	61.42	0.35	1.22
CTEQ 6.6	61.72	0.45	0.88
MSTW 2008	61.56	0.92	0.33

$R \sim 1\%$

10 TeV & 15 pb⁻¹

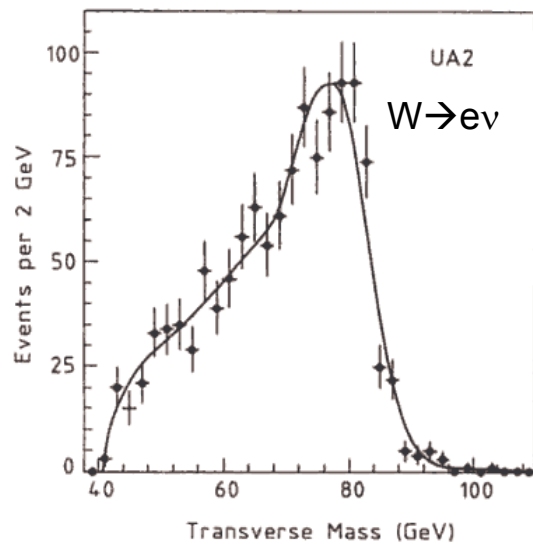
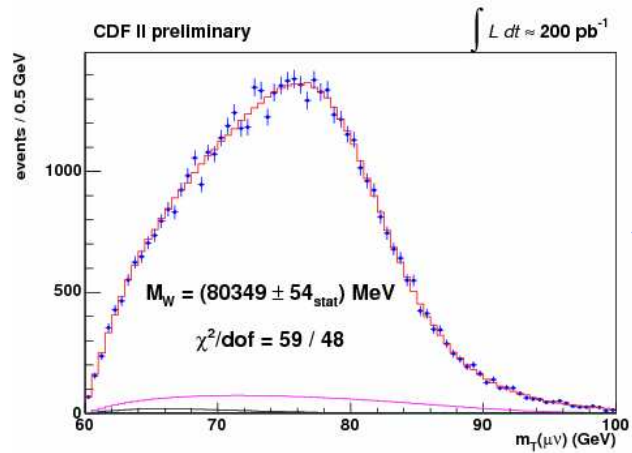
70,000 $W \rightarrow \mu\nu$

7,000 $Z \rightarrow \mu\mu$

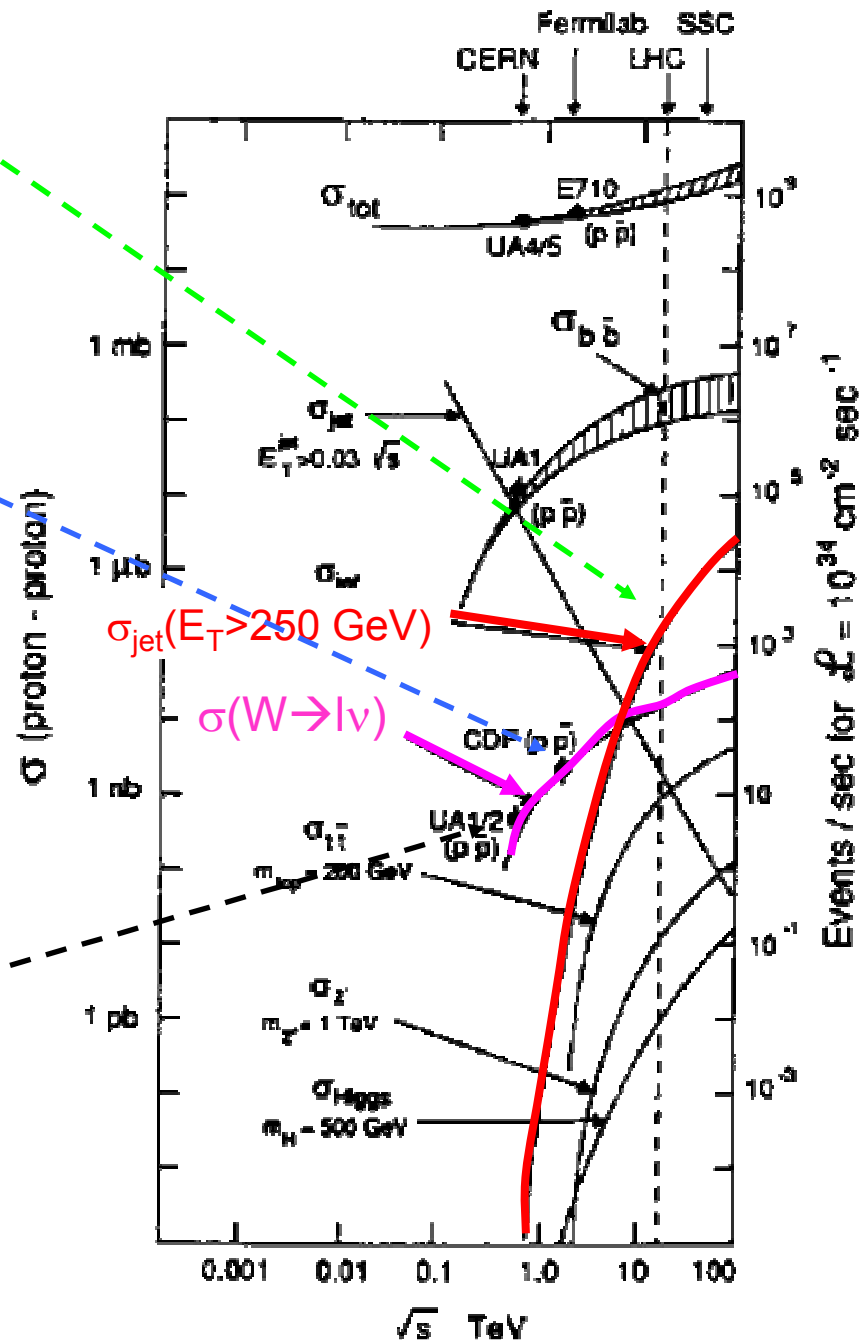
$\delta(N_W/N_Z) \sim 1\%$

$A_Z/A_W \sim 3\%$

QCD



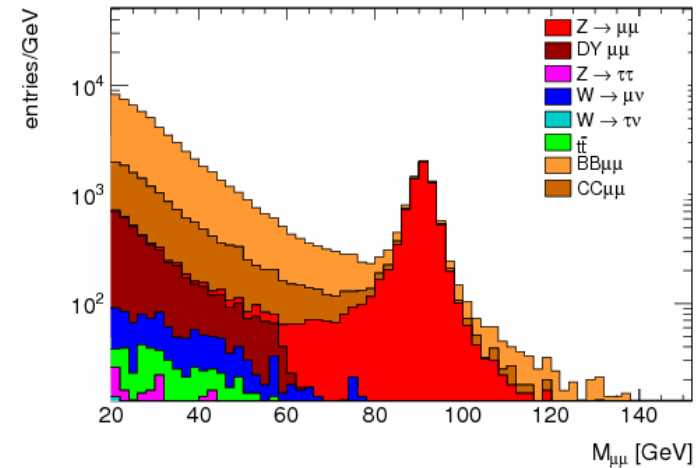
LHC



Misura delle sezioni d'urto W e Z

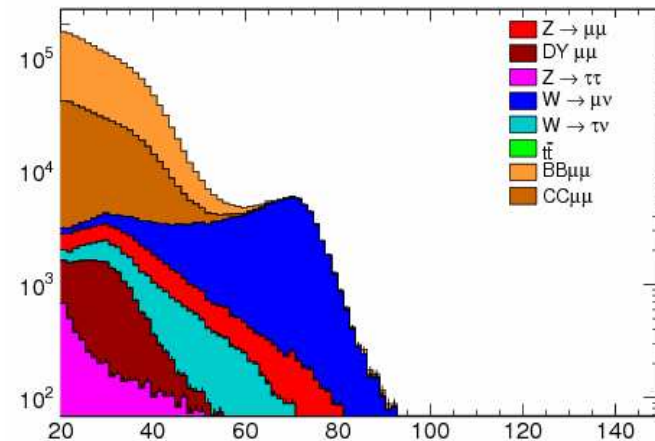
preselezione Z

1. Trigger mu20 (mu10)
2. Muoni combinati con $p_T > 15$ GeV
3. Muoni isolati
4. $M_{\mu\mu} > 30$ GeV



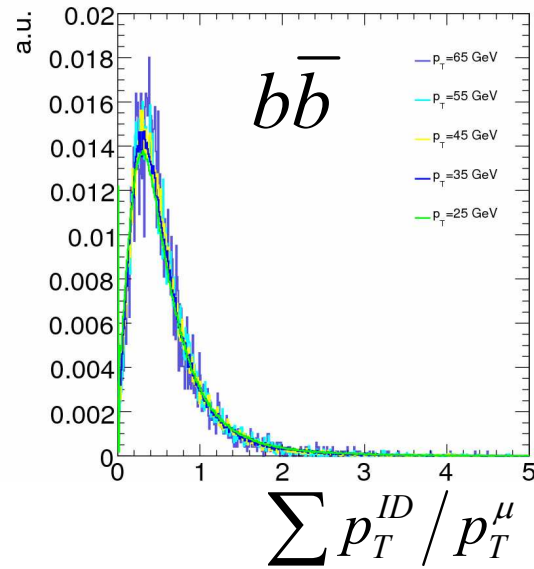
preselezione W

1. Trigger mu20 (mu10)
2. Muone combinato con $p_T > 15$ GeV
3. Missing E_T "lontano" da eventuali Jet
4. Muone isolato
5. M_T sopra 10 GeV ed E_T^{Miss} sopra 2 GeV

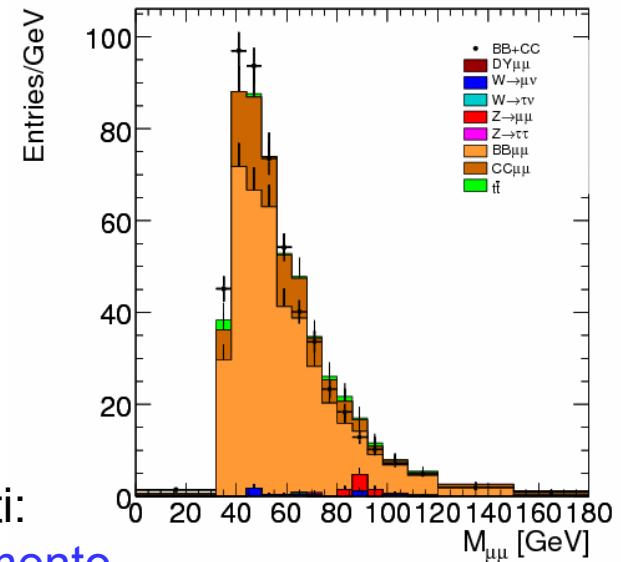


Stima del fondo QCD alla Z

variabile di isolamento



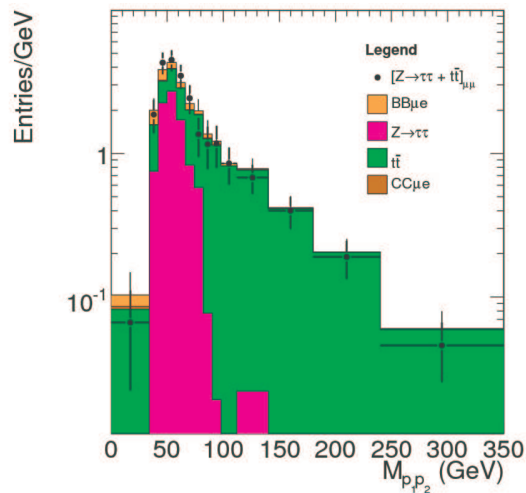
Rigettati (tutti) vs QCD accettati



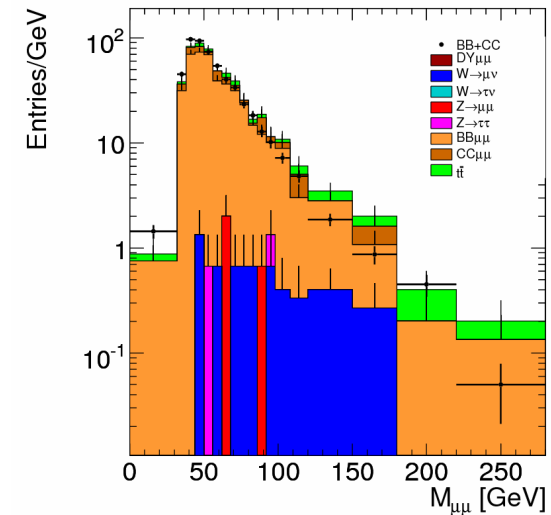
Fondi stimata da eventi:

- rigettati da taglio in isolamento
- con muoni “same sign”
- elettrone-muone

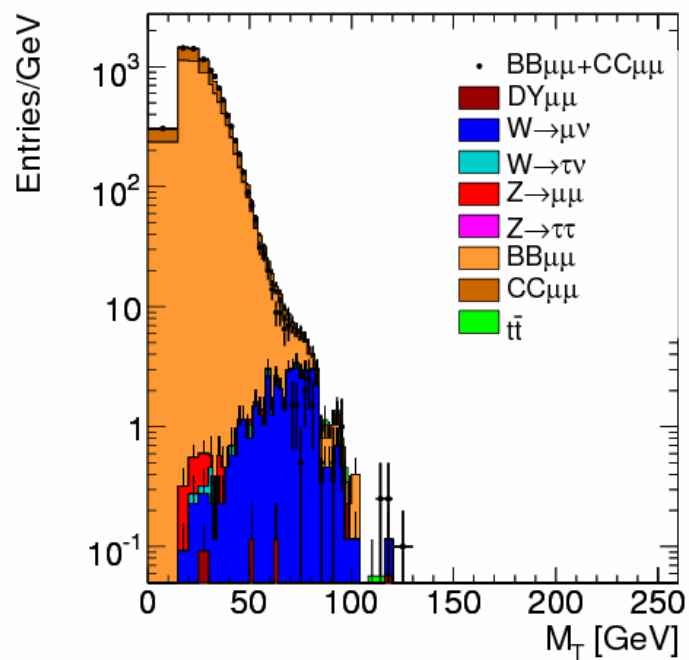
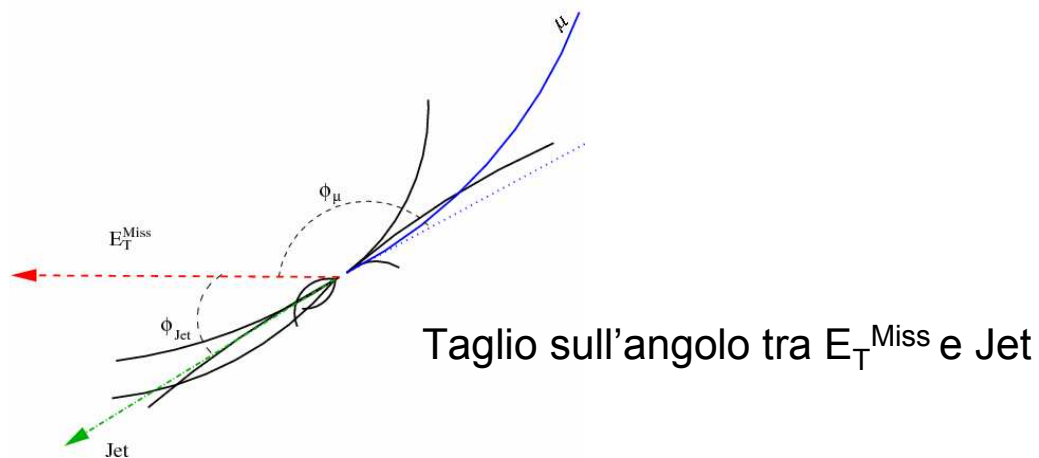
elettrone- μ



SS (tutti) vs OS (QCD)

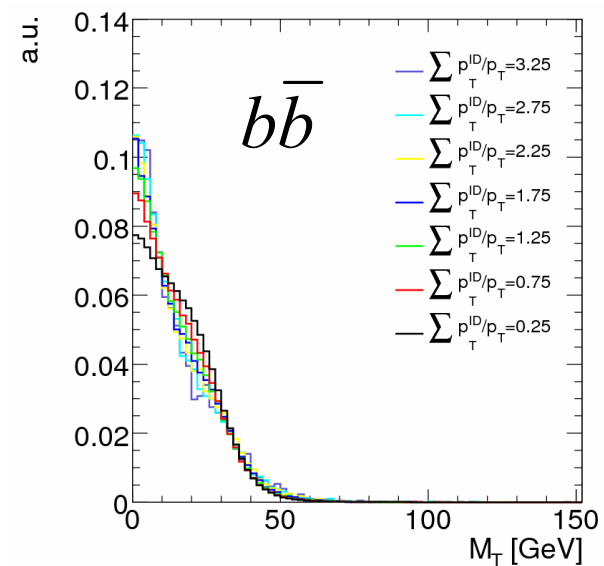


Stima del fondo al W

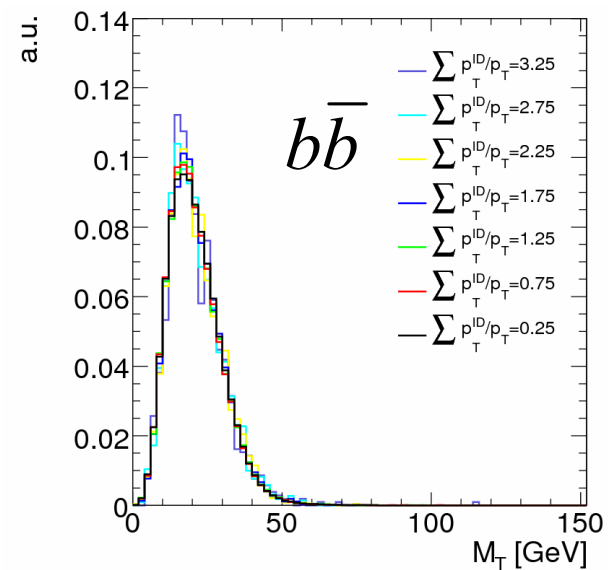


Rigettati da isolamento vs QCD selezionati

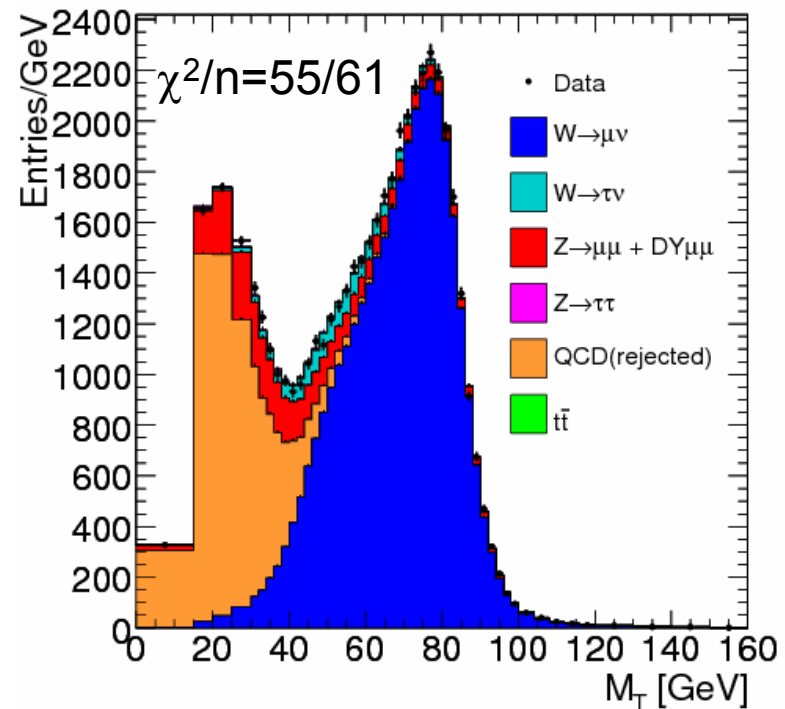
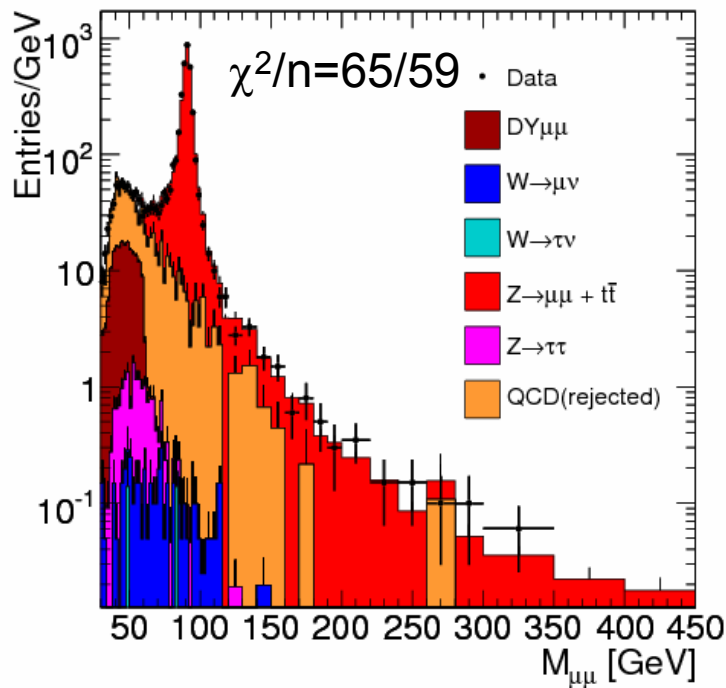
prima del taglio



dopo il taglio

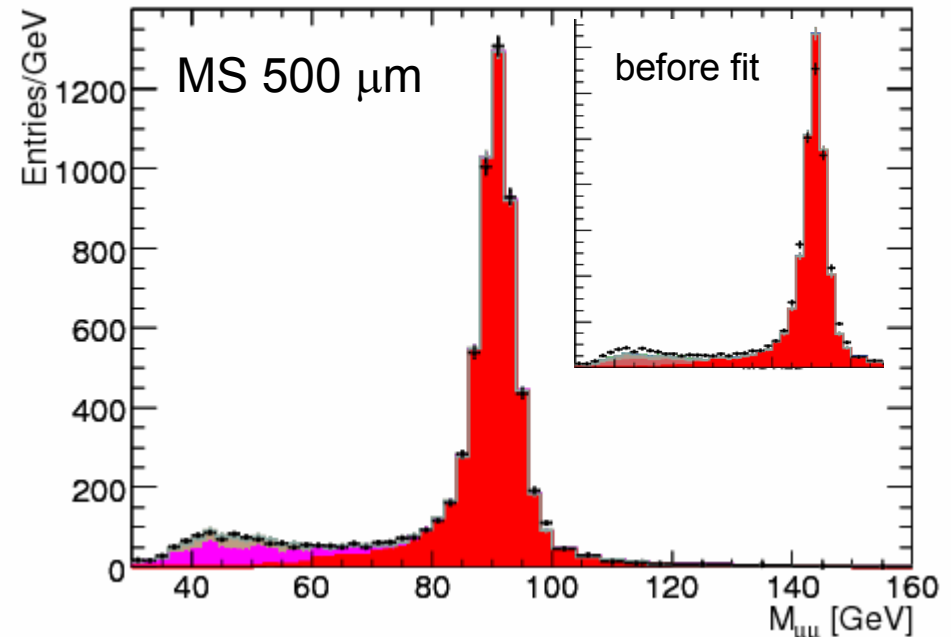
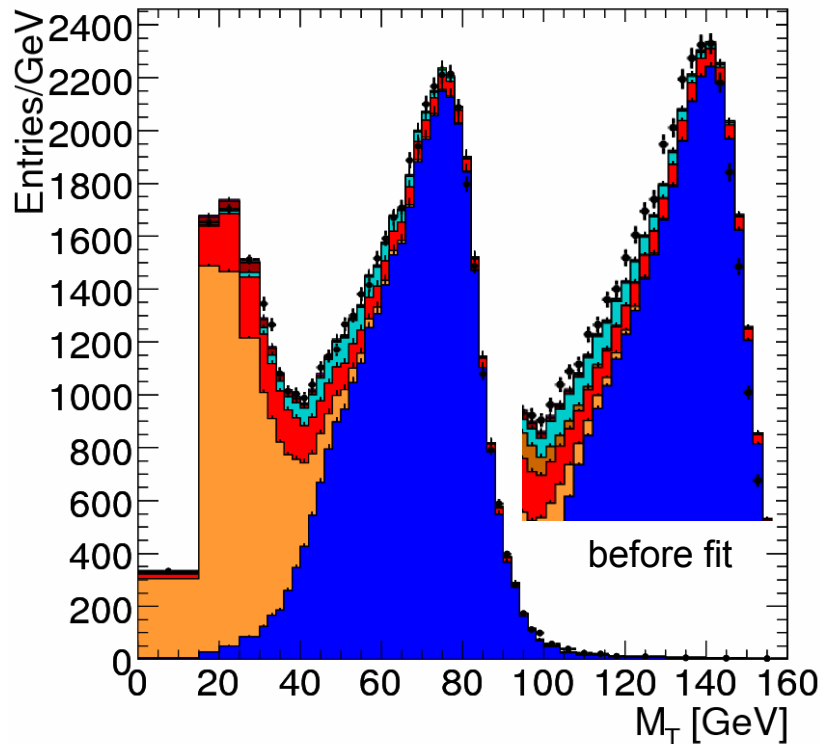


Estrazione del segnale



- Dataset da 15 pb^{-1} .
- Fit usando campione MC scorrelato.
- **Fit a 2 componenti**: fondo QCD con shape estratta dai dati; EW+ $t\bar{t}$ con rapporti fissati dal MC.
- **Z fit**: fit alla massa invariante dei due muoni
- **W fit**: fit alla massa trasversa
- **Scan dei tagli**: $p_T=15\text{-}25 \text{ GeV}$ e $\text{isolamento}=0.2\text{-}1.8$
- **Buon χ^2 e buon accordo con il numero di eventi di segnale atteso.**

Impatto di miscalibrazione e disallineamenti



- Diverse geometrie MS e ID
- E_T^{Miss} Final vs RefFinal

Parametro di “smearing” aggiunto nel fit:

$$p_T^{\text{new}} = p_T^{\text{old}} (1 + g \Delta a p_T)$$

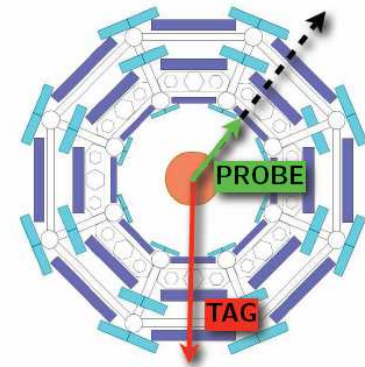
$$E_T^{\text{Miss}} = E_T^{\text{Miss}} m(1 + g S \sqrt{\text{Sum} E_T})$$

g numero random gaussiano

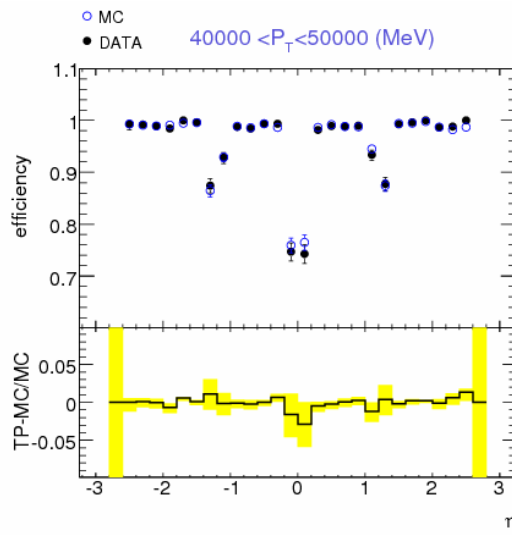
Numero di eventi segnale stimato in accordo con numero aspettato

Determinazione delle efficienze

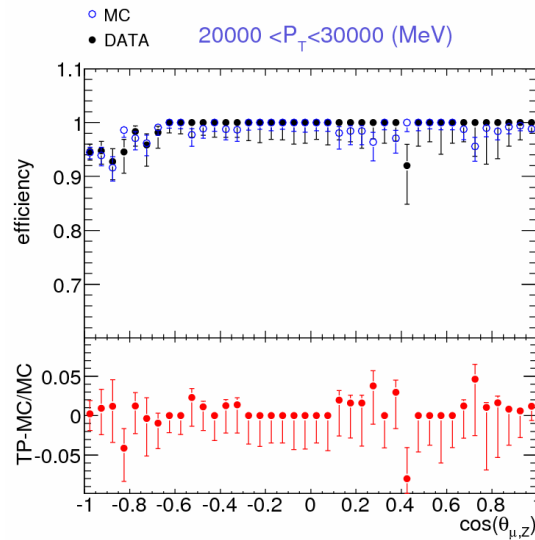
Tutte le efficienze determinate da campioni di controllo $Z \rightarrow \mu\mu$.
Efficienze di singola particella combinate con cinematica MC



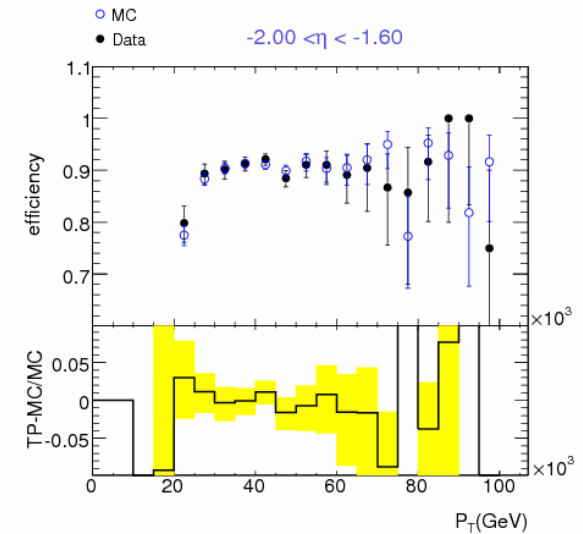
Ricostruzione di traccia



Isolamento

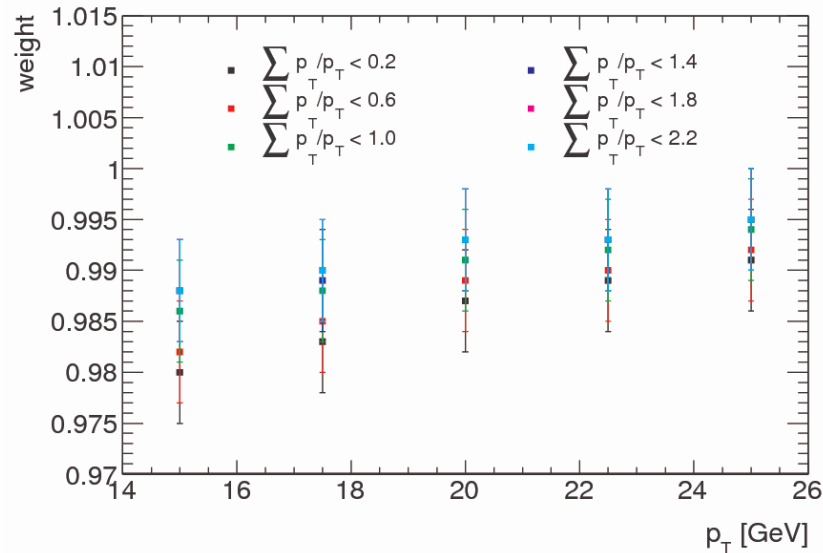


Settore di trigger mu20



Effetto e stima del fondo nel campione di controllo

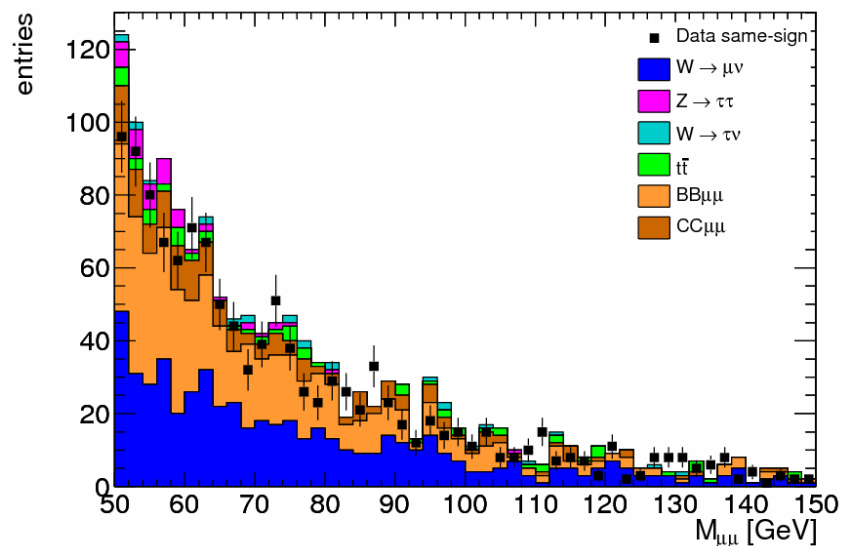
Effetto del fondo su efficienza Z



Circa 0.6% di contaminazione da eventi $b\text{-}b\bar{b}$ e $W \rightarrow \mu\nu$.

Se non corretto $\rightarrow$ aspettato errore di circa 1.2% per la Z.

“probes” SS vs fake-probes OS



basta una stima al 10-20% del fondo per ridurre l'errore a pochi permille.

Stima del fondo dal confronto di eventi Same-sign vs Opposite-sign.

Prima stima (senza dati ...) degli errori con 15 pb⁻¹

Sistematiche:

- Fits con fondo QCD stimato dai dati stabile:

1% W e 1.4% Z

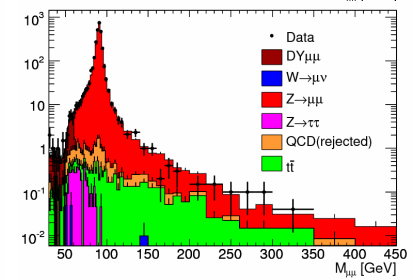
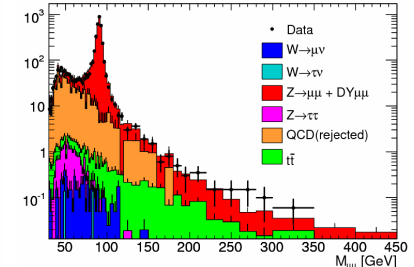
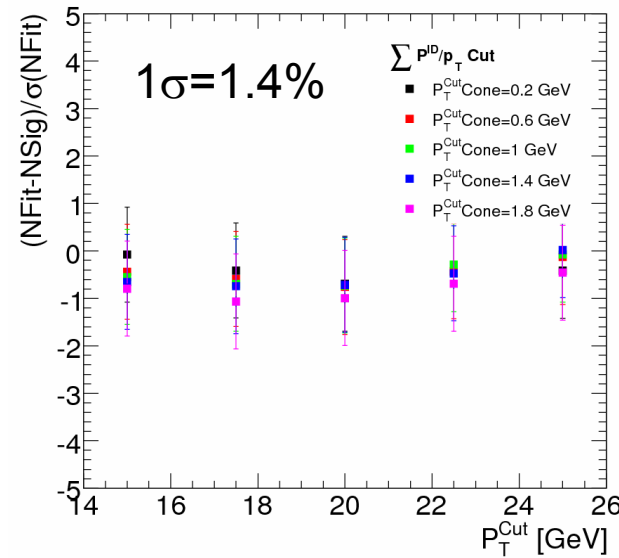
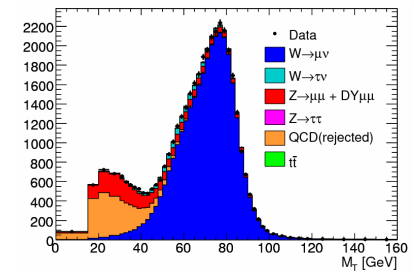
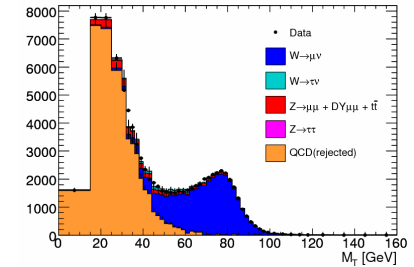
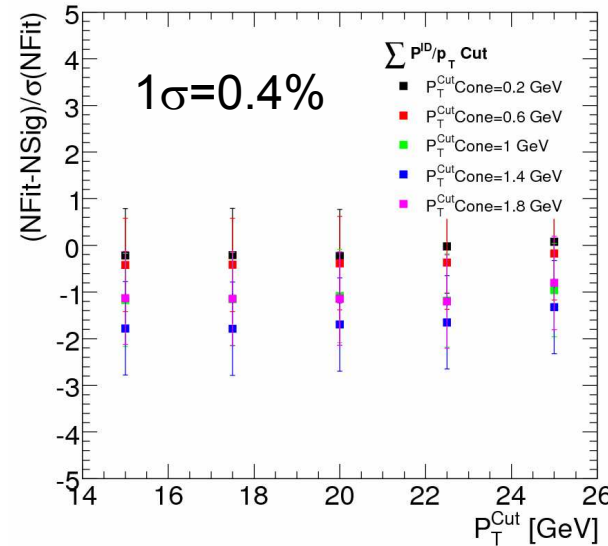
- Fit con disallineamenti e scalibrizioni:

1.4% Z e 0.5% W

- Fondo efficienze (se non corretto):

1% W e Z

$\delta R \sim 1.5\%(\text{stat})$
 $\oplus 2.3\%(\text{syst})$
 $\oplus 3\%(\text{theory})$



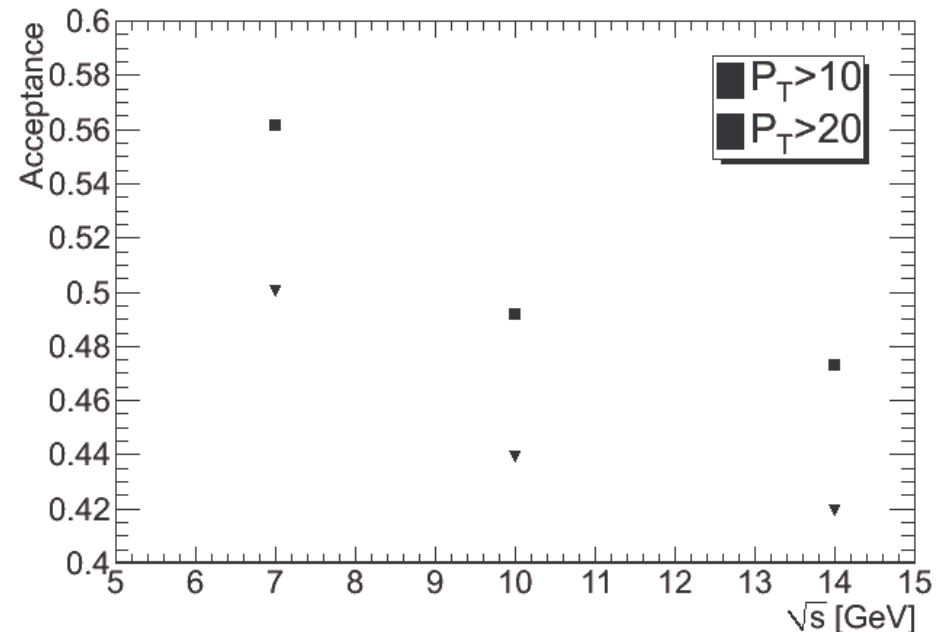
Benchmark analysis

Bini
Borroni
Cattani
Di Ciaccio
Di Nardo
Di Simone

- Un progetto comune del gruppo W/Z signatures
- Sviluppato fin dall'inizio puntando ad un'integrazione stretta tra diverse parti dell'analisi
- Gruppi italiani (Roma1, Roma2) pesantemente coinvolti nel canale $Z \rightarrow \mu\mu$ (accettanza, tag&probe, event selection):
 - Attualmente è il canale con lo sviluppo più avanzato, dove tipicamente le nuove funzionalità vengono testate
 - Lo stesso codice è poi usato anche negli altri canali
- Fornisce un'analisi di riferimento
 - Benchmark per validare le altre analisi del gruppo
 - punto di partenza per nuovi arrivati per sviluppare analisi “private”
 - da usare per ottenere risultati con early data

Accettanza

- Calcolata a partire da eventi generati senza filtro
- Idea è di dividere lo spazio delle fasi in bin, ottenendo una matrice da riempire con un loop (una tantum) sugli eventi generati
 - Calcolare l'accettanza per un certo set di tagli a questo punto è semplicemente questione di integrare i contenuti dei bin rilevanti
- Implementata la struttura software per salvare su file la matrice
- Risultati validati confrontandoli con gli stessi tagli applicati direttamente al livello evgen
- Messa a disposizione degli altri canali
- Primi test nel canale $Z \rightarrow \mu\mu$



Tag & Probe

- Metodo per determinare dai dati le efficienze di muoni con eventi $Z \rightarrow \mu\mu$
 - Efficienza assoluta di trigger e ricostruzione
 - Efficienza di trigger rispetto alla ricostruzione
- La selezione è stata testata e ottimizzata sui samples MC a 10 TeV più recenti di segnale e fondi
 - Aggiornamento della statistica aspettata e delle stime dei fondi
 - Test (tecnico) su cosmici e collisioni

Tag and Probe selection summary					
Sample	Cross section* ϵ_{filter} [pb ⁻¹]	Events [pb ⁻¹]	Indet probes [/pb ⁻¹]	Indet probes $p_T < 20$ GeV [/pb ⁻¹]	Muon probes [/pb ⁻¹]
$Z \rightarrow \mu\mu$	1098	226	618.1 ± 1.1	23.9 ± 0.3	583.4 ± 1.1
$W \rightarrow \mu\nu$	10352	24	4.6 ± 0.5	3.7 ± 0.4	0.08 ± 0.04
bbmu15X	85000	6	1.9 ± 0.5	1.9 ± 0.5	< 0.4
ccmu15X	31900	14	0.4 ± 0.2	0.4 ± 0.2	< 0.2
Total background			$(1.1 \pm 0.7) \%$	$(20.1 \pm 0.7) \%$	$< 0.1 \%$

Tag & Probe

- Il codice di analisi è inserito nel progetto **InsituPerformance** in Athena
 - Comune a tutti i gruppi di performance e supportato da PAT e gruppo SM
- Selezione di default + possibilità di calcolare le efficienze per **qualsiasi definizione di muone**
 - Si può far usare al tag and probe lo stesso tool di selezione di muoni utilizzato per l'analisi (vedi esempio seguente) – utilizzando athena standard tools
- Efficienze salvate in forma di **matrici** (vs p_T, η, ϕ o qualunque altra var.)
 - Root files che verranno salvati nel **conditions db**
 - Tools comuni per l'accesso alle efficienze in ogni analisi
- Un **lavoro simile è in fase di sviluppo per le risoluzioni**

Event selection (1)

- Applicazione Athena
- Input: (d)ESD/(d)AOD
 - Funziona sui dati (cosmici/collisioni)
- Ricerca $Z \rightarrow \mu\mu$ con tagli CSC-like
 - Analisi inclusiva di default
 - Opzionalmente, si può eseguire un'analisi esclusiva (Z+jets)
- Interfaccia con i risultati delle calibrazioni insitu (efficienze T&P) già pronta
 - Usata per calcolare l'event weight
- Output: D3PD, usando i tools ufficiali PAT
 - Comune a tutto il gruppo W/Z signatures
 - Collezioni di muoni a diversi livelli della selezione, con diversi livelli di dettagli
 - Informazioni “custom”, come la Z ricostruita e il cut flow della selezione

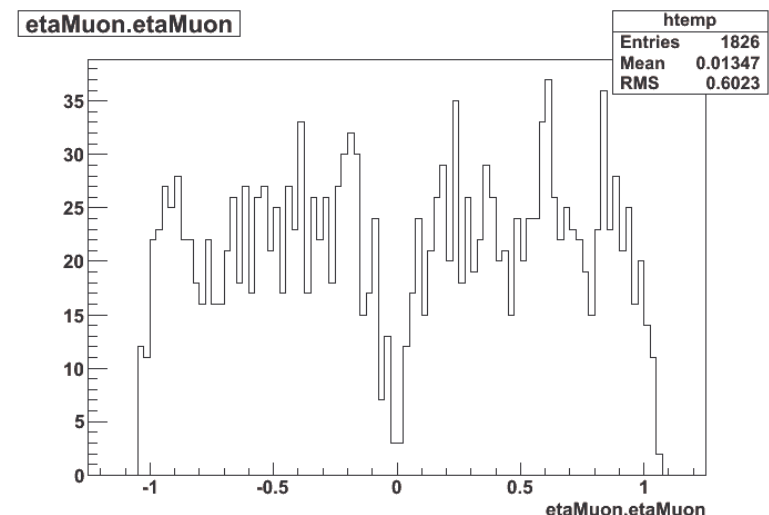
- Trigger: mu10 EF
- Preselezione: almeno 2 mu con $p_T > 5 \text{ GeV}$ $|\eta| < 2.5$
- Taglio p_T : almeno due mu con $p_T > 20 \text{ GeV}$
- Carica opposta, ID isolation
- Invariant mass

Event selection (2)

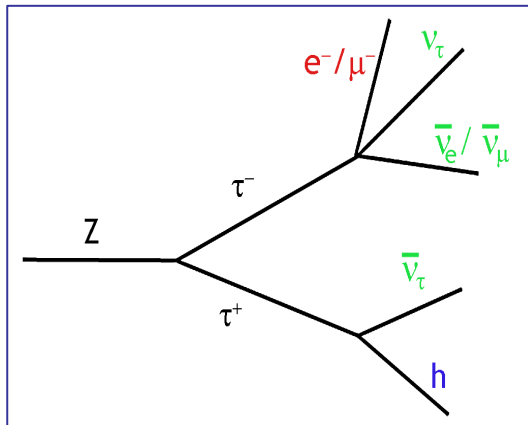
- Codice raccolto (assieme al resto delle benchmark) in un analysis project, che consente una release schedule completamente disaccoppiata da quella ufficiale di Athena
- Possibilità di applicare una propria definizione di muoni
 - Esempio: muoni con hit RPC, effetto è restringere il range in eta dei muoni selezionati, come previsto

Integrazione con tools ufficiali per il calcolo della luminosità e GoodRunLists

- Ruolo importante nell'ambito del WZ subgroup
 - Idea di pianificare run automatici sui dati
 - Usato come D3PDMaker per il gruppo
 - Vantaggio è che assieme ai D3PD, si trasmette ai clienti anche il risultato dell'analisi di benchmark, da usare come confronto



$Z \rightarrow \tau\tau \rightarrow$ lepton-hadron analysis @ 10 TeV



D. Cavalli, S. Consonni, C. Pizio

Signature

- **Lepton**
- decaying to **hadrons** (τ -jet)
- $E_T^{\text{Miss}} > 0$ due to **neutrinos**
- **Lepton** and τ -jet with opposite sign (OS)

In 100 pb^{-1} at 10 TeV

$\sim 113 \text{ keVts}$ $Z \rightarrow \tau\tau$ events

$\sim 53 \text{ keVts}$ **lep-had** channel

$Z \rightarrow \tau\tau$ (lh) channel important in early data

- to get a control sample of taus
- to measure the τ energy scale (from visible mass analysis) and τ Identification efficiency
- to determine the MET scale (from invariant mass analysis)
- to calculate $Z \rightarrow \tau\tau$ cross-section

ZToTwoTaus package in svn (W/Z Benchmark package)

\$SVNOFF/PhysicsAnalysis/StandardModelPhys/WZBenchmarks/ZToTwoTaus

common $Z \rightarrow \tau\tau$ analysis for many users

- can use Athena tools
- contains also systematics calculation tool, trigger weighting tool, factorization tool
- can use efficiencies from $Z \rightarrow ll$, common tools for luminosity calculation

Analysis cuts - lepton selection

Muons (StacoMuonCollection)

- $P_t > 10 \text{ GeV}$, $|\eta| < 2.5$, $|Q| = 1$
- bestMatch, isHighPt, isCombinedMuon
- $\chi^2_{\text{match}} / \text{DOF} < 8$

Electrons

- $P_t > 10 \text{ GeV}$, $|\eta| < 2.5$, $|Q| = 1$
- isEM = Tight

Visible Mass analysis:

- lepton thresholds increased to $P_t > 15 \text{ GeV}$ and $P_t < 40 \text{ GeV}$

Isolation → Optimized for high rejection of QCD

Electron:

Normalized Etcone: $E_T (dR < 0.3) / P_T(\text{electron}) < 0.12$

Nucone: # tracks ($P_t > 1 \text{ GeV}$, $dR < 0.4$) = 1

Muon:

Normalized Etcone: $E_T (dR < 0.4) / P_T(\text{muon}) < 0.1$

Nucone: # tracks ($P_t > 1 \text{ GeV}$, $dR < 0.4$) = 1

Choose unique lepton candidate: use highest P_T

Lepton Trigger

EF_e10_medium, EF_e15_medium, EF_mu10, EF_mu15, EF_mu20

Analysis cuts - tau selection

- $P_t > 15 \text{ GeV}$, $|\eta| < 2.5$
- ElectronVeto and MuonVeto
- Tau Identification:
 - Visible mass analysis (first data) $\rightarrow$ SafeTauID variables
 - Invariant mass analysis (100 pb^{-1}) $\rightarrow$ Likelihood medium
 - 25 % higher selection efficiency
 - higher QCD rejection

Safe Tau ID

- only use early understood variables
- cut-based ID
- calorimeter and tracker variables
- eff 30% (tight), 50% (medium), 70% (loose) efficiency
- <http://cdsweb.cern.ch/record/1215570>

Tau Likelihood ID

- Likelihood based
- several track and calorimeter variables
- eff 30% (tight), 50% (medium), 70% (loose) efficiency
- ATL-PHYS-INT-2008-037

in events/ pb^{-1}	$Z \rightarrow \tau\tau$ tight tau	$Z \rightarrow \tau\tau$ llh tau	QCD tight tau	QCD llh tau
HasTauJet	15.1	20.0	84.4	27.8

QCD background

Too low statistics of QCD full simulated events

1) **use: Atlfast 2 and full simulation lepton filtered samples**

Atlfast 2 samples have no trigger information → electron/muon candidate is weighted by the trigger efficiency obtained from full simulation

2) **Isolation factorization:**

- each loosely isolated lepton is treated as isolated candidate

muon loose isolation: $etcone40 < 0.2$, $nucone40 < 3$

electron loose isolation: $etcone30 < 0.2$, $nucone40 < 3$

- weighted by the fake rate, function of lepton P_T
- no/low correlations to other cuts

3) **Tau factorization:**

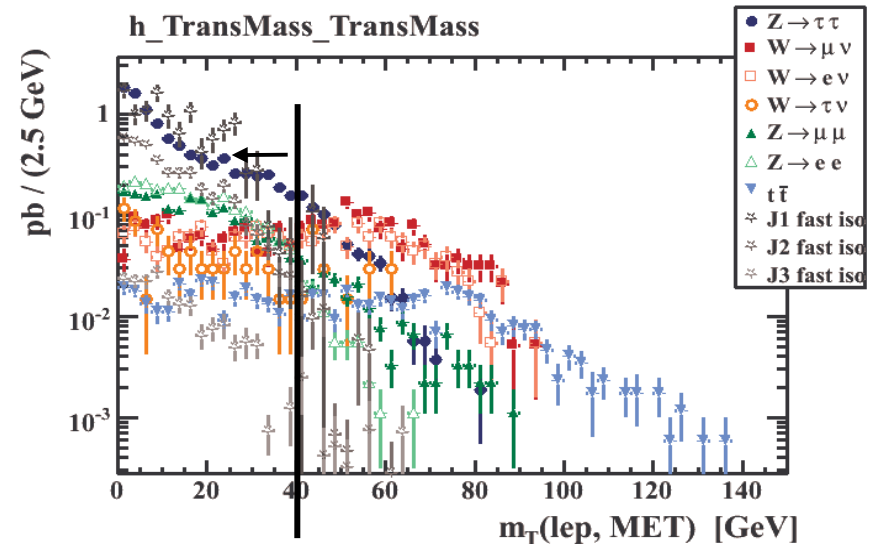
- function of tau E_T and n-prong,
- loop over tau candidates: each tau candidate is treated as a valid candidate,
- weighted by the fake rate

Fake rates implemented in the package

Further analysis cuts

Further cuts

- $\cos(\Delta\phi_{\text{lep}}) + \cos(\Delta\phi_{\text{tau}}) > -0.15$
- $M_T(\text{lep}, \text{MET}) < 50 \text{ GeV}$ ← Against W
- unit charge and 1/3-prong taus
- Visible mass: $25 < m_{\text{vis}}(\text{GeV}) < 85$
- tau required to be opposite sign with respect to the lepton (OS)



Visible mass and invariant mass analyses differ only in few cuts

Visible mass:

- dilepton veto
- max lepton $p_T < 40 \text{ GeV}$

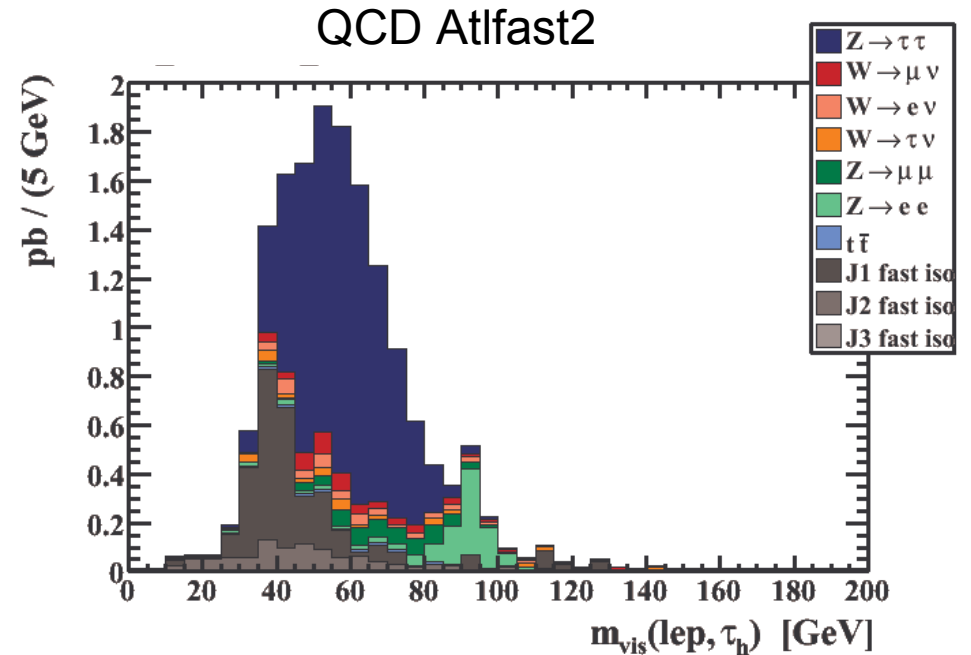
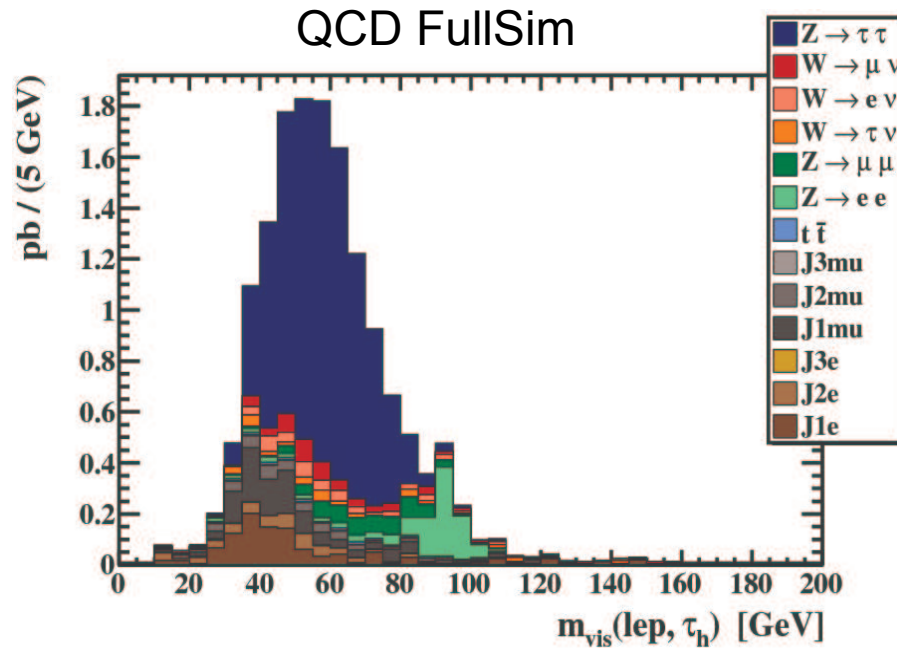
← Against Zll

Invariant mass:

- collinear approximation
- $\Delta\phi(\text{lep}, \text{tau}) < 2.9$ (2.8)
- $\text{MET} > 20 \text{ GeV}$ ← Against QCD & Zll
- mass window: 60-150 GeV
- fit range for scale: 65-115 GeV

Visible mass distribution

Visible mass distribution for OS events



Signal: 8.9 ± 0.1 evts/pb⁻¹ → Analysis Acceptance 0.8%

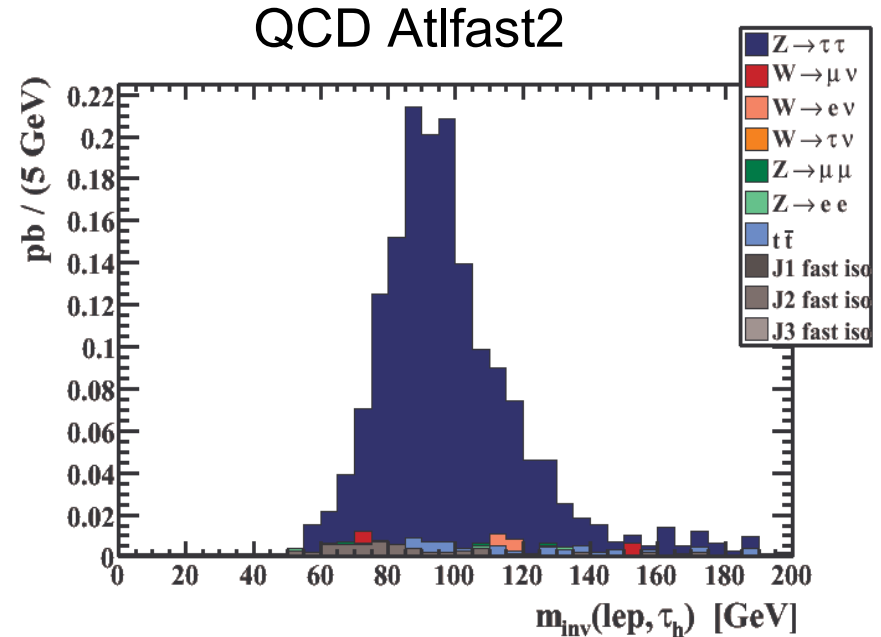
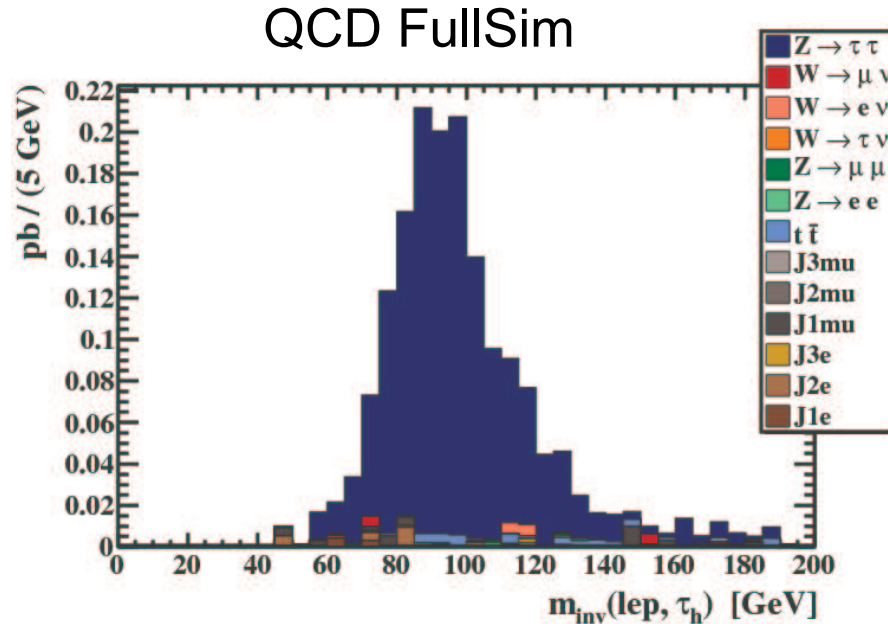
All backgrounds: 5.2 ± 0.7 evts/pb⁻¹

- FullSim QCD: 2.7 ± 0.3 evts/pb⁻¹
 - Atlfast2: 3.2 ± 0.5 evts/pb⁻¹
 - Other Bkg: 1.97 ± 0.17 evts/pb⁻¹
- } good agreement

→ S/B = 1.7 ± 0.2

Invariant mass distribution

Invariant mass distribution for OS events with Tau ID likelihood



Signal: 1.48 ± 0.051 evts/pb⁻¹ → Analysis Acceptance 0.13%

All backgrounds: 0.12 ± 0.03 evts/pb⁻¹

- FullSim QCD: 0.062 ± 0.027 evts/pb⁻¹
 - Atlfast2: 0.053 ± 0.010 evts/pb⁻¹
 - Other Bkg: 0.061 ± 0.014 evts/pb⁻¹
- } good agreement

→ S/B = 12.3 ± 3.1

Conclusioni

Le analisi W e Z (EWPA, benchmark e $\tau\tau$) sono ormai in uno stadio avanzato pronte per girare sui dati. Ci rimane da aspettare e chiederci ...



A quando
i primi 10
pb-1?