



# Decadimenti rari del mesone B alle B-factories

Diego Monorchio  
INFN Napoli

Incontri di Fisica delle Alte Energie

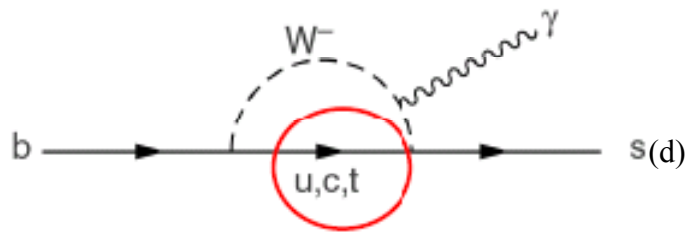
Napoli 11-13 Aprile 2007

# Sommario

---

- Decadimenti radiativi:
  - $b \rightarrow s\gamma$ 
    - misure inclusive di BR
    - Asimmetria CP dipendente dal tempo
  - $b \rightarrow d\gamma$ 
    - Misure esclusive  $B \rightarrow \rho\gamma$ ,  $B \rightarrow \omega\gamma$
    - Estrazione di  $|V_{td}/V_{ts}|$
- Decadimenti leptonici
  - $B \rightarrow \tau\nu$
  - $B \rightarrow e/\mu \nu$
- Decadimenti semileptonici
  - $B \rightarrow K^{(*)}l$
  - $B \rightarrow \pi l$

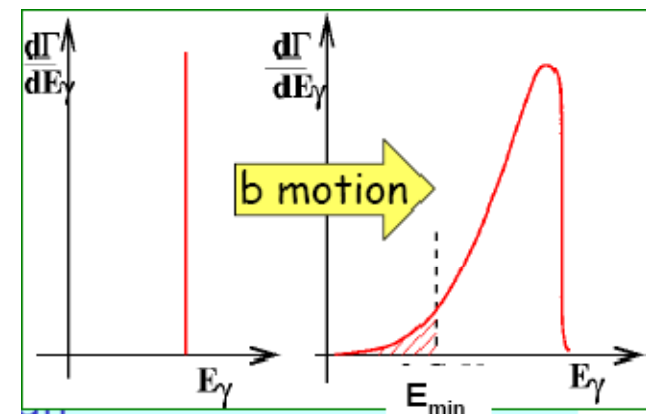
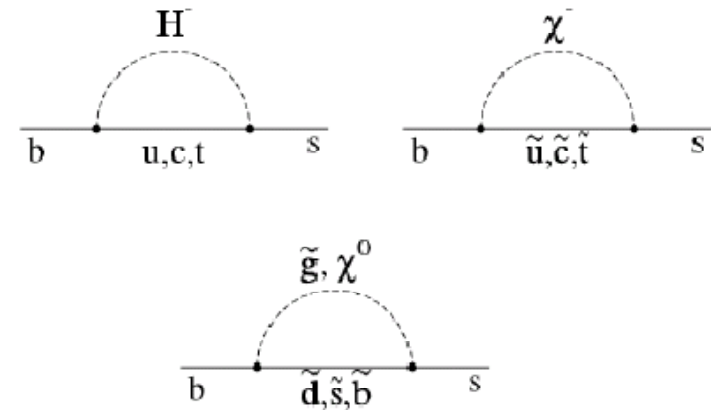
# Decadimenti radiativi del B



Processi Flavor Changing Neutral Current

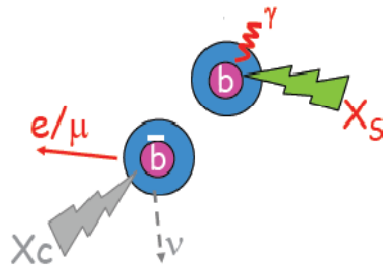
Dominati dal diagramma a “pinguino”

- Sensibili a Fisica oltre il Modello Standard
  - Nuove particelle pesanti (Higgs carico, SUSY) possono partecipare al loop.
  - Nuova Fisica → innalzamento dei Branching Ratios e/o delle asimmetrie CP (dirette o time dependent).
  - Possibilità di discriminare tra le possibili estensioni del Modello Standard.
  
- Lo spettro del fotone emesso non è sensibile a Nuova Fisica
  - Utilizzato per determinare i parametri della Heavy Quark Expansion che descrivono lo stato cinematico del quark b all'interno del mesone.
  - Riduce l'incertezza teorica su  $|V_{ub}|$



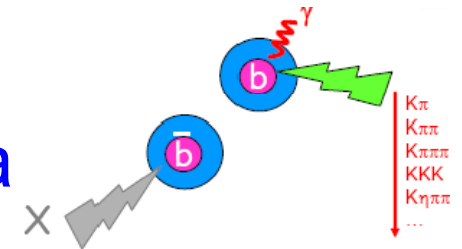
# $b \rightarrow s \gamma$ : tecniche sperimentali

## Analisi inclusiva

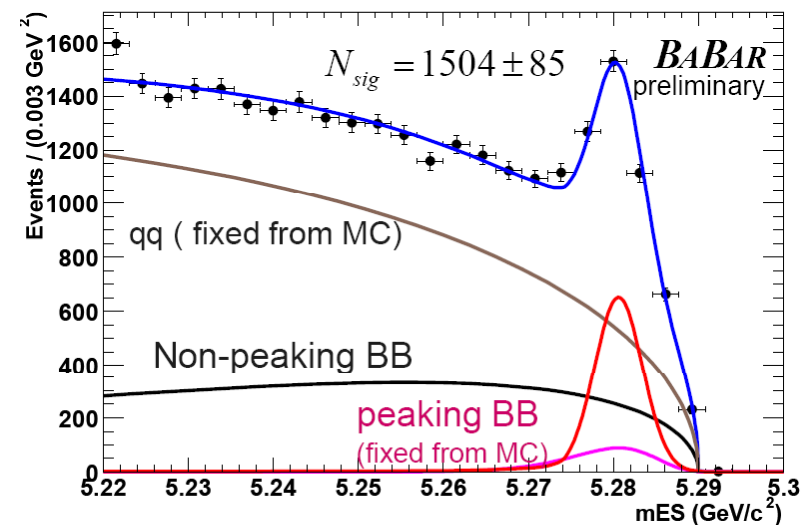
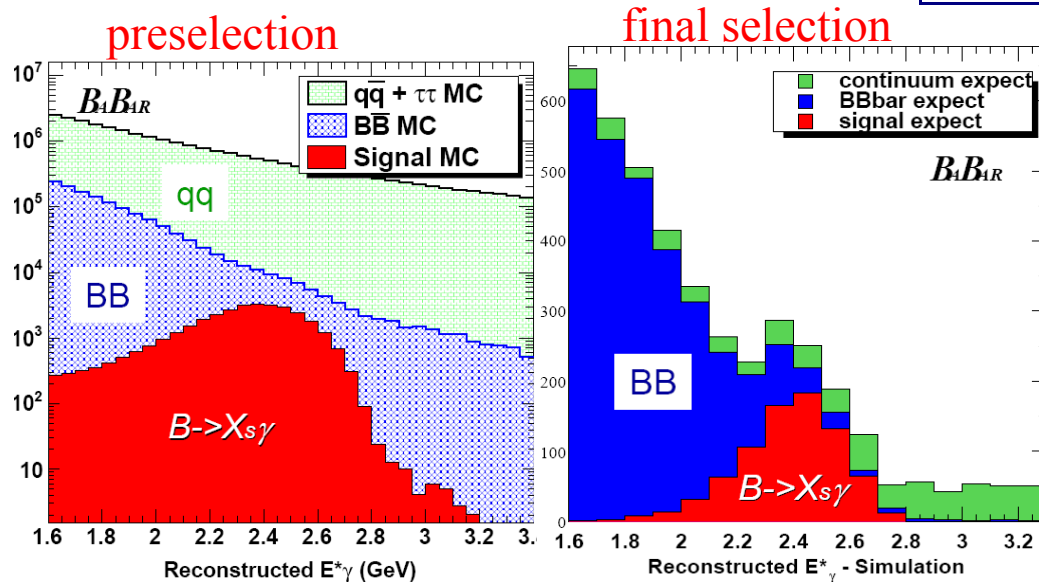


- Ricostruito un fotone di alta energia (1.8-2.8 GeV)
- Rimozione del fondo da continuo tramite identificazione di un leptone proveniente dall'altro B
- Principale sistematica dalla sottrazione del fondo da eventi BB

## Analisi semi-inclusiva



- 38 canali di decadimento ricostruiti
  - 55% del BR totale
- Vincoli cinematici dal B completamente ricostruito utilizzati per la soppressione del fondo
- Miglior risoluzione sull'energia del fotone
- Sistematica principale dai modi non ricostruiti



# $b \rightarrow s\gamma$ : risultati

BR  $\times 10^{-6}$  (estrapolato a  $E_\gamma > 1.6$  GeV)



$349 \pm 20$  (stat)  $^{+59}_{-46}$  (syst)  $^{+4}_{-3}$  (shape)  
 $392 \pm 31$  (stat)  $\pm 36$  (syst)  $\pm 30$  (th)  $\pm 4$  (shape)  $\pm 6$  ( $d\gamma$ )

semi-inclusiva 81.5 fb<sup>-1</sup>

inclusiva 81.5 fb<sup>-1</sup>



$369 \pm 58$  (stat)  $\pm 46$  (syst)  $^{+56}_{-60}$  (shape)  
 $350 \pm 32$  (stat)  $^{+30}_{-31}$  (syst)  $\pm 2$  (shape)  $\pm 2$  ( $d\gamma$ )

semi-inclusiva 5.8 fb<sup>-1</sup>

inclusiva 140 fb<sup>-1</sup>

Recenti calcoli al NNLO hanno ridotto il valore della predizione S.M.: [c.f. NLO prediction was  $(3.57 \pm 0.30) \times 10^{-4}$ ]

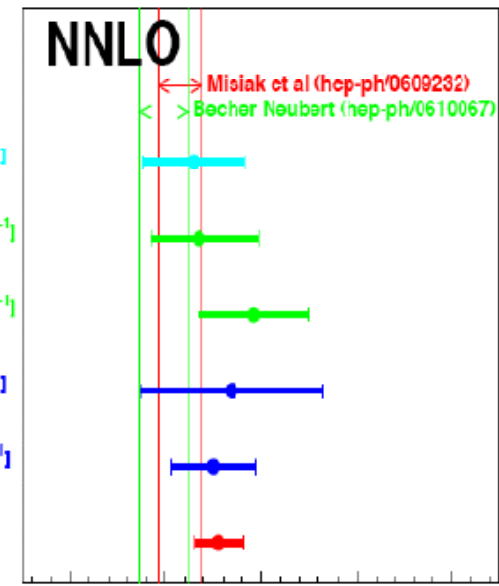
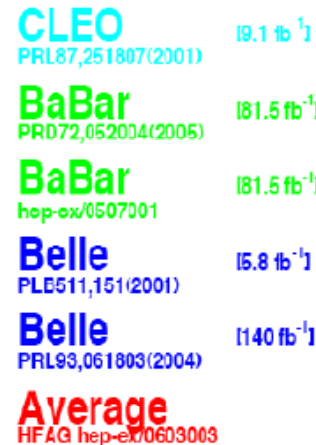
$$B(B \rightarrow Xs\gamma) = (3.15 \pm 0.23) \times 10^{-4} \text{ PRL 98, 022002}$$

$$B(B \rightarrow Xs\gamma) = (2.98 \pm 0.26) \times 10^{-4} \text{ PRL 98, 022003}$$

Media delle misure sperimentali

$$BR = (3.55 \pm 0.24_{\text{exp}} \pm 0.10_{\text{shape}} \pm 0.03_{d\gamma}) \times 10^{-4}$$

Misure con più statistica e minori incertezze sistematiche sono attese per verificare se questa differenza può essere attribuita a Nuova Fisica

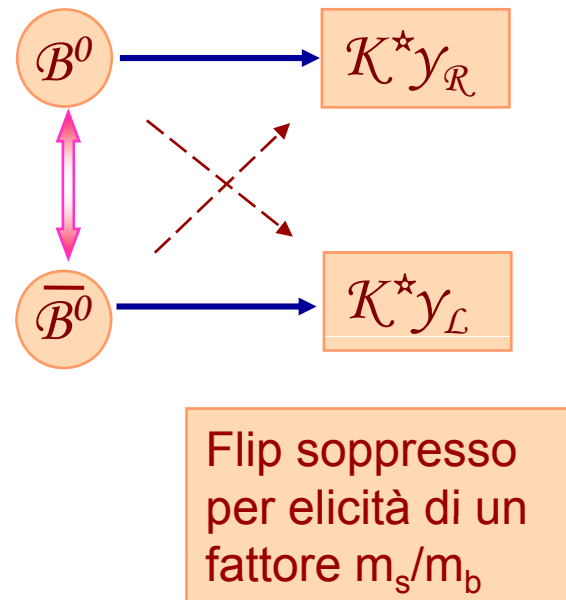


(from Nakao, CKM Workshop)  $BF(B \rightarrow X \gamma) \times 10^{-4}$

# $b \rightarrow s\gamma$ : time dependent CPV

- Nel Modello Standard:
 
$$A_{CP}(t) \equiv \frac{N(\bar{B}_{phys}^0(\Delta t) \rightarrow f_{CP}) - N(B_{phys}^0(\Delta t) \rightarrow f_{CP})}{N(\bar{B}_{phys}^0(\Delta t) \rightarrow f_{CP}) + N(B_{phys}^0(\Delta t) \rightarrow f_{CP})}$$

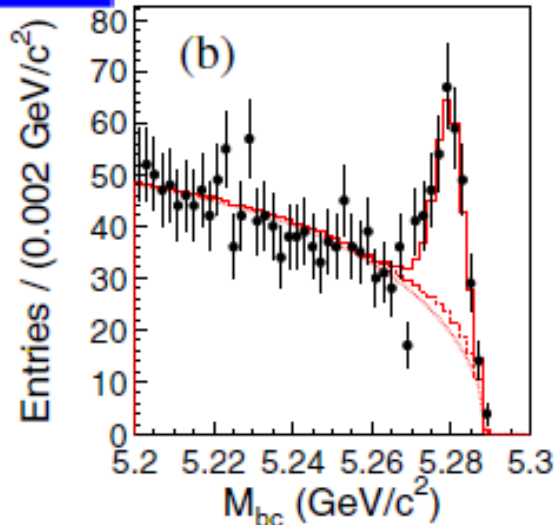
$$= S_{f_{CP}} \sin(\Delta m \Delta t) - C_{f_{CP}} \cos(\Delta m \Delta t)$$
  - Il fotone emesso è prevalentemente left-handed (polarizzato)
  - Interferenza tra le ampiezze di decadimento diretta e via mixing è soppressa
    - $S \propto -2(m_s/m_b)\sin 2\beta = -0.04$
    - $C \sim 0.01$
  - La previsione su S può arrivare a 0.1 a causa di effetti di interazione forte
- Misure di grosse asimmetrie di CP dipendenti dal tempo darebbero indicazione di Nuova Fisica



# $b \rightarrow s\gamma$ : time dependent CPV



[PRD 74, 111104(R) (2006)]



$B \rightarrow K_s\pi^0\gamma$  (with  $M(K\pi) < 1.8\text{GeV}$ )

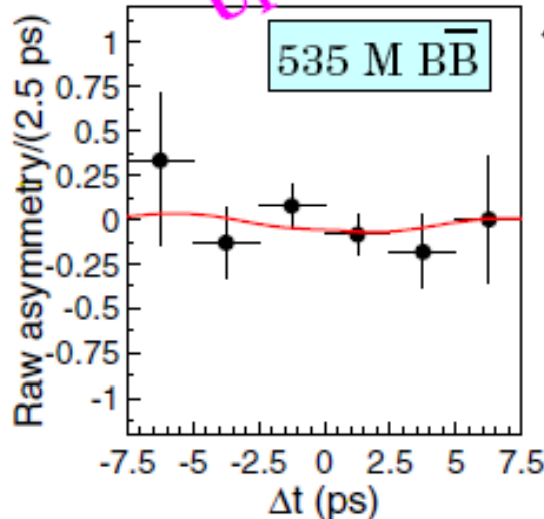
$$S(K_s\pi^0\gamma) = -0.10 \pm 0.31 \pm 0.07$$

$$A(K_s\pi^0\gamma) = -0.20 \pm 0.20 \pm 0.06$$

$$S(K^{*0}\gamma) = -0.32^{+0.36}_{-0.33} \pm 0.05$$

$$A(K^{*0}\gamma) = -0.20 \pm 0.24 \pm 0.05$$

Updated



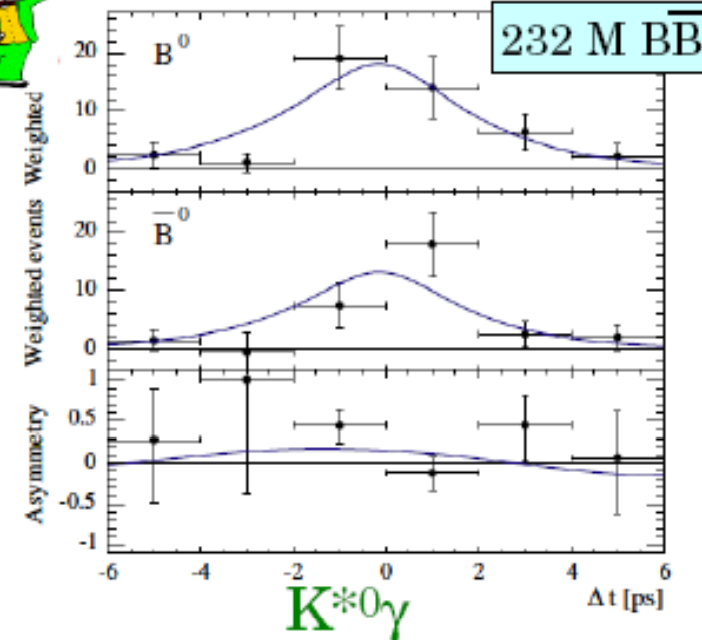
535 M  $B\bar{B}$



$$A = -C$$



[PRD 72, 051103(R) (2005)]



232 M  $B\bar{B}$

$K^{*0}\gamma$

$$S(K_s\pi^0\gamma) = 0.9 \pm 1.0 \pm 0.2$$

$$C(K_s\pi^0\gamma) = -1.0 \pm 0.5 \pm 0.2$$

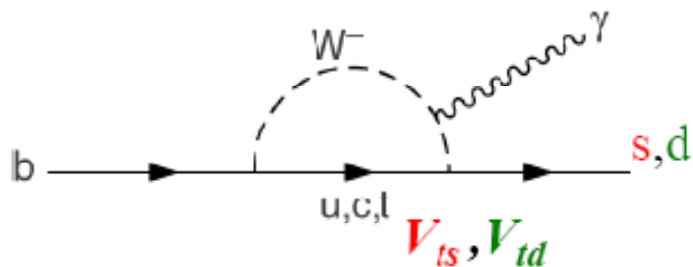
at  $1.1 < M(K\pi) < 1.8\text{GeV}$

$$S(K^{*0}\gamma) = -0.21 \pm 0.40 \pm 0.05$$

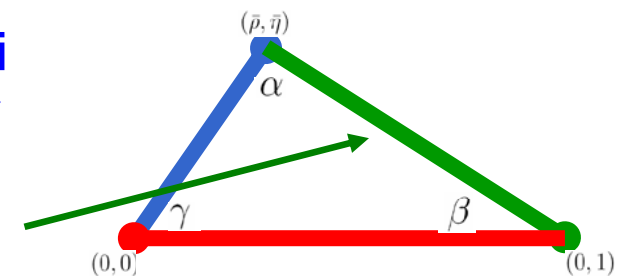
$$C(K^{*0}\gamma) = -0.40 \pm 0.23 \pm 0.03$$

Necessità di aumentare la statistica per una misura al 10%

# Transizioni $b \rightarrow d\gamma$ : $\omega\gamma, \rho\gamma$



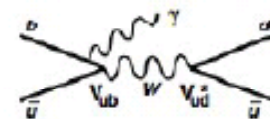
Dal rapporto dei BR  $b \rightarrow d\gamma$   $b \rightarrow s\gamma$  è possibile estrarre  $|V_{td}/V_{ts}|$



**Weak annihilation correction**

$$\Delta R = 0.1 \pm 0.1$$

Ali, Lunghi, Parkhomenko, PLB 595,323 (2004)



$$\frac{\overline{\mathcal{B}}[B \rightarrow (\rho/\omega)\gamma]}{\mathcal{B}(B \rightarrow K^*\gamma)} = \left| \frac{V_{td}}{V_{ts}} \right|^2 \left( \frac{1 - m_\rho^2/M_B^2}{1 - m_{K^*}^2/M_B^2} \right)^3 \zeta^2 [1 + \Delta R]$$

**Flavour SU(3) breaking (ratio of form factors)**

$$\zeta = 1.17 \pm 0.09$$

Ball and Zwicky, JHEP 0604, 046 (2006); Ball and Zwicky, hep-ph/0603232

$|V_{td}/V_{ts}|$  determinato anche attraverso le misure di mixing  $B_{(s)}^0 - \overline{B}_{(s)}^0$

Eventuali inconsistenze tra le due determinazioni indicherebbero Nuova Fisica



# Transizioni $b \rightarrow d\gamma$ : $\omega\gamma$ , $\rho\gamma$

- Difficoltà sperimentali dovuti a bassa statistica ( $BR \sim 10^{-6}$ ) ed ai fondi elevati
- Fondi principali dovuti a fotoni da:
  - $\pi^0$  ed  $\eta$  in eventi di continuo (rimossi tramite veto)
  - eventi  $b \rightarrow s\gamma$  (veto su Kaoni)
- Yield di segnale estratto tramite un fit di likelihood multidimensionale

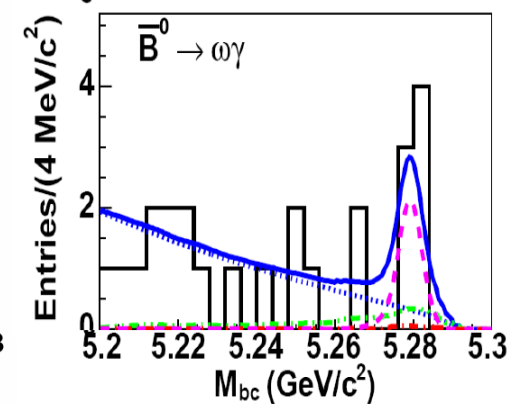
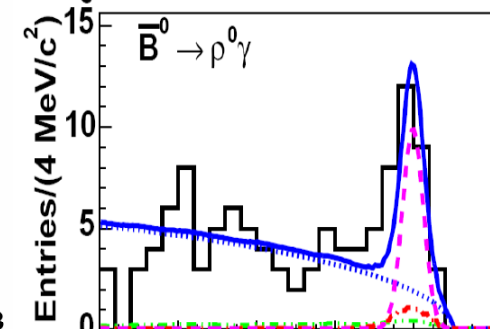
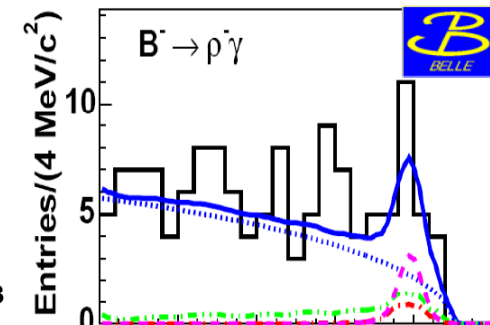
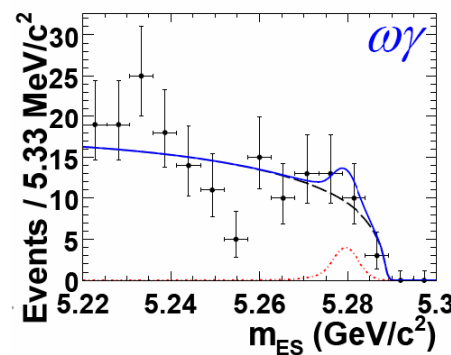
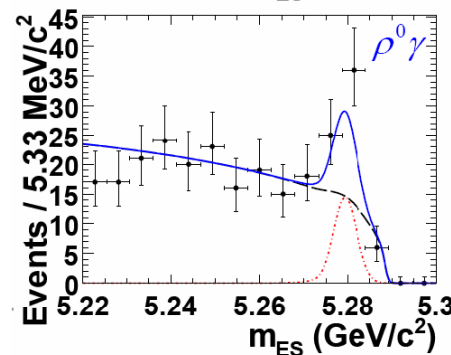
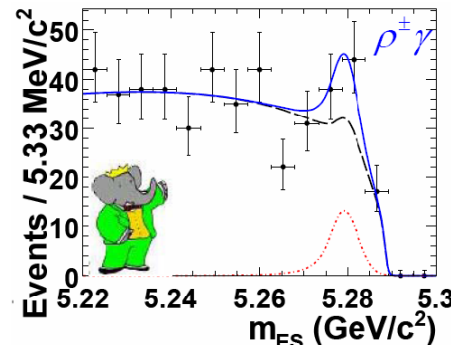
▪ Ottimo accordo tra le misure delle due collaborazioni

▪ BaBar







$$\mathcal{B}(B \rightarrow \rho\gamma, \omega\gamma) = (1.25 \pm 0.25 \pm 0.09) \times 10^{-6}$$

▪ Belle

$$\mathcal{B}(B \rightarrow b\bar{s}\omega\lambda) = (1.35_{-0.31}^{+0.31} \mp 0.10) \times 10^{-6}$$



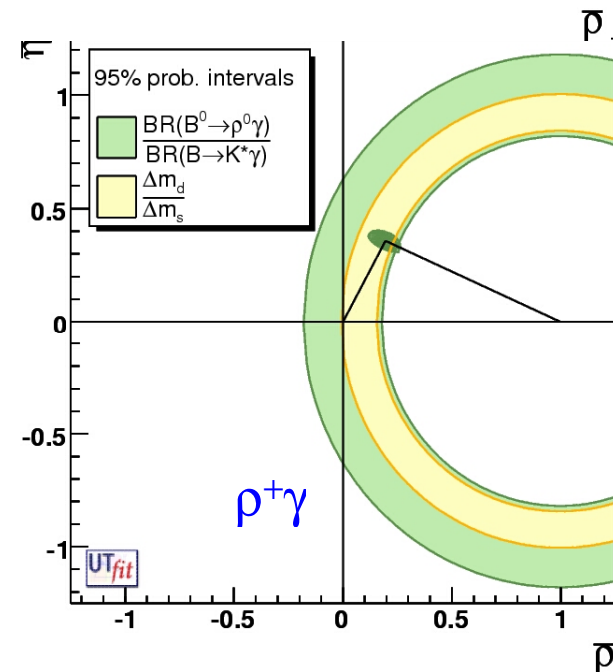
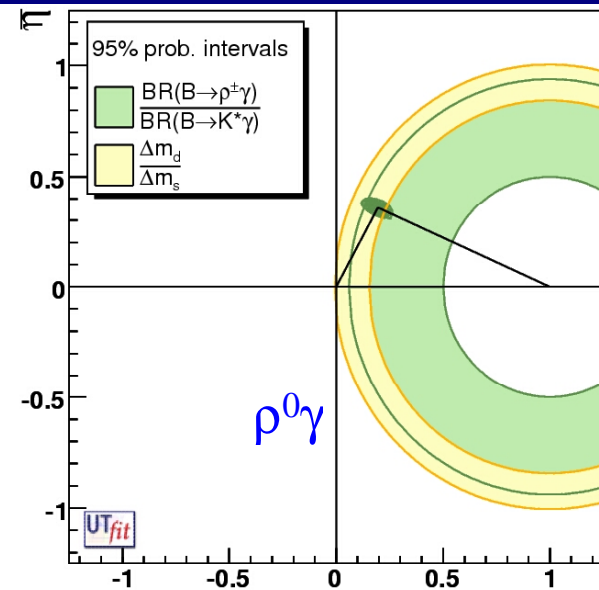
# Determinazione di $|V_{td}/V_{ts}|$

		B.F. ( $10^{-6}$ )	significance
$B^- \rightarrow \rho^- \gamma$		$0.55^{+0.42+0.09}_{-0.36-0.08}$	$(1.6\sigma)$
		$1.10^{+0.37}_{-0.33} \pm 0.09$	$(3.8\sigma)$
$B^0 \rightarrow \rho^0 \gamma$		$1.25^{+0.37+0.07}_{-0.33-0.06}$	$(5.2\sigma)$
		$0.79^{+0.22}_{-0.20} \pm 0.06$	$(4.9\sigma)$
$B^0 \rightarrow \omega \gamma$		$0.56^{+0.34+0.05}_{-0.27-0.10}$	$(2.3\sigma)$
		$0.40^{+0.24}_{-0.20} \pm 0.05$	$(2.2\sigma)$

- Dai rapporti  $BR(B \rightarrow \rho \gamma)/BR(B \rightarrow K^* \gamma)$  :
- $|V_{td}/V_{ts}|_{\rho^0 \gamma} = 0.23 \pm 0.02$
- $|V_{td}/V_{ts}|_{\rho^+ \gamma} = 0.17 \pm 0.03$
- Ottimo accordo col valore determinato dalle misure di mixing:

$$\left| \frac{V_{td}}{V_{ts}} \right|_{\Delta m_d / \Delta m_s} = 0.2060 \pm 0.0007^{+0.0081}_{-0.0060}$$

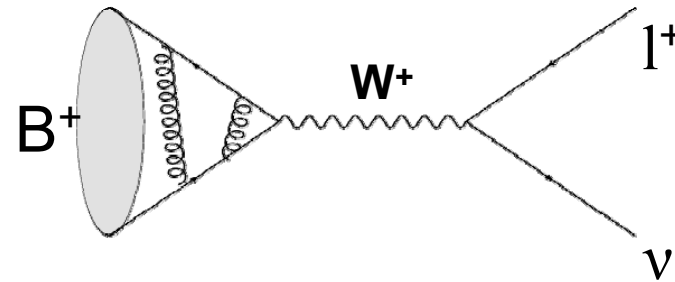
CDF Phys.Rev.Lett.97:242003 (2006)



# Decadimenti leptonici del B

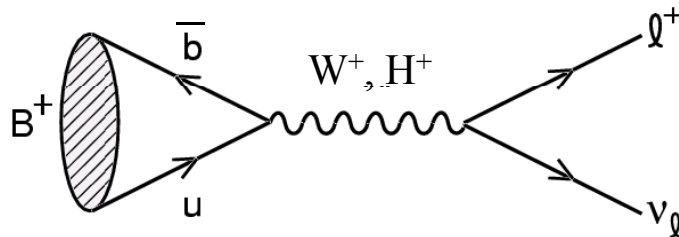
## Nel Modello Standard

- Canali puliti da un punto di vista teorico
- La misura del BR permette di determinare la costante di decadimento  $f_B$
- Forte soppressione di elicità per i canali  $\mu/e$



$$Br(B \rightarrow l\nu) = \frac{1}{8\pi} G_F^2 m_B m_l^2 \left(1 - \frac{m_l^2}{m_B^2}\right)^2 f_B^2 |V_{ub}|^2 \tau_B$$

## Oltre il Modello Standard



$$BR(B^+ \rightarrow \tau^+ \nu) = BR_{SM}(B^+ \rightarrow \tau^+ \nu) \times \left(1 - \tan^2 \beta \frac{m_{B^\pm}^2}{m_{H^\pm}^2}\right)^2$$

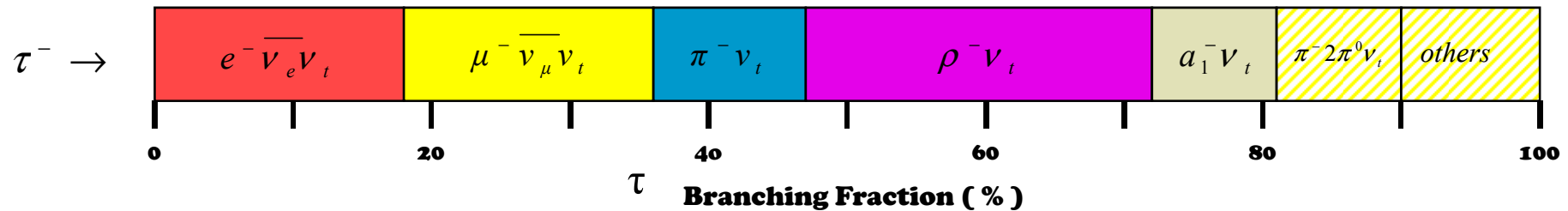
rapporto tra i valori di aspettazione sul vuoto dei due doppietti di Higgs.

Massa dell'Higgs carico

- La previsione sul BR viene modificata in maniera semplice nell'estensione con due doppietti di Higgs.
- La misura fornisce un vincolo sul piano  $(m_{H^\pm}, \tan\beta)$
- Il BR può essere innalzato o soppresso

# $B \rightarrow \tau \nu$ : difficoltà sperimentali

- $\tau$  ricostruito attraverso i suoi principali canali di decadimento:



- Stato finale contiene:
  - 1 o 3 tracce
  - 1 o nessun  $\pi^0$
  - 2-3 neutrini
- Difficile estrarre il segnale da eventi multiadronici
- Necessità di “pulire” il campione di eventi da analizzare
- Ricostruzione dell'altro B dell'evento (tag B)



# B → τν: metodi di tag

- Due metodi di tag:

- Adronico:

- $B^- \rightarrow D^{(*)0} n_1 \pi^\pm n_2 K^\pm n_3 K_s^0 n_4 \pi^0$

- Minore efficienza

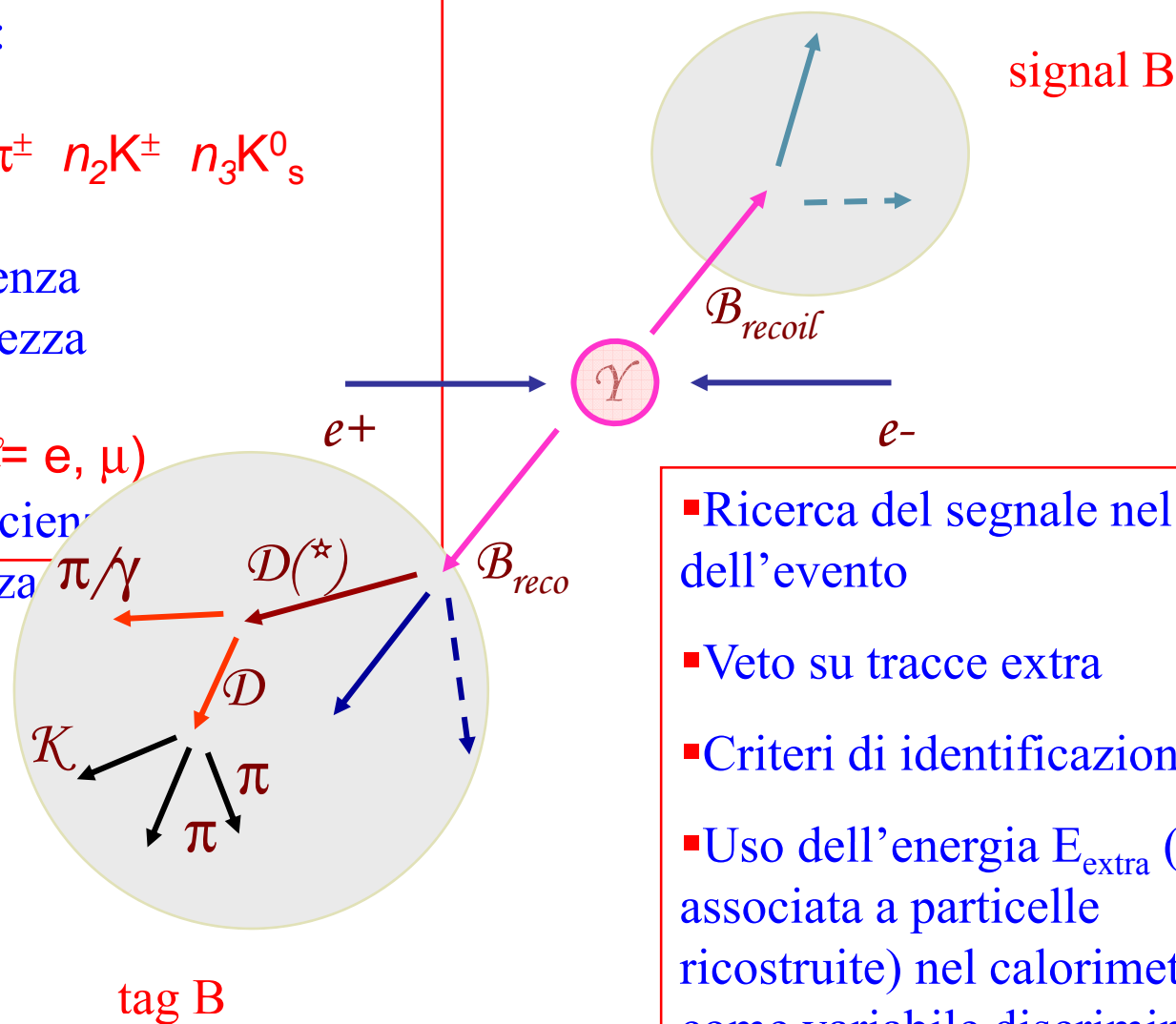
- Maggiore purezza

- Semileptonico

- $B^- \rightarrow D^{(*)0} \ell \nu (\ell = e, \mu)$

- Maggiore efficienza

- Minore purezza



- Ricerca del segnale nel resto dell'evento

- Veto su tracce extra

- Criteri di identificazione

- Uso dell'energia  $E_{extra}$  (non associata a particelle ricostruite) nel calorimetro come variabile discriminante

- Per il segnale  $E_{extra}$  picca a 0

# B → τν: risultati

Tag adronico

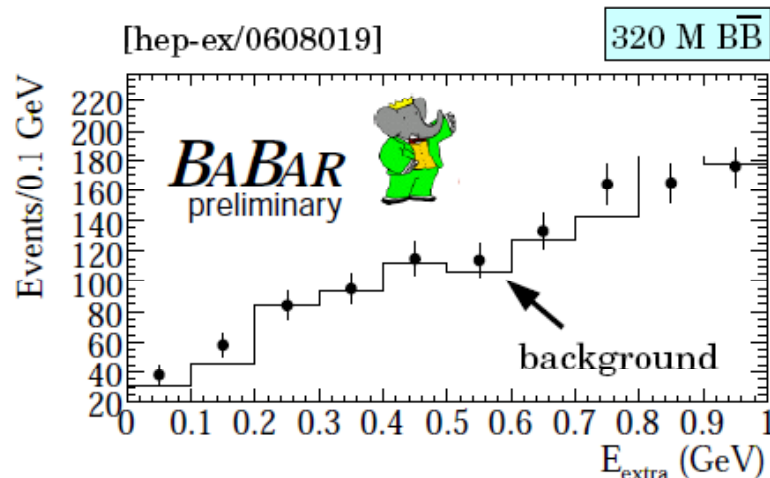
Fit di likelihood ad  $E_{\text{extra}}$

$$B = (1.79^{+0.56}_{-0.49} \quad ^{+0.39}_{-0.46}) \times 10^{-4}$$

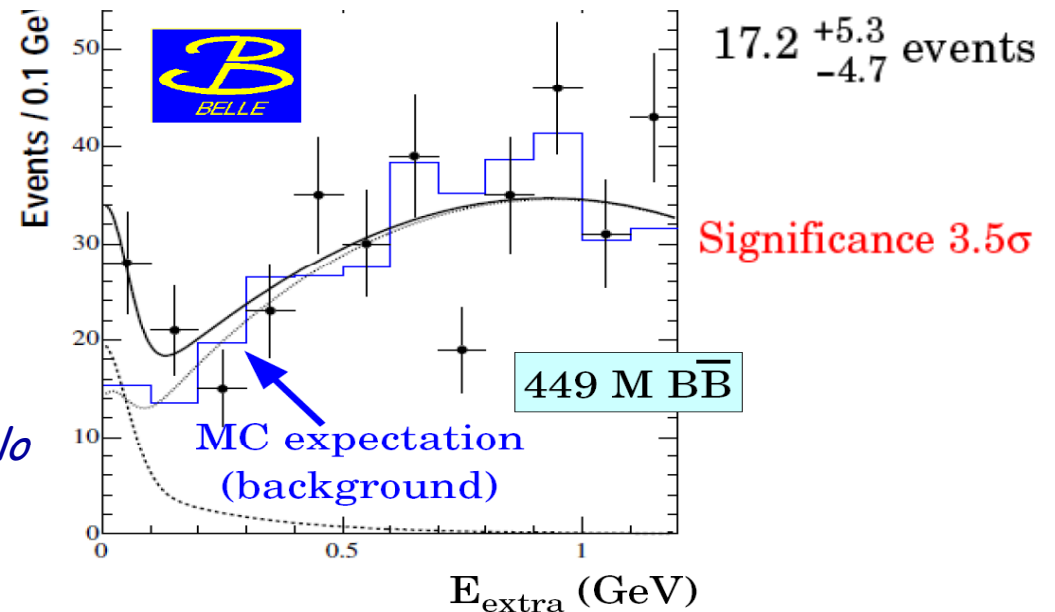
$$f_B = 0.229^{+0.036}_{-0.031} \quad ^{+0.034}_{-0.037} \text{ GeV}$$

Consistente con calcoli di QCD su reticolo

$$f_B = 216 \pm 22 \text{ MeV}$$



PRL 97 251802 (2006)



Tag semileptonico

Likelihood ratio combina le probabilità poissoniane dei singoli canali  
Segnale consistente con zero a 1.3 $\sigma$

$$B = (0.88^{+0.68}_{-0.67} \pm 0.11) \times 10^{-4}$$

$$< 1.80 \times 10^{-4} \quad @ 90\% \text{ C.L.}$$

BaBar ha anche pubblicato una misura di U.L. con tag adronico su un campione di ~90M  $B\bar{B}$

$$B(B \rightarrow \tau\nu) < 4.2 \times 10^{-4} @ 90\% \text{ CL}$$

L'update di questa misura ad un campione di più elevata statistica è atteso a breve.

# $B \rightarrow \tau \nu$ : vincolo nel piano $(\tan\beta, m_{H^\pm})$

Nel contesto dell'estensione a due doppietti di Higgs dello S.M. La misura di  $BR(B \rightarrow \tau \nu)$  si traduce in un vincolo sul piano  $(\tan\beta, m_{H^\pm})$

$$BR(B^+ \rightarrow \tau^+ \nu) = BR_{SM}(B^+ \rightarrow \tau^+ \nu) \times \left( 1 - \tan^2 \beta \frac{m_{B^\pm}^2}{m_{H^\pm}^2} \right)^2$$

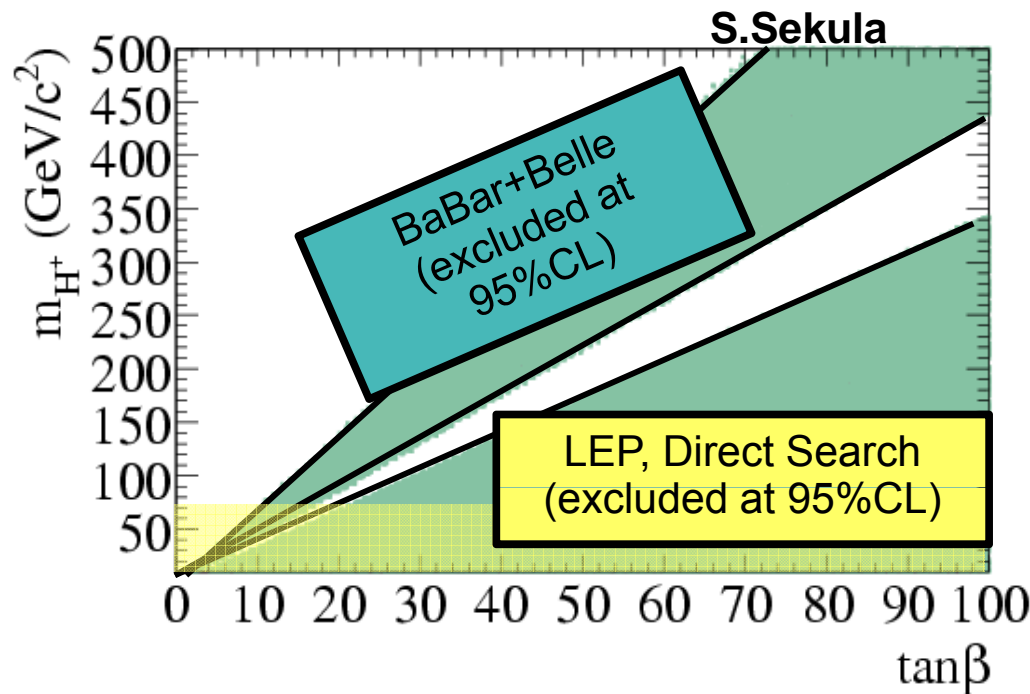
Regione di esclusione determinata utilizzando la media delle misure di Belle e BaBar:

$$BR_{exp}(B \rightarrow \tau \nu) = (1.31 \pm 0.48) \times 10^{-4}$$

e la previsione del  $BR_{SM}$  dalla collaborazione UTFit:

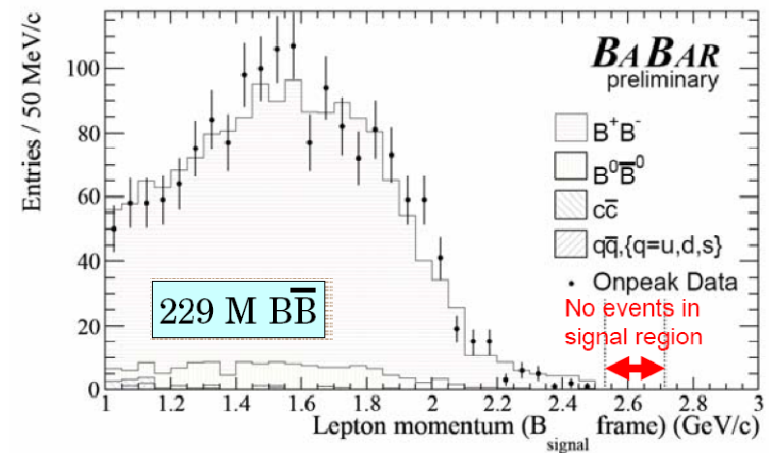
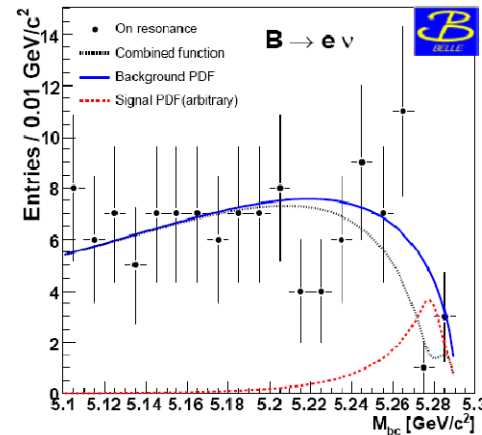
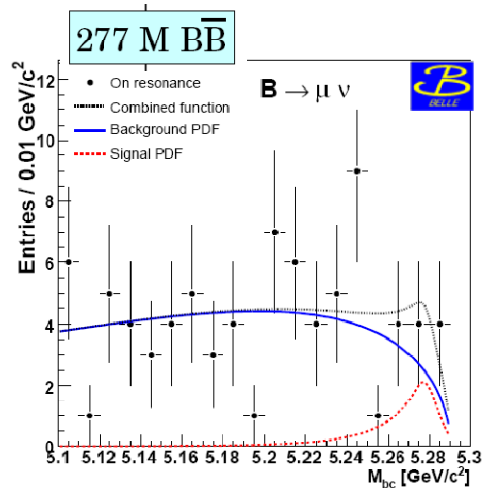
$$BF_{SM}(B \rightarrow \tau \nu) = (0.85 \pm 0.13) \times 10^{-4}$$

Vincolo complementare a quello determinato dalla ricerca diretta dell'Higgs carico al LEP ( $>79.3$  GeV)



# $B \rightarrow \mu(e)\nu$

- Stesse motivazioni di  $B \rightarrow \tau\nu$
- BR soppressi dal termine di elicit 
  - $BR_{SM}(\mu\nu) = (4.7 \pm 0.7) \times 10^{-7}$
  - $BR_{SM}(e\nu) = (11.1 \pm 0.1) \times 10^{-11}$



- Nessuna evidenza di segnale  $\rightarrow$  stabiliti U.L.
- Risultati consistenti con lo SM
- Il miglior U.L. raggiunto differisce dalla previsione SM di un fattore 2

Upper limit (90% C.L.)



$\mu\nu$   $0.98 \times 10^{-6}$

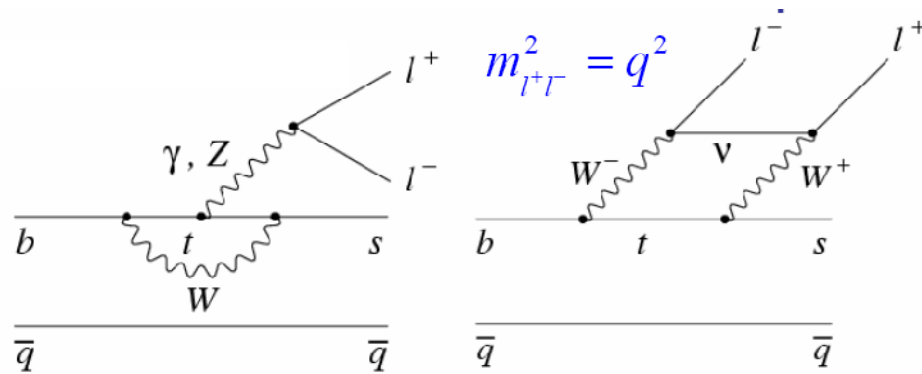
$6.2 \times 10^{-6}$

$e\nu$   $1.7 \times 10^{-6}$

$7.9 \times 10^{-6}$



# Decadimenti semileptonici: $B \rightarrow K^{(*)} l l$



FCNC

Possibilità di nuova fisica nei loop

$A_{CP} = 0$  nel Modello Standard

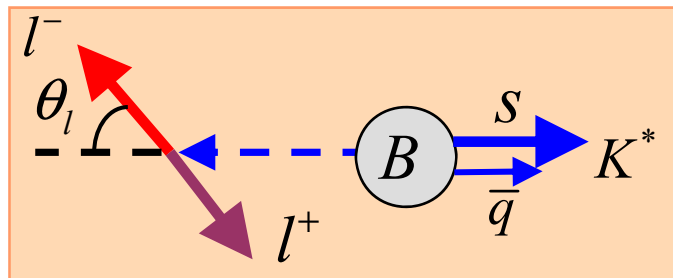
Può essere innalzata da effetti di NP

$$R_K = \frac{\Gamma(B \rightarrow K \mu \mu)}{\Gamma(B \rightarrow K e e)} = 1.0000 \pm 0.0001 \text{ (SM)}$$

$$R_{K^*} = \frac{\Gamma(B \rightarrow K^* \mu \mu)}{\Gamma(B \rightarrow K^* e e)} \approx 0.75 \text{ to } 1.0 \text{ depending on } q^2 \text{ region (SM)}$$

$R_{K^{(*)}}$  può essere modificato per due doppietti di Higgs con  $\tan\beta$  grande

Possibilità di scoprire Nuova Fisica attraverso deviazioni dalla predizione SM dell'asimmetria Forward Backward in funzione del momento scambiato  $q^2$



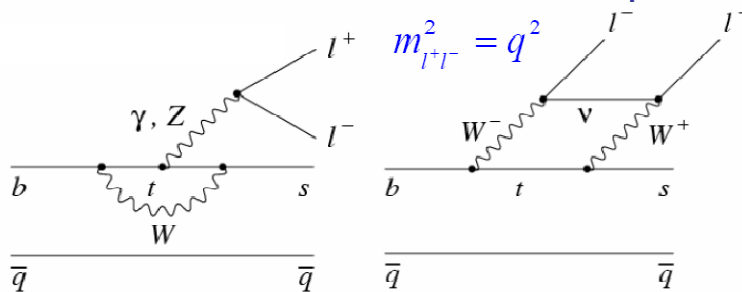
$$A_{FB}(q^2) = \frac{\Gamma(q^2, \cos \theta_{B\ell^-} > 0) - \Gamma(q^2, \cos \theta_{B\ell^-} < 0)}{\Gamma(q^2, \cos \theta_{B\ell^-} > 0) + \Gamma(q^2, \cos \theta_{B\ell^-} < 0)}$$

# B → K<sup>(\*)</sup>l $\bar{l}$ : Asimmetria Forward Backward

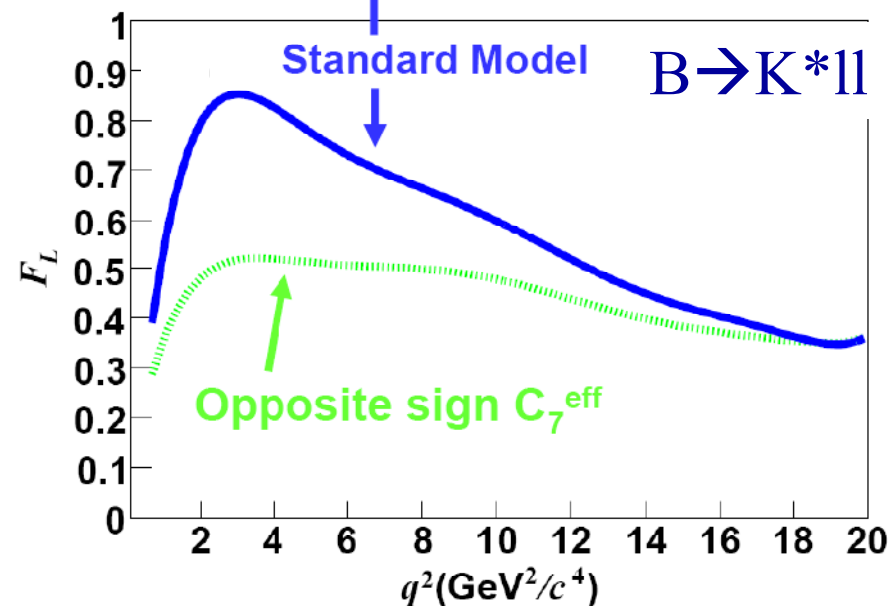
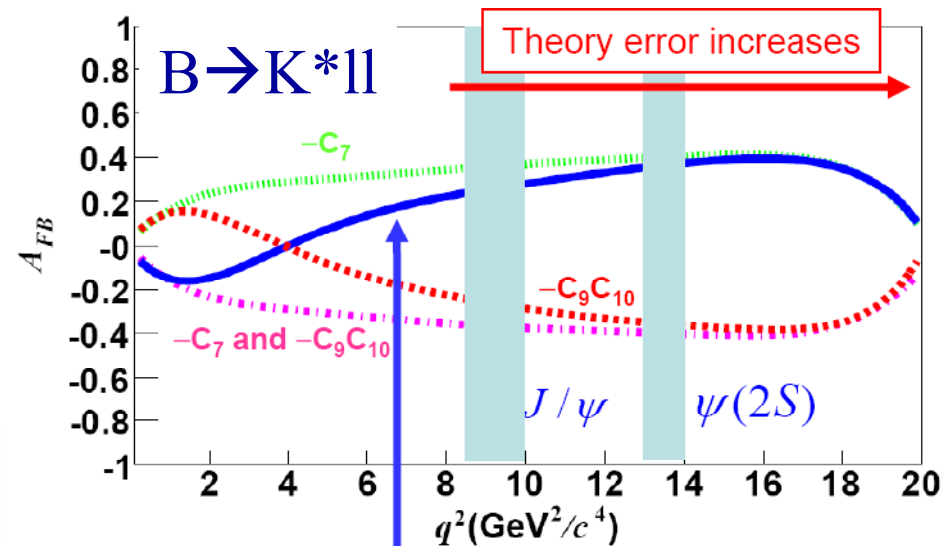
PRD73 (2006) 092001

- Shape di  $A_{FB}(q^2)$  determinata dall'interferenza di 3 ampiezze che corrispondono ai coefficienti di Wilson

$C_7$	– $\gamma$ electroweak penguin
$C_9$	– $Z^0$ electroweak penguin
$C_{10}$	– box diagram

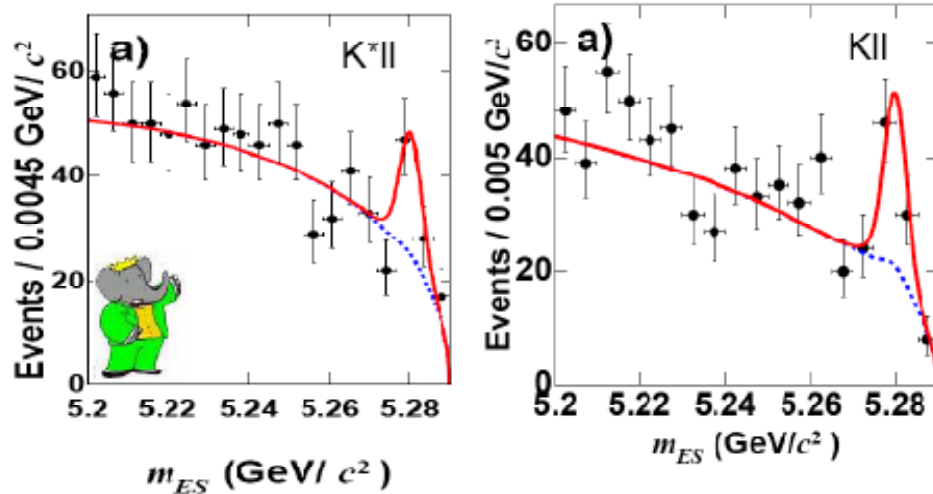


- In  $K^{*}l\bar{l}$  un'altra osservabile che può mettere in evidenza discrepanze rispetto allo S.M. è  $F_L(q^2)$  frazione di eventi polarizzati longitudinalmente



# B → K(\*)ll: risultati

- Fino ad oggi i più piccoli BR del mesone B misurati



$$\mathcal{B}(B \rightarrow Kll) = (0.34 \pm 0.07 \pm 0.02) \times 10^{-6}$$

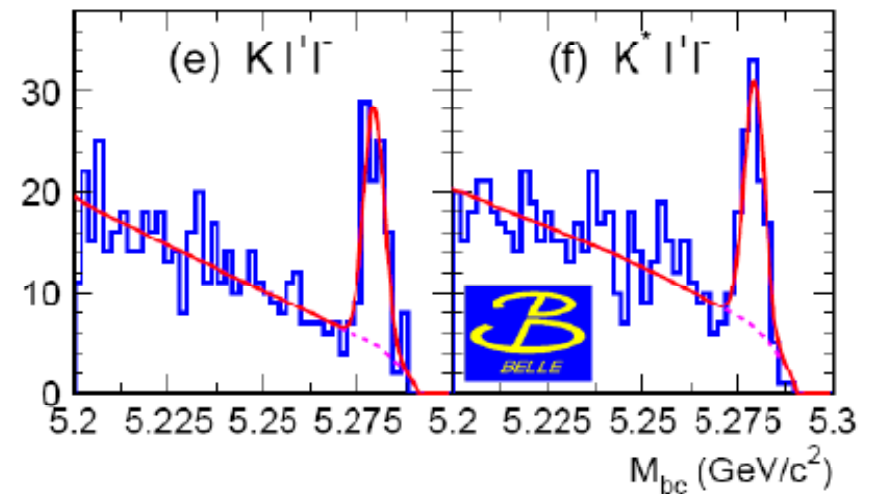
$$\mathcal{B}(B \rightarrow K^*ll) = (0.78_{-0.17}^{+0.19} \pm 0.11) \times 10^{-6}$$

$$R_K = 1.06 \pm 0.48 \pm 0.08$$

$$R_{K^*} = 0.91 \pm 0.45 \pm 0.06$$

$$\mathcal{A}_{CP}(B \rightarrow Kll) = -0.07 \pm 0.22 \pm 0.02$$

$$\mathcal{A}_{CP}(B \rightarrow K^*ll) = 0.03 \pm 0.23 \pm 0.03$$



$$\mathcal{B}(B \rightarrow Kll) = (0.55 \pm 0.07 \pm 0.03) \times 10^{-6}$$

$$\mathcal{B}(B \rightarrow K^*ll) = (1.65_{-0.22}^{+0.23} \pm 0.10) \times 10^{-6}$$

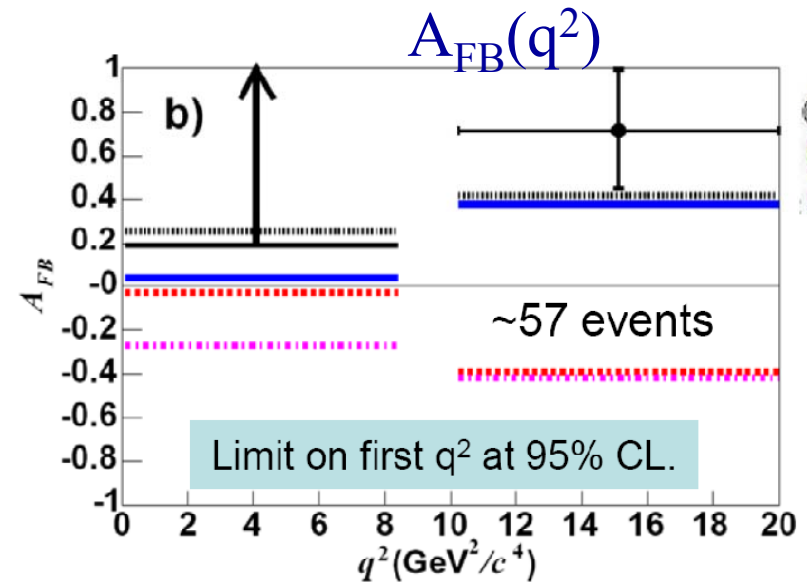
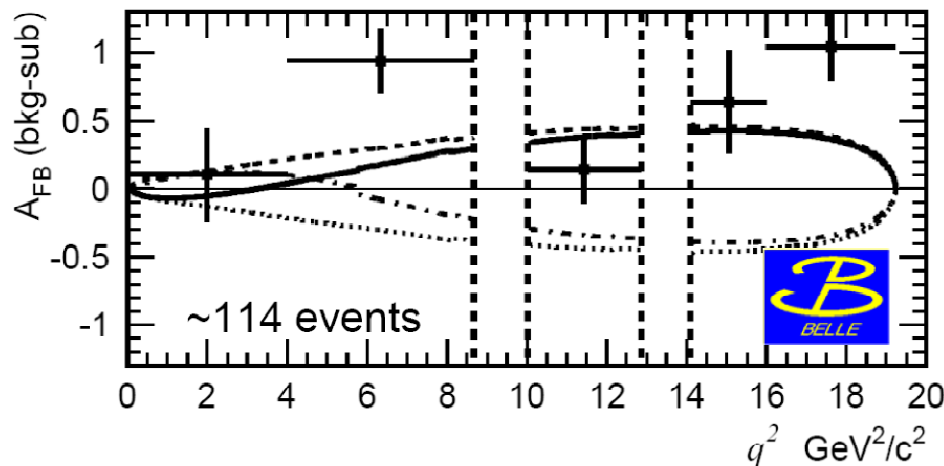
$$R_K = 1.38 \pm 0.40 \pm 0.07$$

$$R_{K^*} = 0.98 \pm 0.30 \pm 0.08$$

Risultati consistenti con S.M.

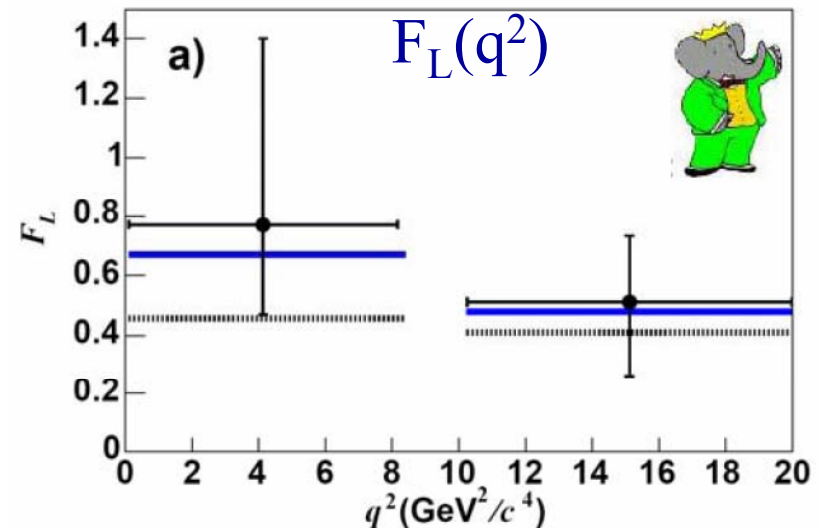
# B → K\*ll: risultati $A_{FB}(q^2)$

- Prime misure dell'asimmetria Forward Backward
- consistenti con Modello Standard
- Accordo peggiore a bassi  $q^2$



- Anche la misura di  $F_L(q^2)$  consistente con SM
- Misure limitate dall'errore statistico

BaBar:  $229 \times 10^6$  B pairs  
 Belle:  $386 \times 10^6$  B pairs



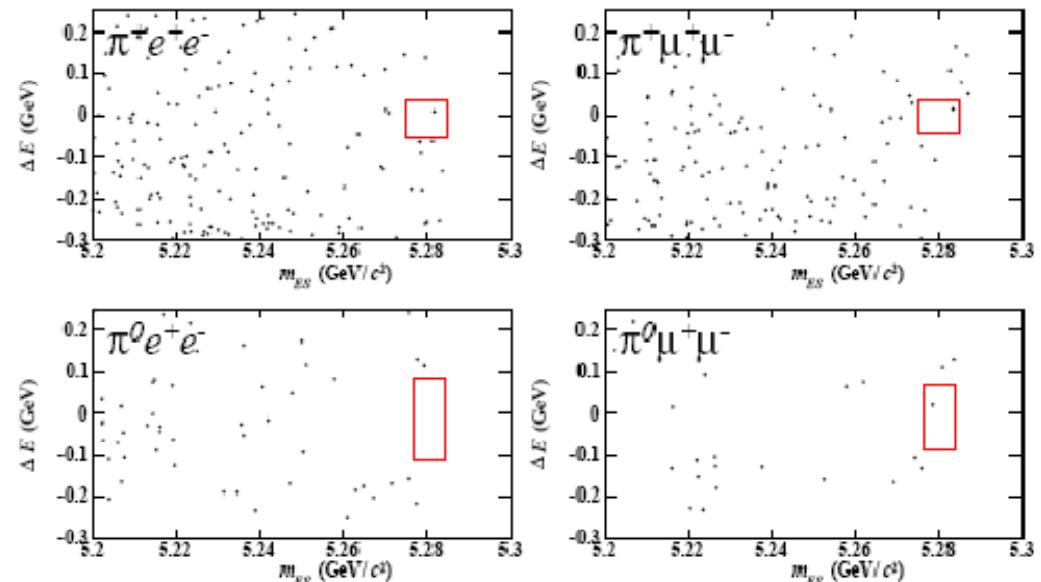
# B → πll

- Il B.R. B → πll è soppresso rispetto a B → Kll del termine  $|V_{td}/V_{ts}|$



$$\mathcal{B}_{\text{SM}}(B \rightarrow \pi ll) = 3.3 \times 10^{-8}$$

- Effetti di nuova fisica possono aumentarlo
- Misura più difficile rispetto a B → K(\*)ll
  - Meno eventi di segnale
  - Più eventi di fondo
- Combinazione di canali π<sup>±</sup>ll e π<sup>0</sup>ll usando la simmetria di isospin
- Determinati U.L. entro un fattore 3 dalla previsione S.M.



Mode	PRELIMINARY		BF UL
	obs.	exp. backg.	90 % CL ( $10^{-7}$ )
$B^\pm \rightarrow \pi^\pm ll$	2	$1.86 \pm 0.38$	1.17
$B^0 \rightarrow \pi^0 ll$	1	$0.71 \pm 0.30$	1.15
isospin combination			<b>0.91</b>
$B \rightarrow \pi e \mu$	1	$2.77 \pm 0.70$	0.92

# Conclusioni

---

- I decadimenti rari del B costituiscono un ottimo banco di prova per il Modello Standard
- Forniscono osservabili sensibili a diversi scenari di Nuova Fisica
- Informazioni complementari alle ricerche dirette degli acceleratori “energy frontier”
- Ad oggi risultati consistenti con il Modello Standard
- Alla fine del 2008 il campione di dati disponibile alle B-factories sarà più che raddoppiato
  - 2 miliardi di coppie BB
  - I vincoli sulle possibili estensioni del Modello Standard saranno molto più stringenti
  - Saremo in grado di osservare Nuova Fisica?

---

Backup





# $b \rightarrow s\gamma$ : mesure

---

Table 2: Reported branching fraction, minimum photon energy, branching fraction at minimum photon energy and converted branching fraction for the decay  $b \rightarrow s\gamma$ . All the branching fractions are in units of  $10^{-6}$ . See text for an explanation of the errors.

Mode	Reported $\mathcal{B}$	$E_{\min}$	$\mathcal{B}$ at $E_{\min}$	Modified $\mathcal{B}$ ( $E_{\min} = 1.6$ )
CLEO Inc. [3]	$321 \pm 43 \pm 27_{-10}^{+18}$	2.0	$306 \pm 41 \pm 26$	$329 \pm 44 \pm 28 \pm 6 \pm 6$
Belle Semi.[4]	$336 \pm 53 \pm 42_{-54}^{+50}$	2.24	—	$369 \pm 58 \pm 46_{-60}^{+56}$
Belle Inc.[5]	$355 \pm 32_{-31-7}^{+30+11}$	1.8	$351 \pm 32 \pm 29$	$350 \pm 32_{-31}^{+30} \pm 2 \pm 2$
<i>BABAR</i> Semi.[6]	$335 \pm 19_{-41-9}^{+56+4}$	1.9	$327 \pm 18_{-43-9}^{+55+4}$	$349 \pm 20_{-46-3}^{+59+4}$
<i>BABAR</i> Inc.[7]	—	1.9	$367 \pm 29 \pm 34 \pm 29$	$392 \pm 31 \pm 36 \pm 30 \pm 4 \pm 6$

# $b \rightarrow s\gamma$ : time dep CPV

---

$$H_{eff} = -\sqrt{8}G_F \frac{em_b}{16\pi^2} F_{\mu\nu} \left[ \frac{1}{2} F_L^q \bar{q}\sigma^{\mu\nu}(1 + \gamma_5)b + \frac{1}{2} F_R^q \bar{q}\sigma^{\mu\nu}(1 - \gamma_5)b \right]. \quad (1)$$

$F_L^q$  is the amplitude for the emission of *left* polarized photons in  $b$  (i.e.  $\bar{B}$ -meson) decay, and  $F_L^{q*}$  is the amplitude for the emission of *right* polarized photons in  $\bar{b}$  (i.e.  $B$ -meson) decay. Similarly,  $F_R^q$  is the amplitude for the emission of *right* polarized photons in  $b$  decay and  $F_R^{q*}$  is the amplitude for the emission of *left* polarized photons in  $\bar{b}$  decay. In the SM

$$\frac{F_R^q}{F_L^q} \approx \frac{m_q}{m_b}, \quad (2)$$

where the masses are current masses. Thus the photons emitted from these  $b$  decays are predominantly left-handed. This feature, which is a key point in our argument, can be easily understood. The term proportional to  $F_L^q$  has the helicity structure  $b_R \rightarrow q_L \gamma_L$  while the  $F_R^q$  term describes  $b_L \rightarrow q_R \gamma_R$ . In the SM penguin diagram with  $W$  exchange, only the left-handed components of the external fermions couple to the  $W$ ; therefore helicity flip must occur on an external leg. Helicity flip on the  $b$ -quark leg is proportional to  $m_b$  and contributes to  $F_L^q$ , while helicity flip on the  $q$ -quark leg is proportional to  $m_q$  and contributes to  $F_R^q$ . This argument holds to all orders in strong interactions since the QCD interaction preserves quark helicities.

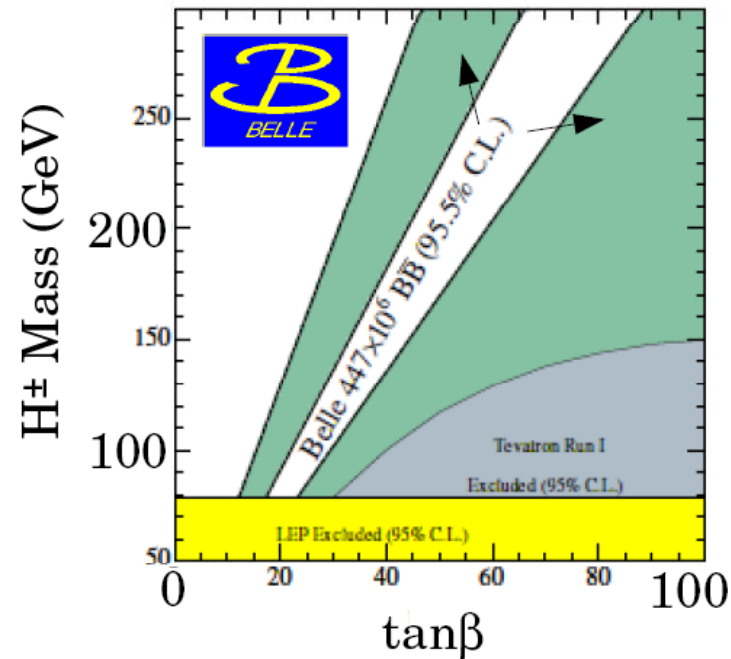
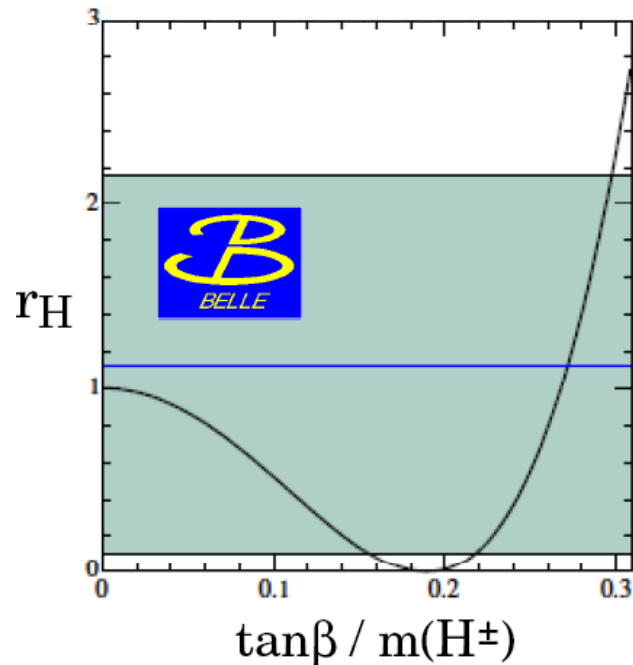
# B → τν: vincolo su nuova fisica

2HDM of W.S. Hou, PRD 48, 2342 (1992)

$$\mathcal{B}(B \rightarrow \tau\nu) = \mathcal{B}(B \rightarrow \tau\nu)_{\text{SM}} \times r_H$$

$$r_H = \left( 1 - \frac{m_B^2}{m_H^2} \tan^2 \beta \right)^2$$

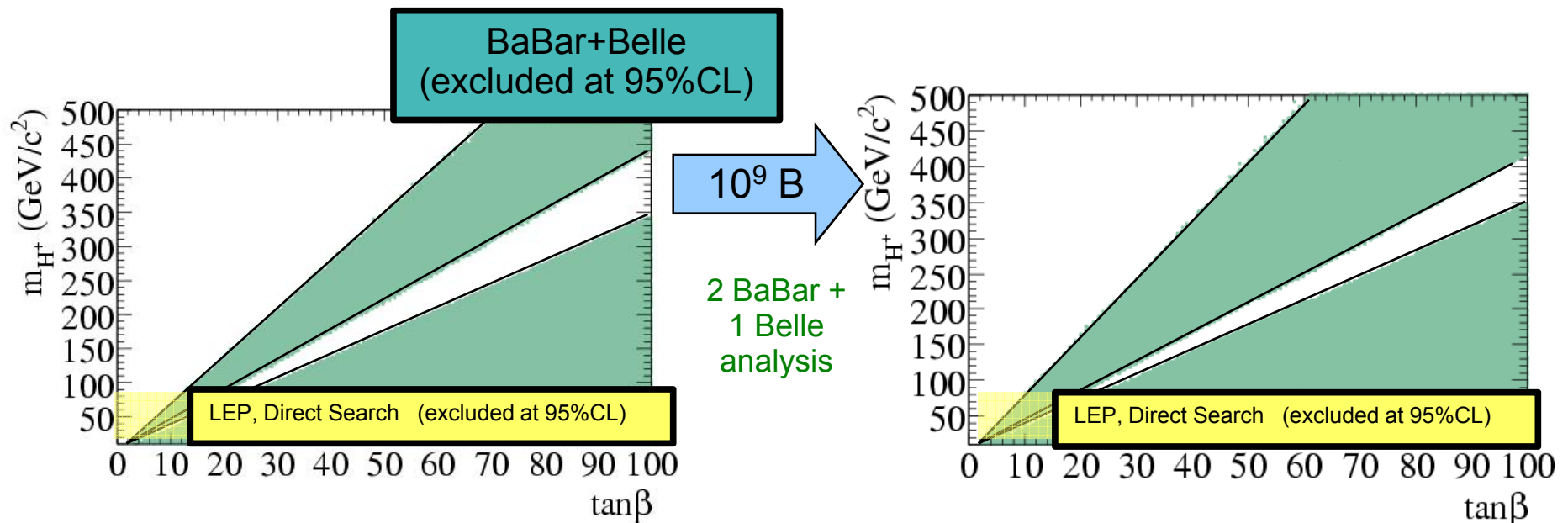
Contribution of charged Higgs  
enhance the B.F. by  $r_H$



# $B \rightarrow \tau \nu$ : prospettive

Attesa una riduzione dell'incertezza sul Branching ratio da  $\sim 0.65 \times 10^{-4}$  a  $\sim 0.4 \times 10^{-4}$  per ciascun esperimento con  $10^9 B^+$  (assumendo nessun miglioramento nella tecnica sperimentale)

BaBar ha anche un'analisi con tag adronico paragonabile con Belle che consentirà di raddoppiare il numero di B e ridurre l'errore ulteriormente statistico a 0.48 (0.3) con l'attuale (futuro  $10^9$ ) campione di mesoni  $B^+$ .



# B → e/μ ν (Babar)

BABAR hadronic tagged analysis based on  $229 \times 10^6$  BB pairs  
(hep-ex/0607110)

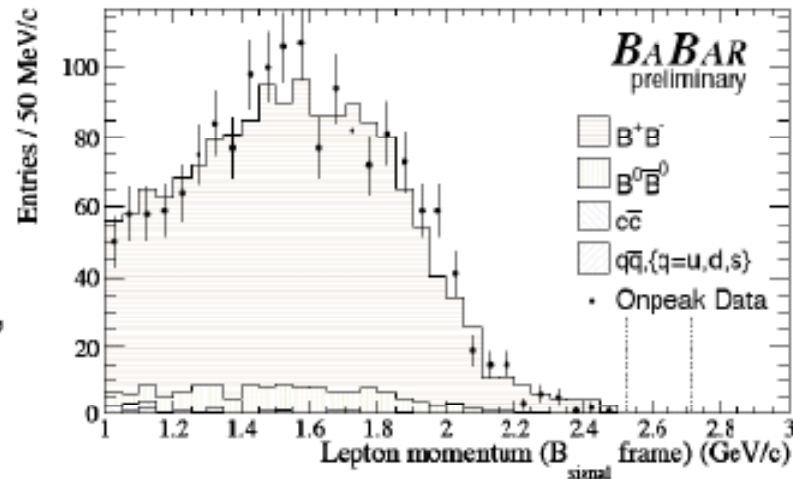
- observed 0 events in each of e and μ channels with expected backgrounds of 0.23 and 0.12 events respectively

Quantity	$B \rightarrow \mu^+ \nu_\mu$	$B \rightarrow e^+ \nu_e$
$\epsilon_{\text{tag}}$ (%)	$3.239 \pm 0.013 \pm 0.004$	$0.247 \pm 0.013 \pm 0.004$
$\mu_{\text{sig}}$ (%)	$60.5 \pm 4.0 \pm 1.0$	$49.4 \pm 3.8 \pm 0.8$
$\mu_{\text{tot}}$ (%)	$3.145 \pm 0.013 \pm 0.003$	$0.122 \pm 0.012 \pm 0.003$
$N_{\text{bg}}$	$0.229^{+0.167}_{-0.142} \pm 0.007$	$0.115^{+0.131}_{-0.075} \pm 0.004$
$N_{\text{SM}}$	$\sim 0.03$	$\sim 3 \times 10^{-7}$
$N_{\text{obs}}$	0	0

$$B(B^+ \rightarrow e^+ \nu) < 7.9 \times 10^{-6}$$

$$B(B^+ \rightarrow \mu^+ \nu) < 6.2 \times 10^{-6} \text{ at 90\% CL}$$

- Method free from experimental issues relating to background modeling and estimation, but currently statistically limited
- complementary approach to “inclusive” analysis method...



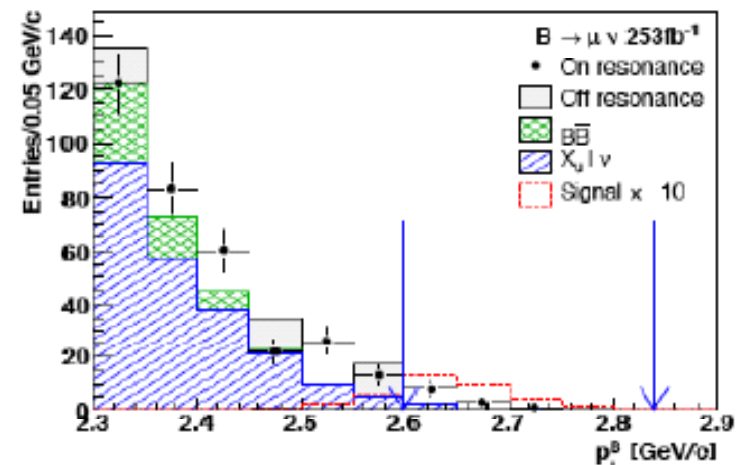
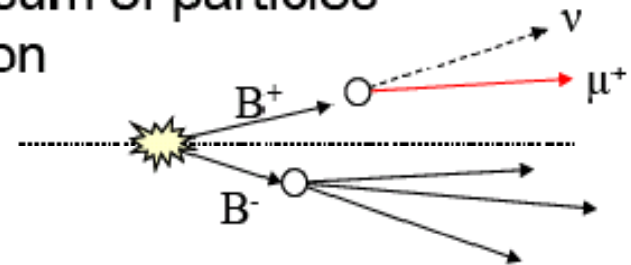
# $B \rightarrow e/\mu \nu$ (Belle)

Reconstruct accompanying B by 4-vector sum of particles recoiling against a high momentum lepton

- Belle analysis based on  $253 \text{ fb}^{-1}$  of data (hep-ex/0611045):
- Efficiencies much higher than exclusive method, but also higher backgrounds:  
 $\epsilon_{\mu} = (2.18 \pm 0.06)\%$     $\epsilon_e = (2.39 \pm 0.06)\%$
- Extract signal from fit to  $M_{bc}$  distribution in region:  $5.1 < M_{bc} < 5.29$ ;  $-0.8 (-1.0) < \Delta E < 0.4 \text{ GeV}$  for  $\mu(e)$

Experimental sensitivity within a factor of  $\sim 2$  of SM rate!

- Similar method used by BABAR analysis (Phys.Rev.Lett.92:221803,2004.) based on  $80 \text{ fb}^{-1}$  reported  
 $B(B^+ \rightarrow \mu^+ \nu) < 6.6 \times 10^{-6}$  at 90% CL



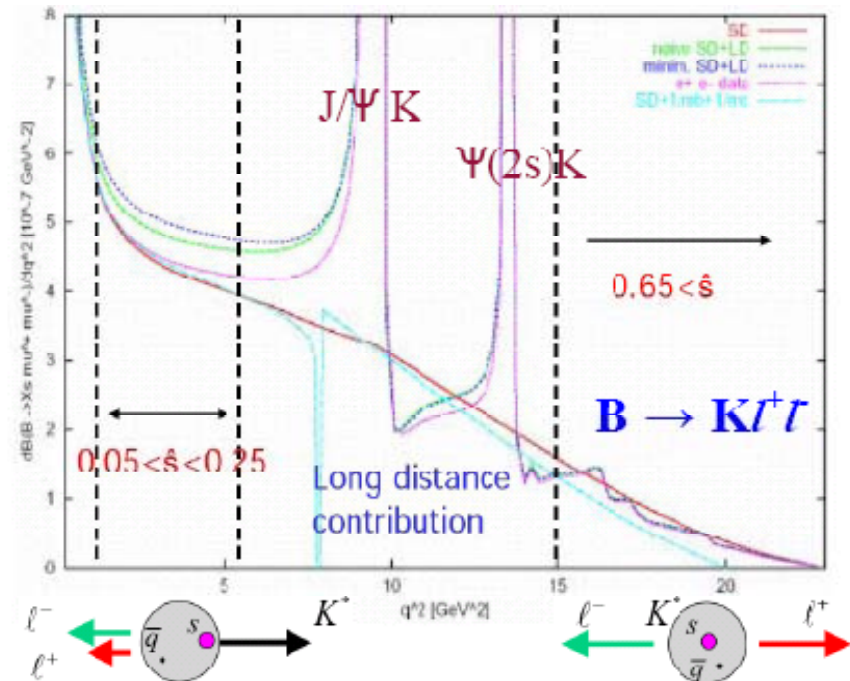
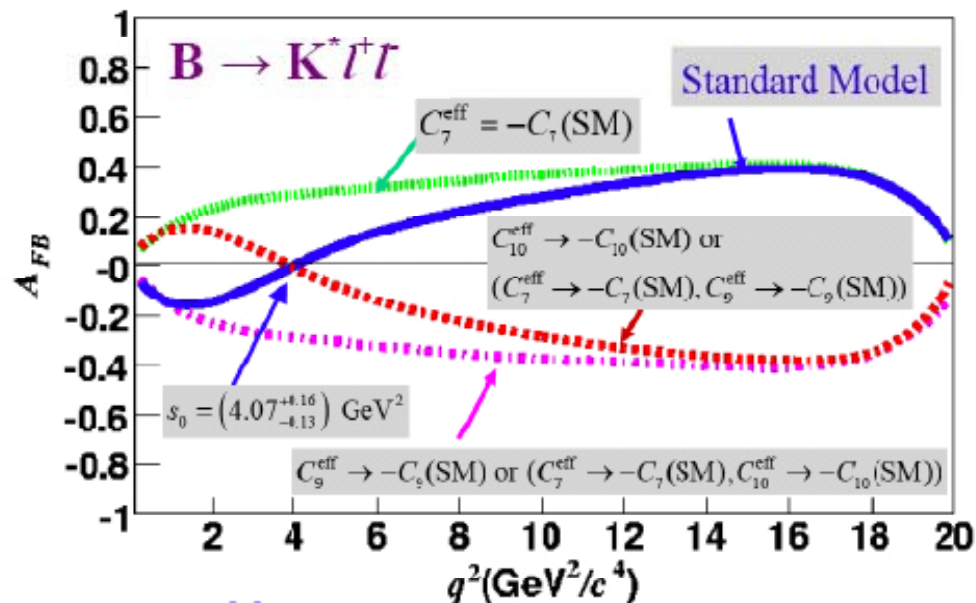
$$B(B^+ \rightarrow \mu^+ \nu) < 1.7 \times 10^{-6}$$

$$B(B^+ \rightarrow e^+ \nu) < 0.98 \times 10^{-6}$$

# B → K\* l l

$B \rightarrow K^{(*)} l^+ l^-$  receives contributions from  $C_7$  (photon penguin),  $C_9$  (vector EW) and  $C_{10}$  (axial-vector EW)

- Also substantial long-distance contributions ( $J/\psi K$  and  $\Psi(2s)K$ )



Interference between contributing amplitudes produces asymmetries in lepton angular distribution

- $A_{FB}$  sensitive to non-SM values of Wilson coefficients

