

PRODUZIONE DI COPPIE WW E RICERCA DEL BOSONE DI HIGGS

Daria Santone

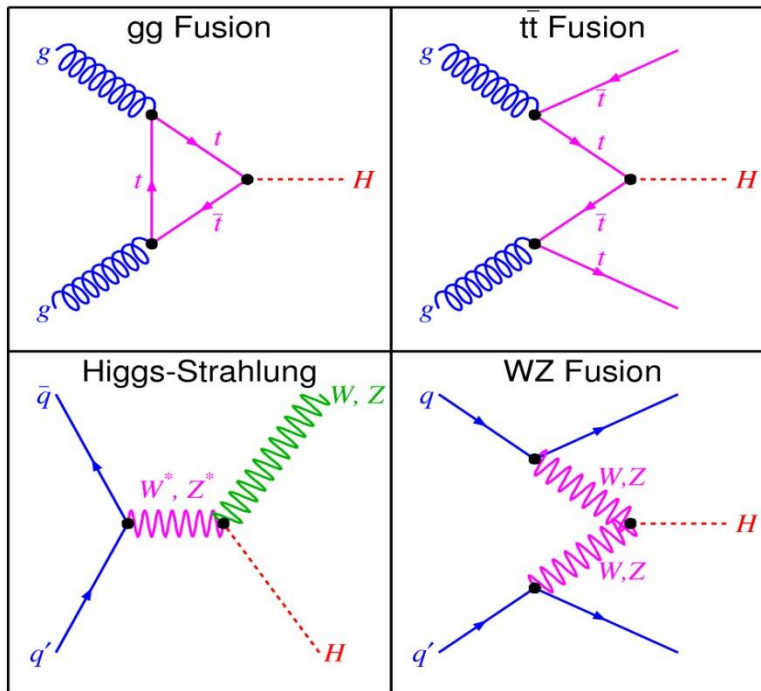
TUTOR: Dr. Marco Rescigno

IL BOSONE DI HIGGS

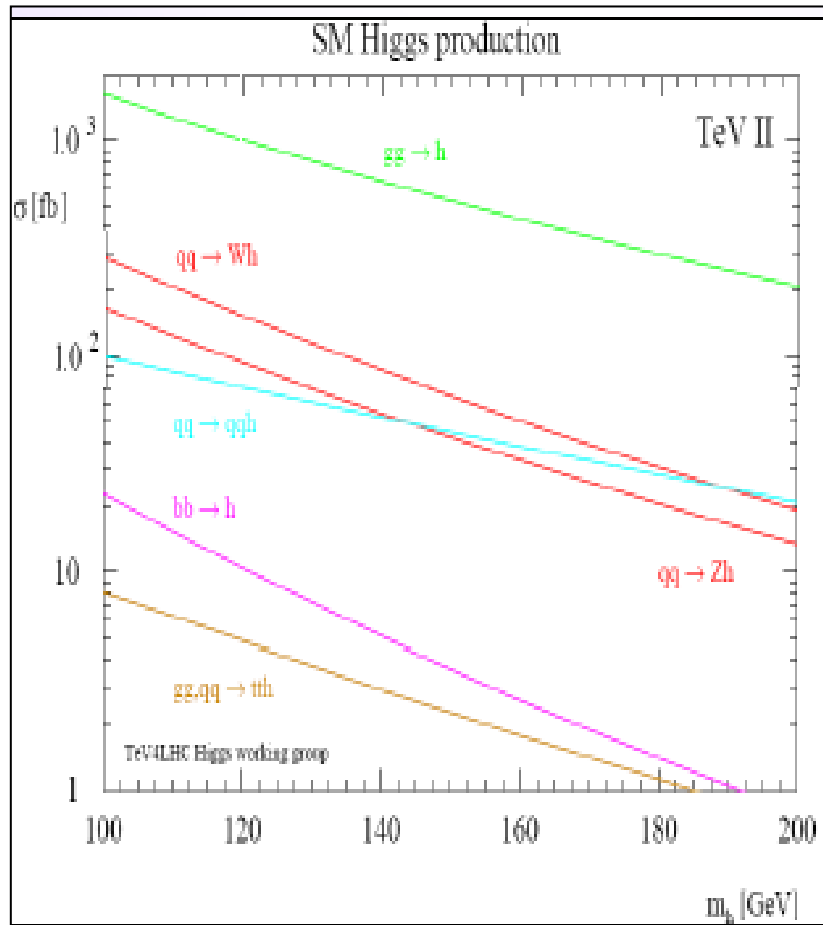
- Teorizzata da Peter Higgs nel 1964.
- Il bosone di Higgs è la particella fondamentale prevista dal modello standard ancora non scoperta.
- Interagendo con il bosone di Higgs le particelle acquistano massa.

PRODUZIONE DELL'HIGGS

- Processi di produzione in collisioni adroniche



Sezione d'urto predette per i meccanismi di produzione precedentemente analizzati.

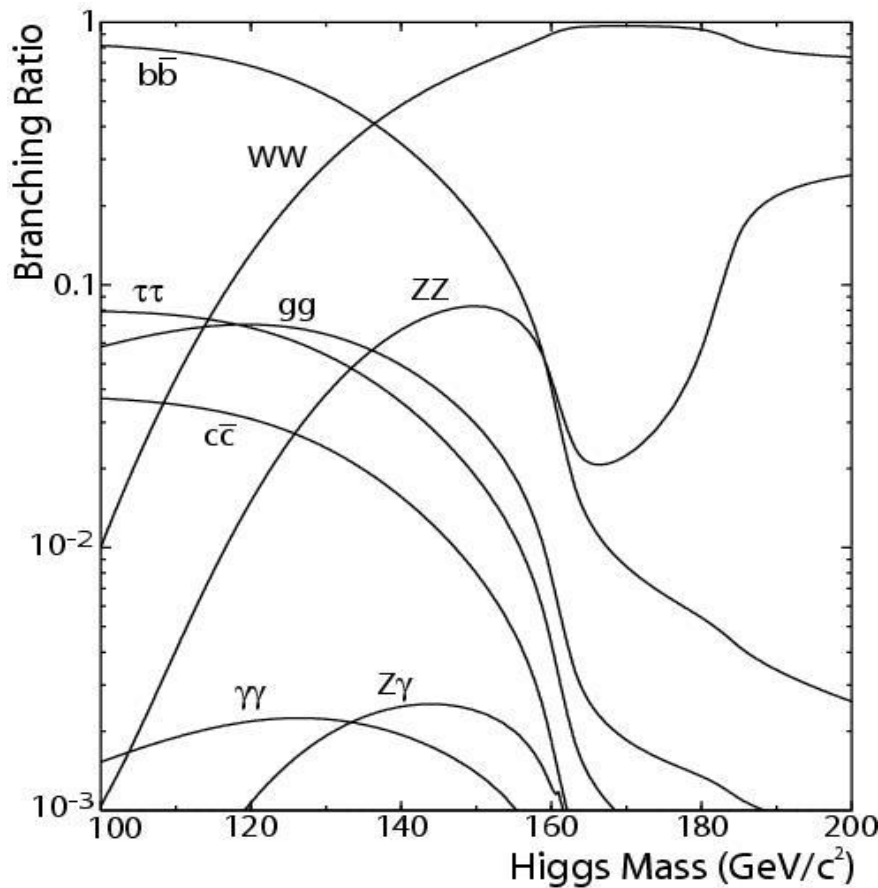


I processi più probabili sono:

- *“gluon fusion”*: due gluoni del protone e dell’antiprotone interagiscono per produrre un Higgs.
- *“Higgs-Strahlung”*: produzione associata di un Higgs con un W o Z.

DECADIMENTI DELL'HIGGS

- decadimenti in funzione della massa dell'Higgs.



$$M_H < 135 \text{ GeV}/c^2$$



canale di decadimento



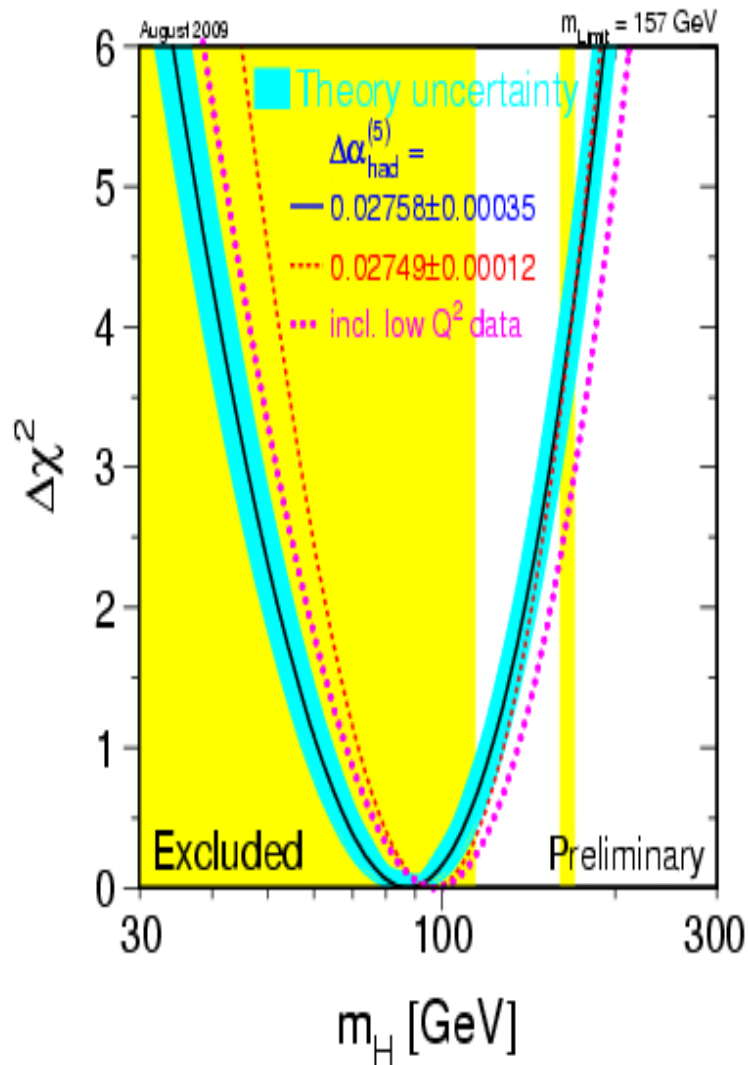
$$M_H > 135 \text{ GeV}/c^2$$



canale di decadimento



VINCOLI SULLA MASSA



Dalle misure fatte al LEP si è posto un limite sperimentale alla massa del bosone di Higgs:

la zona gialla rappresenta i valori di massa proibiti per trovare Higgs, mentre il valore minimo, situato intorno a 100 GeV/c², è il valore più probabile per la massa dell'Higgs in accordo con il modello standard.

Dalla teoria elettrodebole si è posto un limite superiore alla massa dell'Higgs pari a 157 GeV, che poi questo limite è aumentato con le ricerche di LEP-2 a 187 GeV.

MISURE TEVATRON

Misure effettuate al Tevatron nell'esperimenti CDF e D0 in collisioni adroniche con $\sqrt{s}=1.96$ TeV :

- Misura sezione d'urto $\sigma(pp \rightarrow WW)$ nel canale di decadimento leptonic con $L=3.6 \text{ fb}^{-1}$:

$$WW \rightarrow l^+ l^- \nu \bar{\nu}$$

questo canale rappresenta un buon fondo per la ricerca dell'Higgs di alta massa.

- Ricerca dell'Higg di alta massa nel canale :

$$gg \rightarrow H \rightarrow WW \rightarrow l^+ l^- \nu \bar{\nu}$$

con una luminosità integrata $L=5.3 \text{ fb}^{-1}$.

$$WW \rightarrow l^+ l^- \nu \nu$$

SEGNALE

- Due leptoni carichi di segno opposto con alto P_T :

$$l=e,\mu$$

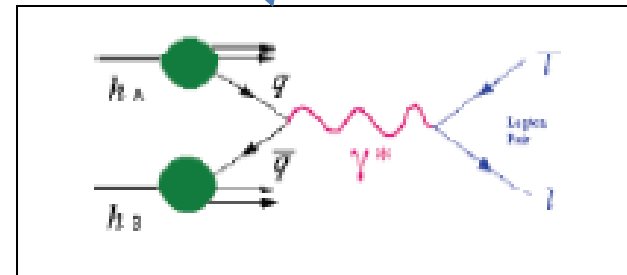
con i possibili stati finali:

$$e^+e^-, \mu^+\mu^-, e^\pm \mu^\pm$$

- Missing transverse energy \cancel{E}_T attribuita ai neutrini.

FONDO

- Drell-Yan ($Z/\gamma^* \rightarrow e^+e^-, \mu^+\mu^-$)
- WZ
- W γ
- W + jet



STIMA FONDO

Stima dei fondi con le simulazioni montercarlo

CDF Run II Preliminary $\int \mathcal{L} = 3.6 \text{ fb}^{-1}$

Process	Events	
Z/γ^*	79.8 ± 18.4	
WZ	13.8 ± 1.9	
$W\gamma$	91.7 ± 24.8	
W +jets	112.7 ± 31.2	
ZZ	20.7 ± 2.8	
$t\bar{t}$	1.3 ± 0.2	
Total Background	320.1 ± 46.8	
WW	317.6 ± 53.8	
Signal+Background	637.6 ± 79.4	
Data	654	

W+ JET  **Fake lepton**

(confondere un leptone con un jet)

Stima del rate di fake lepton data dal rapporto :

$$N_l/N_d = 10^{-3}, 10^{-4}$$

Con:

- N_l è il numero di leptoni identificati,
- N_d è il numero di fake lepton confusi con i jet con : $\left\{ \begin{array}{l} E_T > 20 \text{ GeV (per e)} \\ P_T > 20 \text{ GeV/c (per } \mu) \end{array} \right.$

REGIONE DEL SEGNALE

- Selezione eventi:
 - per elettroni $E_T > 20$ GeV, per i muoni $P_T > 20$ GeV/c (selezione di trigger),
 - il secondo leptone deve avere $E_T > 10$ GeV per elettroni e $P_T > 10$ GeV/c per muoni (per migliorare l'accettazione sull'energia cinetica)

- Per ridurre i fondi:

1) Selezione di eventi che soddisfano

$$M_{ll} > 16 \text{ GeV}$$

per ridurre i fondi WZ, W γ .

2) Eventi senza jet

3) Per ridurre il fondo dovuto a Drell-Yan si richiede che $\cancel{E}_{T\text{spec}} > 25$ GeV per gli eventi e^+e^- , $\mu^+\mu^-$ mentre $\cancel{E}_{T\text{spec}} > 15$ GeV per gli eventi $e^\pm \mu^\pm$

dove si definisce $\cancel{E}_{T\text{spec}}$:

$$\cancel{E}_{T\text{spec}} = \begin{cases} \cancel{E}_T & \text{if } \Delta\phi(\cancel{E}_T, \text{lepton}, \text{jet}) > \pi/2 \\ \cancel{E}_T \sin(\Delta\phi(\cancel{E}_T, \text{lepton}, \text{jet})) & \text{if } \Delta\phi(\cancel{E}_T, \text{lepton}, \text{jet}) < \pi/2 \end{cases}$$

MISURA $\sigma(pp \rightarrow WW)$

- Definire la densità di probabilità di avere un leptone secondo i vari processi di produzione:

$$P_{\underline{m}}(x_{obs}) = \frac{1}{\langle \sigma_m \rangle} \int \frac{d\sigma_m(y)}{dy} \varepsilon(y) G(x_{obs}, y) dy$$

dove m indica il processo di produzione dei leptoni, x_{obs} rappresenta i leptoni.

- Definire likelihood ratio discriminant

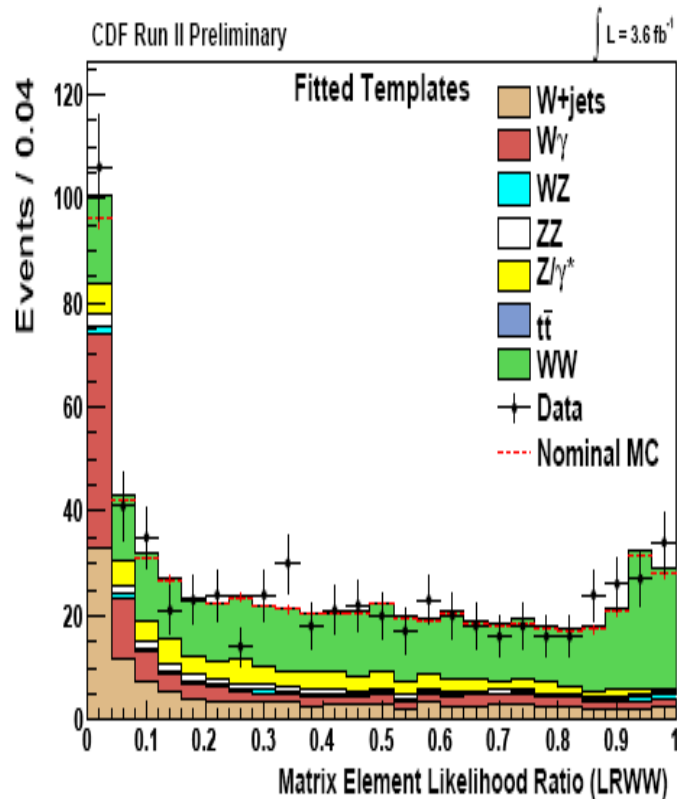
$$LR_S(x_{obs}) = \frac{P_S(x_{obs})}{P_S(x_{obs}) + \sum_i k_i P_i(x_{obs})}$$

→ 1 (se solo segnale)

→ 0 (se solo fondo)

dove S è il segnale e k_i è la frazione aspettata per ogni fondo.

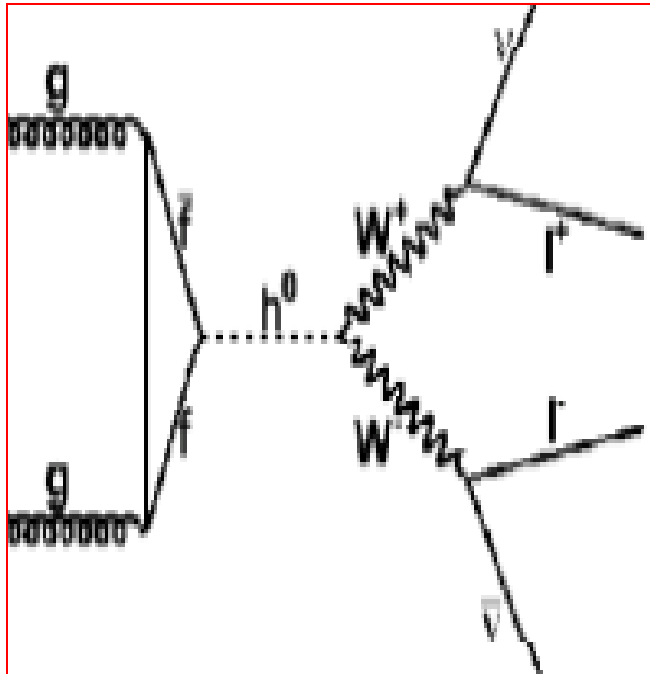
Fit di segnale e rumore usando la LR_{WW}



- La sezione d'urto di produzione WW misurata nel canale di decadimento leptonic è data da:
 $\sigma(pp \rightarrow WW) = 12.1 \pm 1.8 \text{ pb.}$
- in accordo con le previsione teoriche
 $\sigma(pp \rightarrow WW) = 11.66 \pm 0.70 \text{ pb}$

RICERCA DELL'HIGGS

$$gg \rightarrow H \rightarrow WW \rightarrow l^+ l^- \nu \bar{\nu}$$



- Segnale dato da due leptoni carichi di segno opposto ($l^\pm = e^\pm, \mu^\pm, e^\pm \mu^\pm$) e neutrini. La differenza dal caso precedente è che per ogni stato finale si considerano eventi a 0-jet, 1-jet o più jet.
- Fondi: quelli analizzati precedentemente.

Stima dei fondi con il metodo montercarlo nel caso di eventi nello stato finale a 0-jet e 1-jet

CDF Run II Preliminary $\int \mathcal{L} = 5.3 \text{ fb}^{-1}$
 $M_H = 165 \text{ GeV}/c^2$

$t\bar{t}$	2.32	±	0.93
DY	156	±	52
WW	508	±	57
WZ	22.8	±	3.7
ZZ	34.2	±	5.0
W +jets	196	±	45
$W\gamma$	142	±	23
Total Background	1060	±	110
$gg \rightarrow H$	15.1	±	2.3
WH	0.364	±	0.072
ZH	0.373	±	0.055
VBF	0.126	±	0.029
Total Signal	16.0	±	2.4
Data	1107		

OS 0 Jets

O-JET

CDF Run II Preliminary $\int \mathcal{L} = 5.3 \text{ fb}^{-1}$
 $M_H = 165 \text{ GeV}/c^2$

$t\bar{t}$	56	±	13
DY	162	±	39
WW	139	±	18
WZ	22.6	±	3.1
ZZ	9.2	±	1.4
W +jets	76	±	18
$W\gamma$	23.1	±	4.8
Total Background	487	±	64
$gg \rightarrow H$	7.1	±	1.9
WH	1.01	±	0.18
ZH	0.392	±	0.064
VBF	0.66	±	0.12
Total Signal	9.2	±	2.0
Data	472		

OS 1 Jet

1-JET

SEGNALE(1)

Analogie e differenze con il canale $WW \rightarrow l^+l^- \nu\nu$

ANALOGIE

- Stesso trigger ($E_T > 20$ GeV per elettroni, $P_T > 20$ GeV/c²).
- Stessa selezione per il secondo leptone $E_T > 10$ GeV per elettroni e $P_T > 10$ GeV/c per muoni .
- Richiesta $\cancel{E}_{T\text{spec}} > 25$ GeV per gli eventi e^+e^- , $\mu^+\mu^-$ mentre $\cancel{E}_{T\text{spec}} > 15$ GeV per gli eventi $e^\pm \mu^\pm$ per ridurre il fondo Drell-Yang.
- $M_{ll} > 16$ GeV.

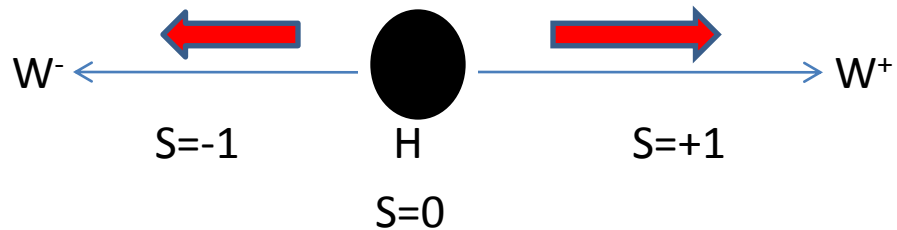
DIFFERENZE

- Dividere gli eventi dello stato finale con 0-jet, 1-jet, 2 o più jet con la richiesta che l'energia totale dello stato finale con un jet debba soddisfare $E_T > 15$ GeV.
- Per gli eventi a 0 e 1-jet si considerano gli con eventi con alto e basso S/B dove nel caso di basso S/B i fondi prevalenti sono quelli dovuti a $W\gamma$ e W +jet.
- I leptoni non sono emessi back-to-back ma nella stessa direzione per la conservazione dello spin totale.

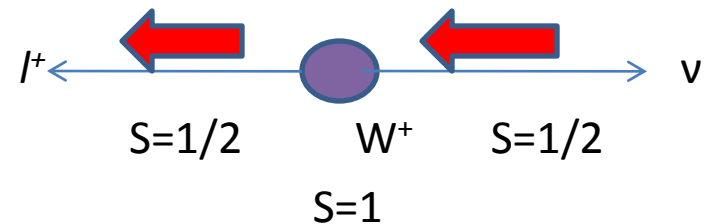
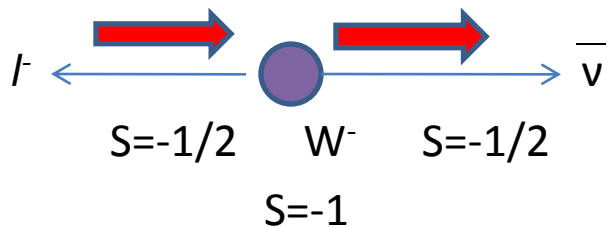
SEGNALE(2)

Correlazione tra gli spin

- Il bosone di Higgs ha spin nullo $S=0$ quindi nel decadimento $H \rightarrow WW$ i due W avranno spin opposto :



- Nel decadimento dei due W in leptone neutrino, i due leptoni saranno emessi nella stessa direzione affinché lo spin totale sia zero e che abbiamo elicità opposta trattandosi di particella e antiparticella.



sapendo anche dalla teoria V-A che il W si accoppia solo con fermioni di elicità negativa e antifermione con elicità positiva.

ANALISI DEL SEGNALE

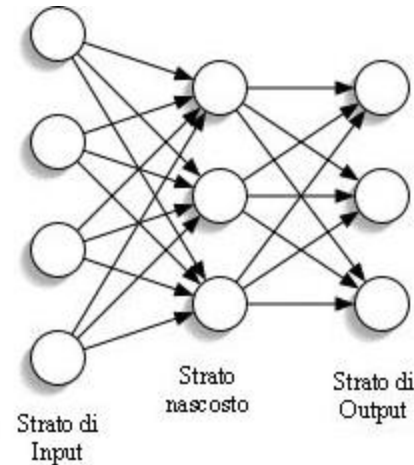
1. Distinguere i diversi eventi di segnale(0-jet, ecc..)
2. Definire una rete neurale per distinguere il segnale dal fondo con una combinazione pesata di eventi di segnale ed eventi di fondo.

RETE NEURALE

Le reti neurali sono modelli matematici che rappresentano l'interconnessione tra elementi chiamati neuroni artificiali.

Una rete neurale si divide in tre strati: i nodi di input, i nodi nascosti e i nodi di output.

I nodi di ogni strato sono collegati ai nodi di quelli successivi creando una connessione tra i parametri di entrata e uscita.



Nel caso che stiamo analizzando i parametri di input sono le grandezze cinematiche definite per ogni canale di segnale(eventi a 0-jet, ecc..).
Per ogni canale è stata effettuata una analisi con la rete neurale.

0-JET ANALYSIS

- Grandezze cinematiche:

$\Delta R, \Delta\phi, H_T (= E_T + \cancel{E}_T), M_{ll}, P_T$ (di entrambi i leptoni), LR_{HWW}, LR_{WW}



Dove:

1. Il ΔR e $\Delta\phi$ sono la distanza e la differenza angolare tra i due leptoni.
2. LR_{HWW}, LR_{WW} che sono le likelihood ratios calcolate per il segnale $H \rightarrow WW$ e il segnale WW .

$$LR_S(x_{obs}) = \frac{P_S(x_{obs})}{P_S(x_{obs}) + \sum_i k_i P_i(x_{obs})}$$

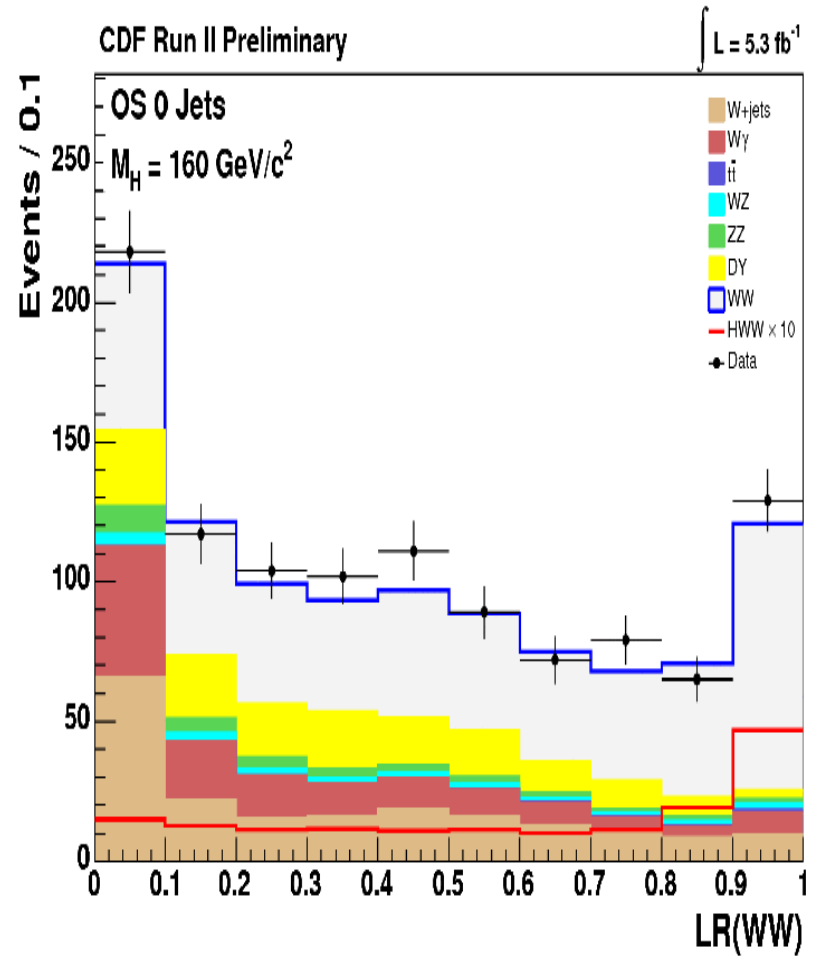
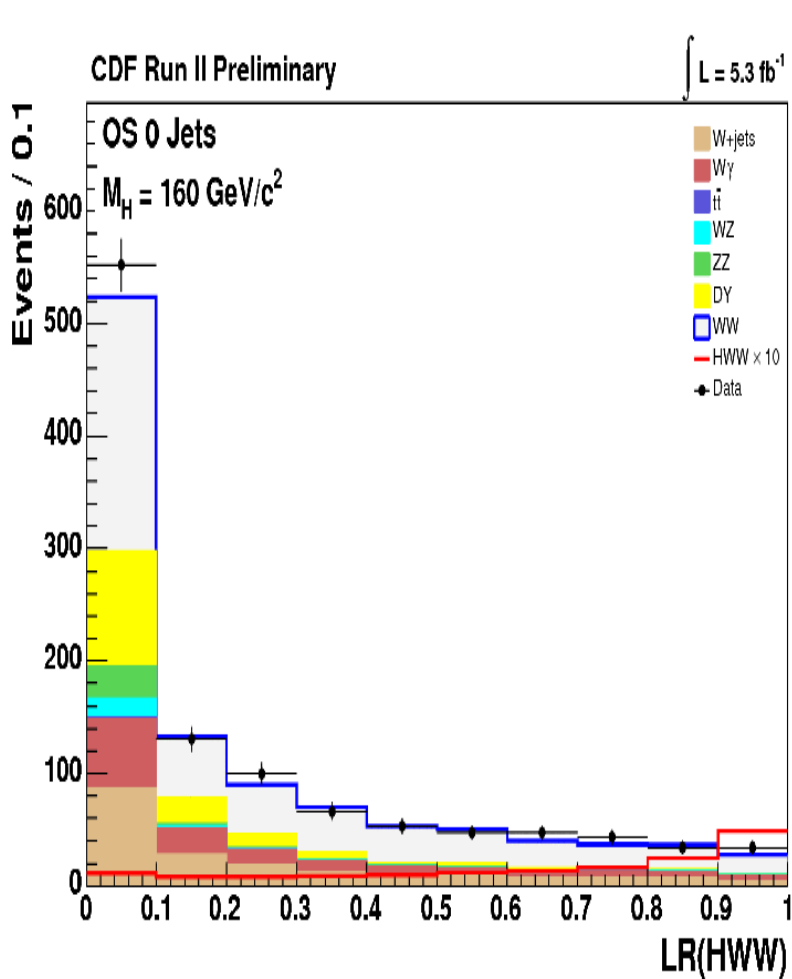
↙
↘

segnale

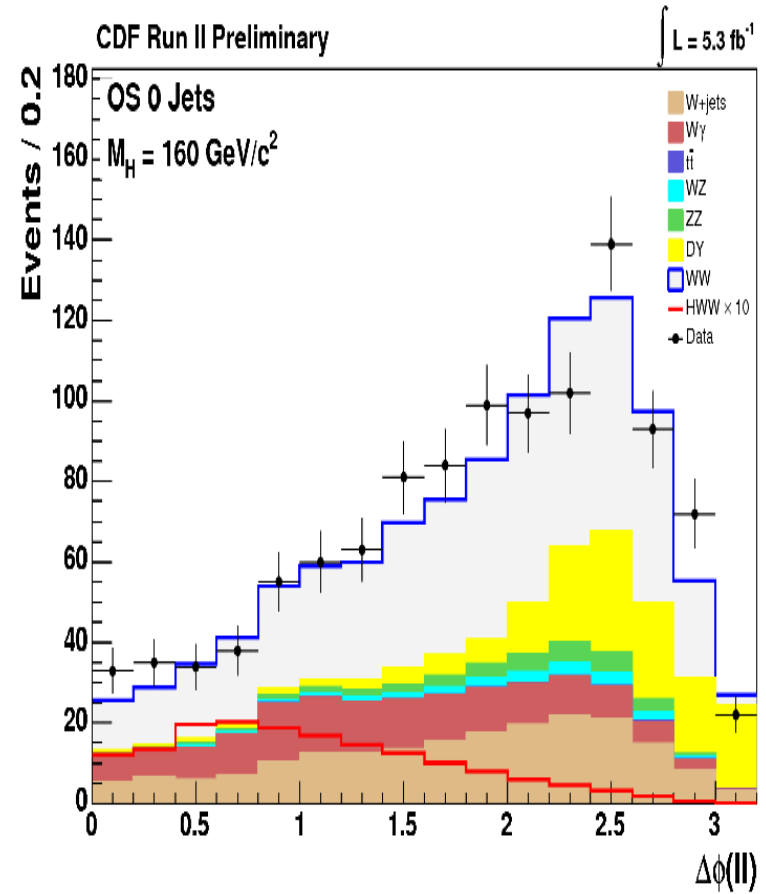
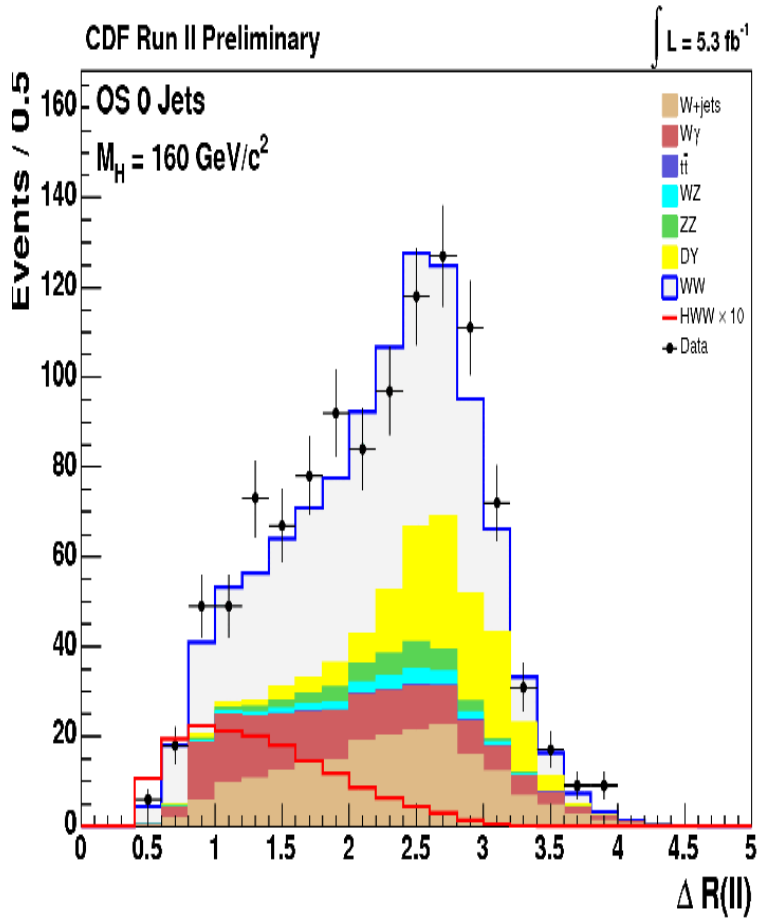
fondo

La $P(x_{obs})$ è quella già definita per la produzione WW .

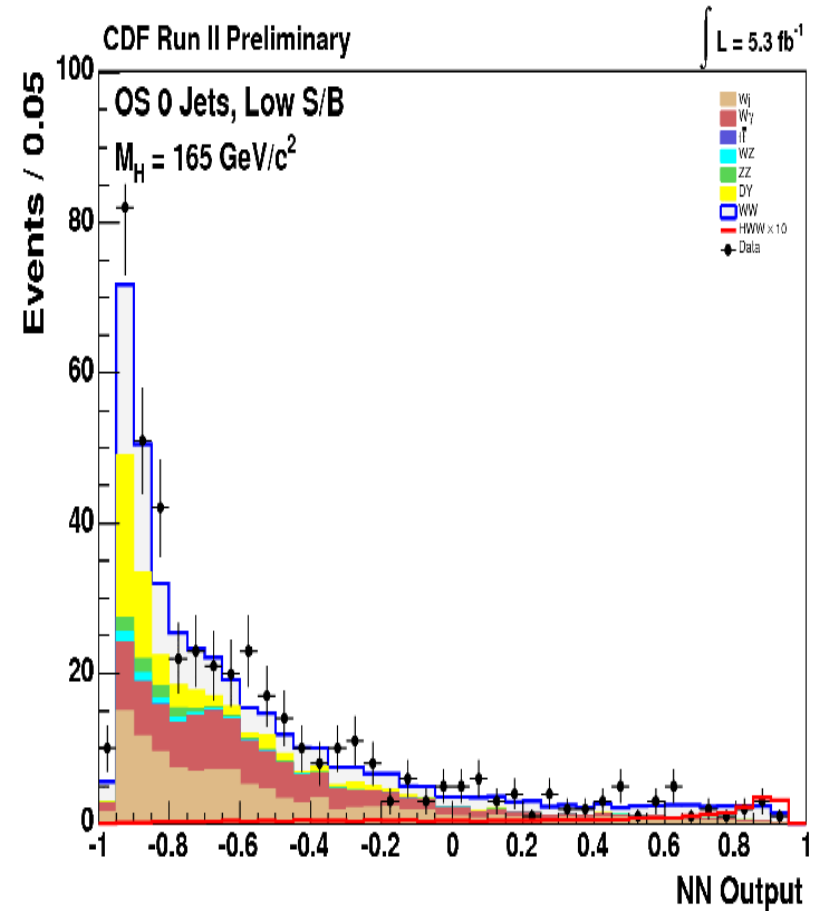
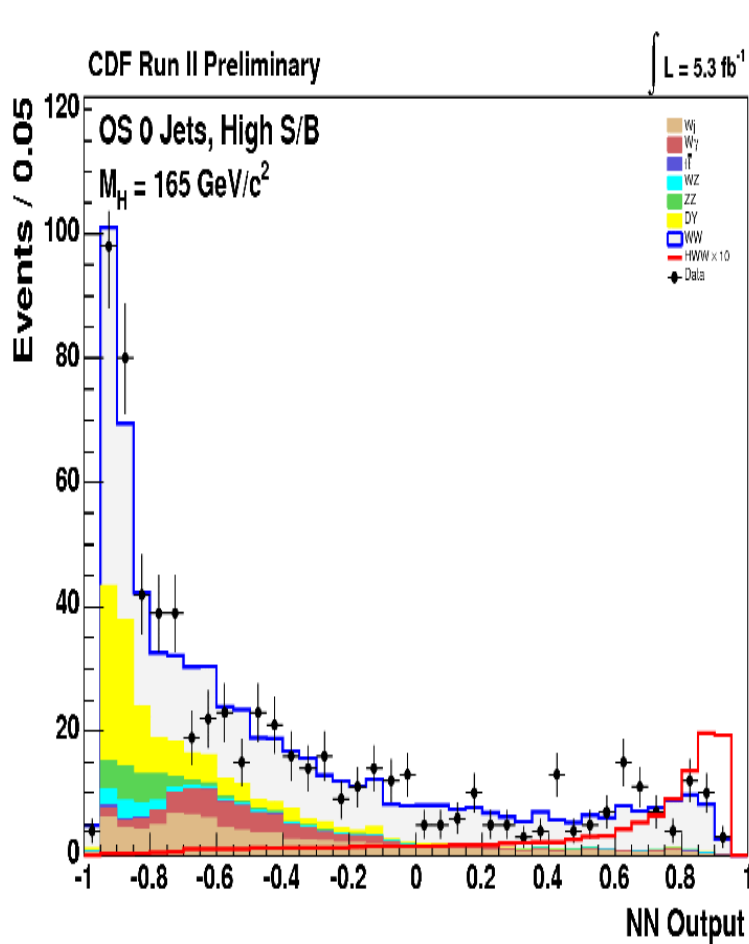
LIKEHOOD RATIO



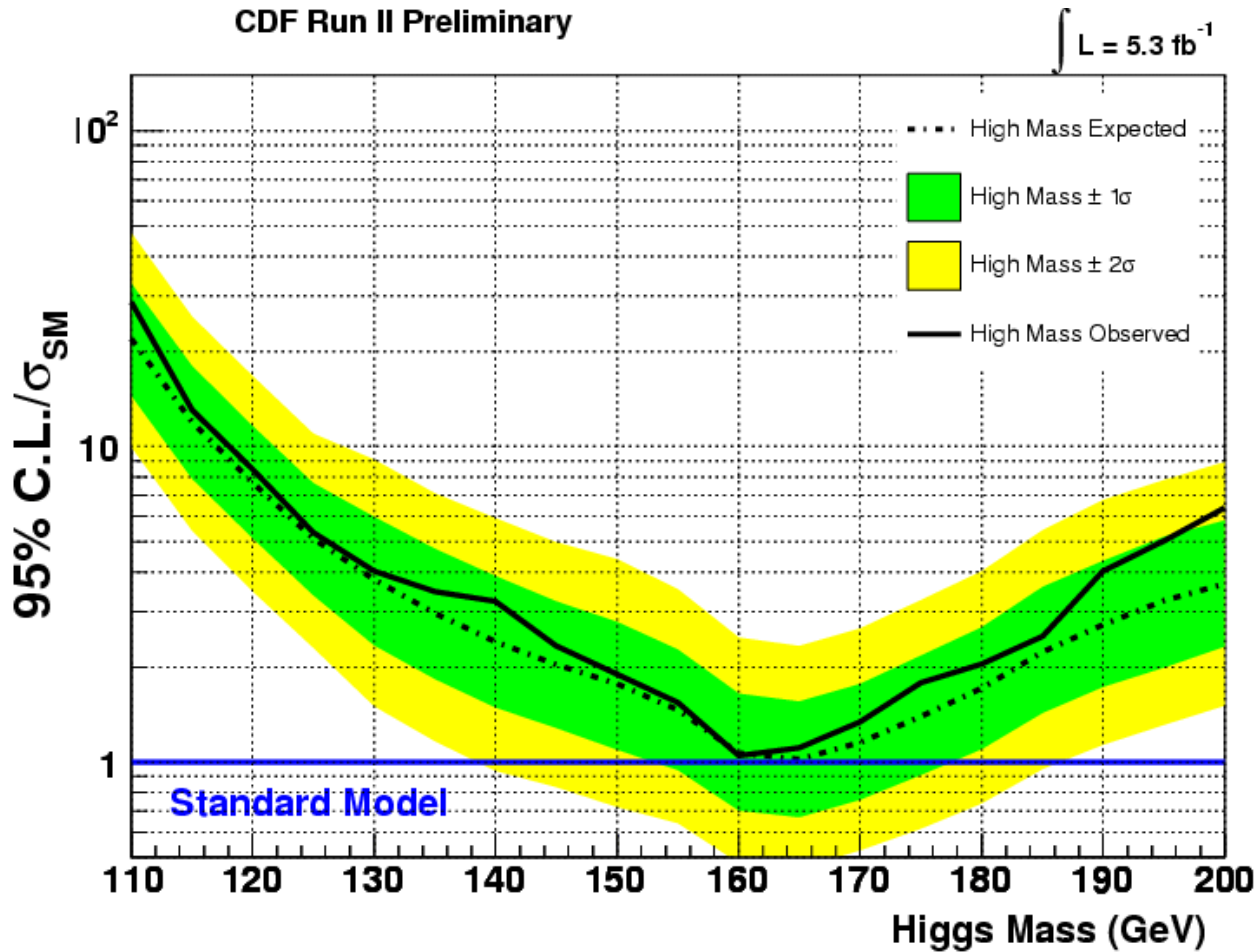
ΔR e $\Delta\phi$



RETE NEURALE PER ALTO E BASSO S/B

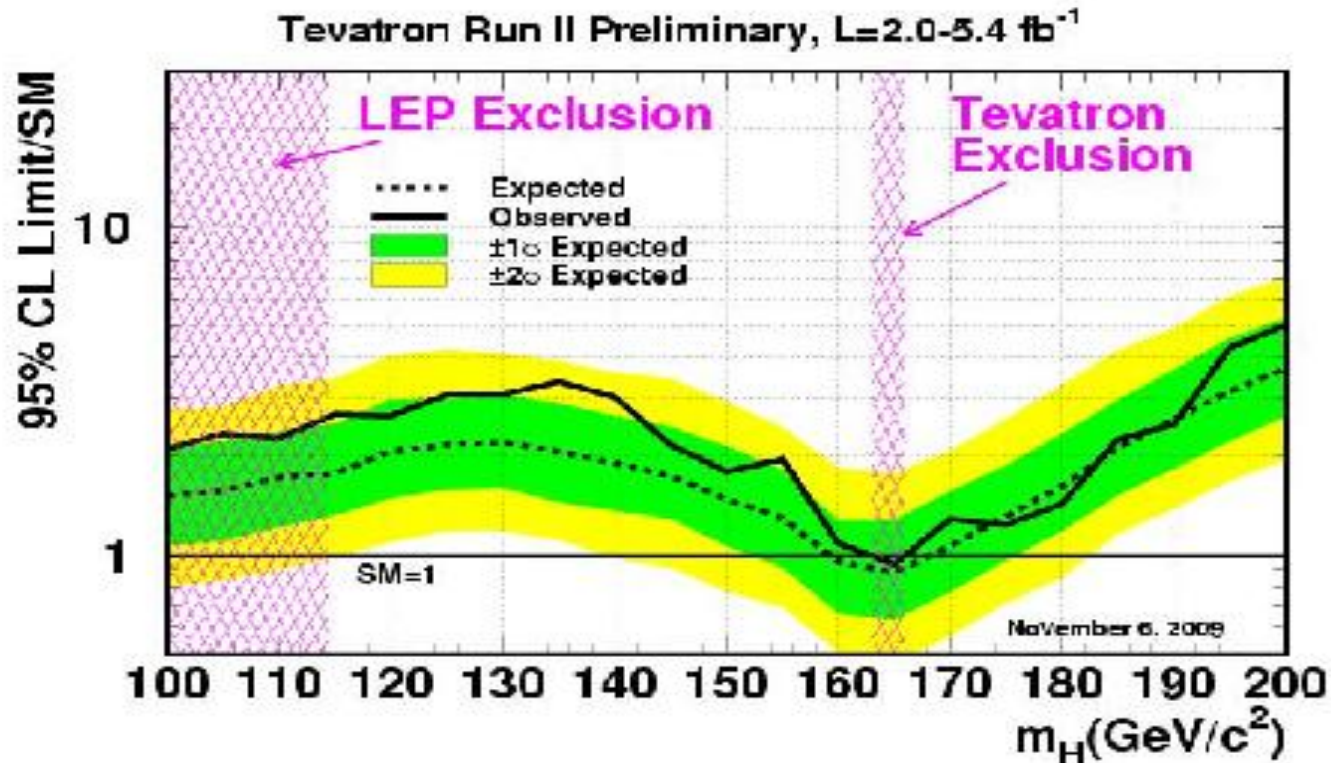


RISULTATO CDF



RISULTATO COMBINATO CDF E D0

(Physical review letter)



REGIONE ESCLUSA PER LA MASSA DELL'HIGGS AL 95% C.L:

$$163 < M_H < 166 \text{ GeV}/c^2$$