Meritev $A_{FB}^{\mathrm{b\bar{b}}}$ z nabitimi kaoni kot označevalci naboja

Delphi

IJS

CERKNO, 17. januar 2000

M. Bračko

I Predigra

II Ideje in smernice

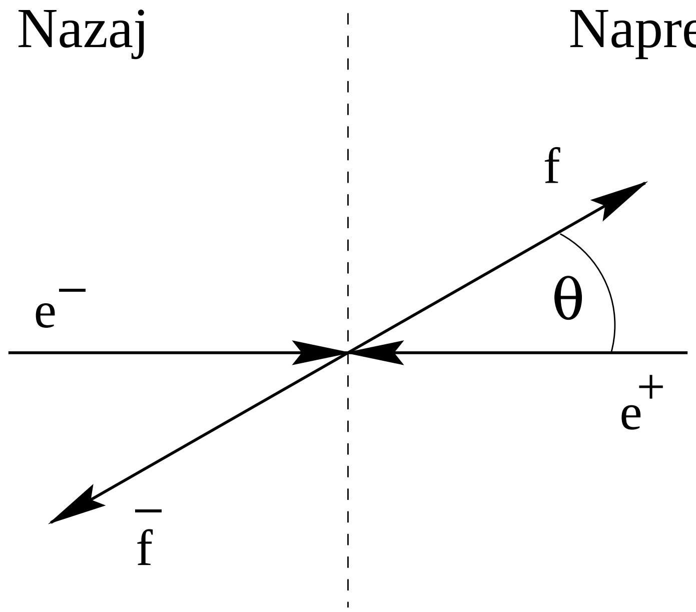
III Meritve in analiza podatkov

IV Rezultati

V Zaključki

Predigra

☞ Asimetrija naprej-nazaj (A_{FB}) - parametrizacija



- Parametrizacija diferencialnih presekov:

$$\sigma_{\mathrm{f},\bar{\mathrm{f}}}(\vartheta) \propto 1 + \cos^2\vartheta \pm \frac{8}{3} A_{FB}^{\mathrm{f}\bar{\mathrm{f}}} \cos\vartheta$$

- Definicija asimetrije:

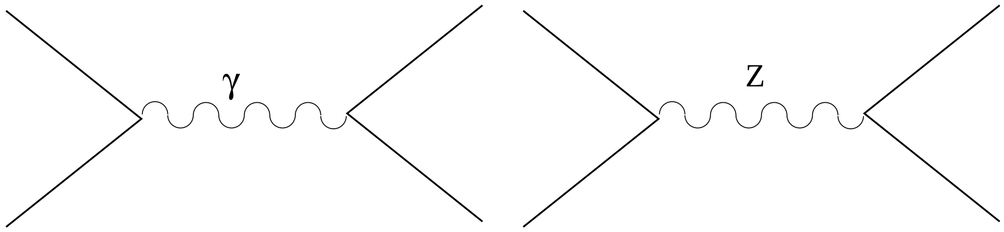
$$A_{FB}^{\mathrm{f}\bar{\mathrm{f}}} \equiv \frac{\sigma_F^{\mathrm{f}} - \sigma_B^{\mathrm{f}}}{\sigma_F^{\mathrm{f}} + \sigma_B^{\mathrm{f}}}$$

- Kotna odvisnost:

$$A_{FB}^{\mathrm{f}\bar{\mathrm{f}}}(\vartheta) = \frac{\sigma_{\mathrm{f}}(\vartheta) - \sigma_{\mathrm{f}}(\pi - \vartheta)}{\sigma_{\mathrm{f}}(\vartheta) + \sigma_{\mathrm{f}}(\pi - \vartheta)} = \frac{8}{3} A_{FB}^{\mathrm{f}\bar{\mathrm{f}}} \frac{\cos\vartheta}{1 + \cos^2\vartheta}$$

☞ Asimetrija - zakaj?

➪ Feyn. diagrama najnižjega reda za anihilacijo e^+e^-:



➪ $E_{CMS} \approx M_{Z^0}c^2 \Rightarrow$ samo diagram za Z^0:

$$A_{FB}^{f\bar{f}} \approx \frac{3}{4}\frac{2a_e v_e}{a_e^2 + v_e^2}\frac{2a_f v_f}{a_f^2 + v_f^2} = \frac{3}{4} A_{FB}^e \, A_{FB}^f$$

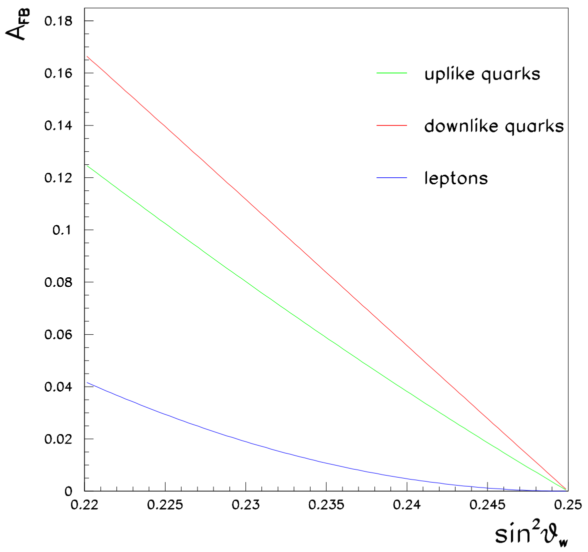
➪ Meritev $A_{FB} \Rightarrow$ Weinbergov kot (parameter SM) :

$$\frac{v_f}{a_f} = 1 - 4|Q_f| \sin^2 \vartheta_W$$

➪ Elektrošibki popravki višjega reda, ki vključujejo maso higgsa:

$$\sin \vartheta_W \Rightarrow \sin \vartheta_{eff}^f, \qquad \frac{v_f}{a_f} \Rightarrow \frac{\overline{v}_f}{\overline{a}_f} = 1 - 4|Q_f| \sin^2 \vartheta_{eff}^f$$

➪ Odvisnost asimetrije od ϑ_{eff}^f:

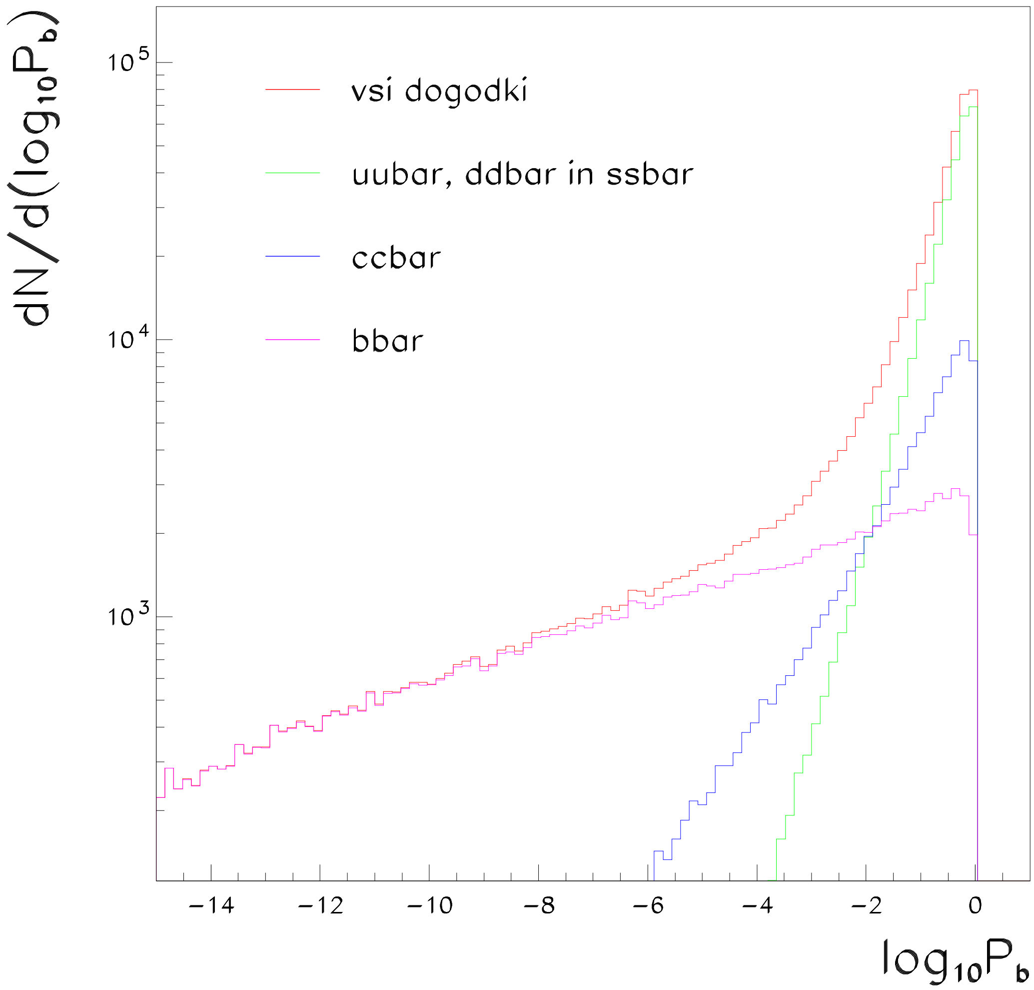


Ideje in smernice

☞ Merimo $A_{FB}^{b\bar{b}}$:

➩ Teoretska motivacija:
Pričakujemo največjo odvisnost od $\sin^2 \vartheta_{eff}$ ravno za kvarke b

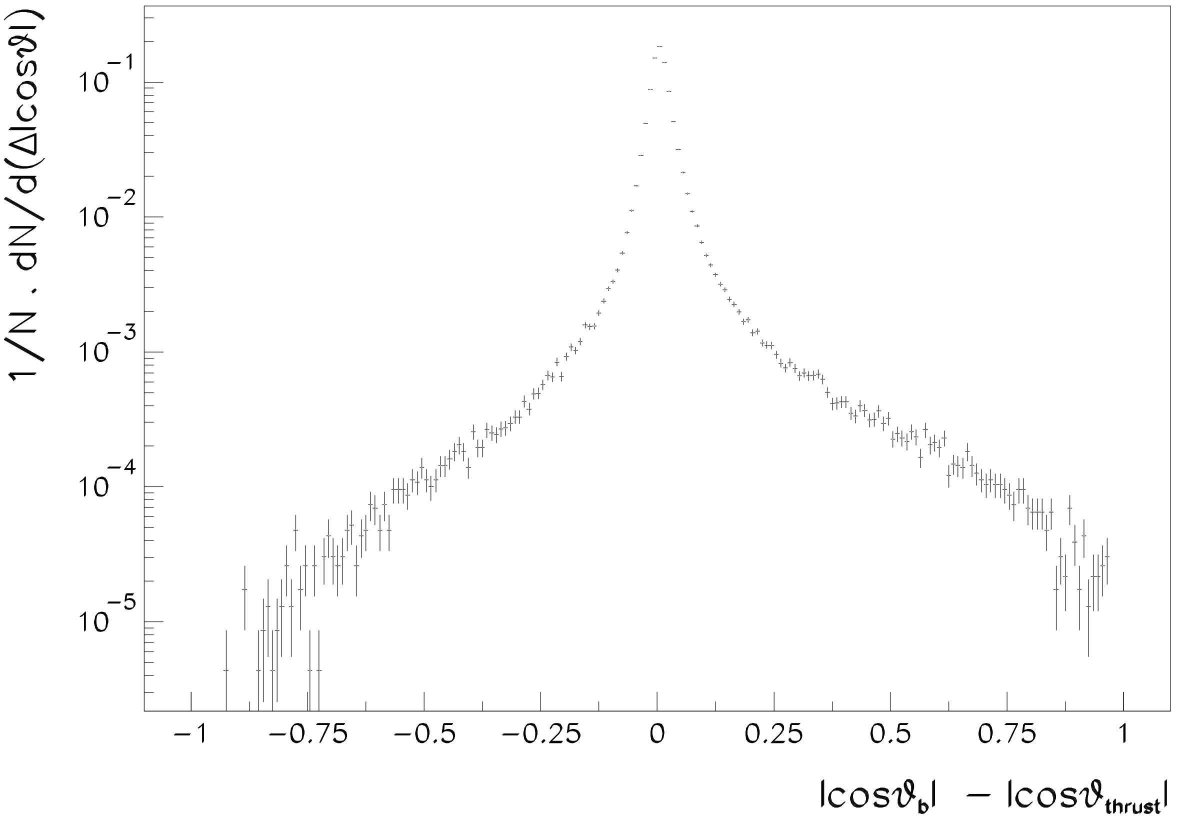
➩ Eksperimentalna motivacija:
Življenjski čas hadronov B je $\sim 10^{-12}\ s$; lahko opazimo njihove razpade izven interakcijske točke → b-tagging



☞ Smer nastalega (anti)kvarka:

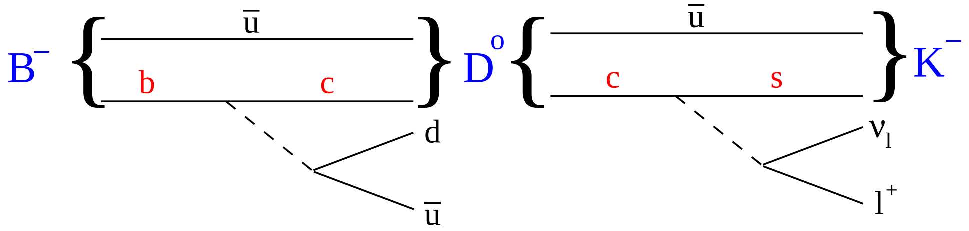
Smer leta (anti)kvarka aproksimiramo s thrust osjo:

$$\vec{T} = \max_{\vec{n}} \left\{ \frac{\sum_{i=1}^{N} |\vec{n} \cdot \vec{p_i}|}{\sum_{i=1}^{N} |\vec{p_i}|} \right\}$$



☞ Naboj nastalega kvarka:

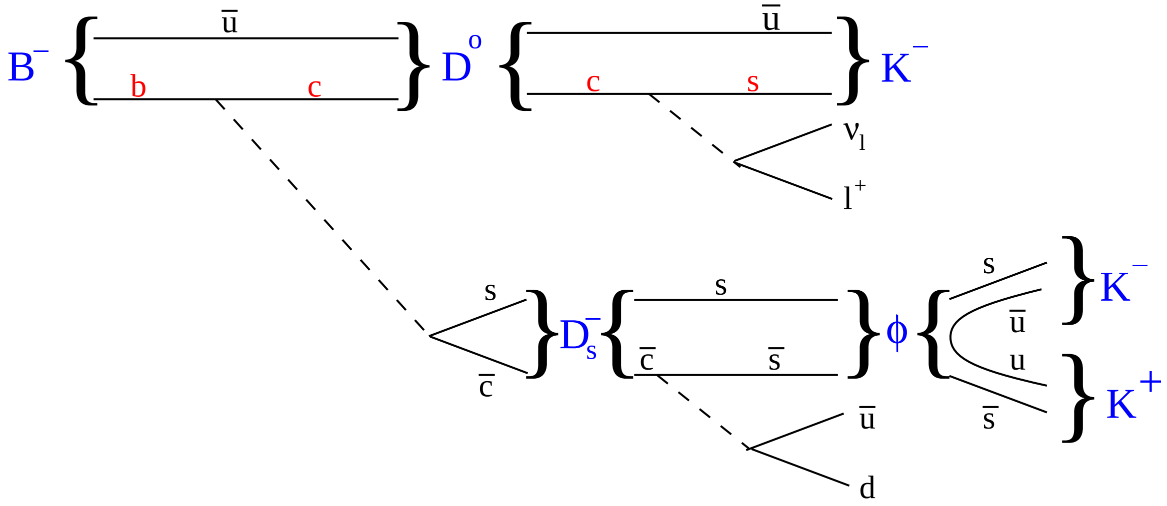
➪ Najpomembnejši razpadni način: $b \to c \to s$ ($\bar{b} \to \bar{c} \to \bar{s}$)



$$\boxed{K^- \Rightarrow b \qquad K^+ \Rightarrow \bar{b}}$$

➪ Težave pri označevanju naboja:

- ✩ Več različno nabitih kaonov v dogodku



- ✩ Mešanje mezonov B
- ✩ Identifikacija $\pi^\pm$ / $K^\pm$
- ✩ Direktni kaoni iz fragmentacije
- ✩ Ozadje iz $Z^0 \to c\,\bar{c}$
- ✩ Asimetrija zaradi materiala v detektorju: Preseki za reakcije $K^+p(n)$ in $K^-p(n)$ so različni

☞ Kako do $A_{FB}^{b\bar{b}}$?

➪ Merimo kaonsko asimetrijo:

$$A'_{FB}(\vartheta) = \frac{N_{K^-}(\vartheta) - N_{K^+}(\vartheta)}{N_{K^-}(\vartheta) + N_{K^+}(\vartheta)}$$

➪ Povezava z asimetrijo kvarkov b:

$$A'^{,b}_{FB}(\vartheta) = (2c_b^K - 1)\frac{8}{3}A_{FB}^{b\bar{b}}\frac{\cos\vartheta}{1+\cos^2\vartheta} - A_{mat}^K$$

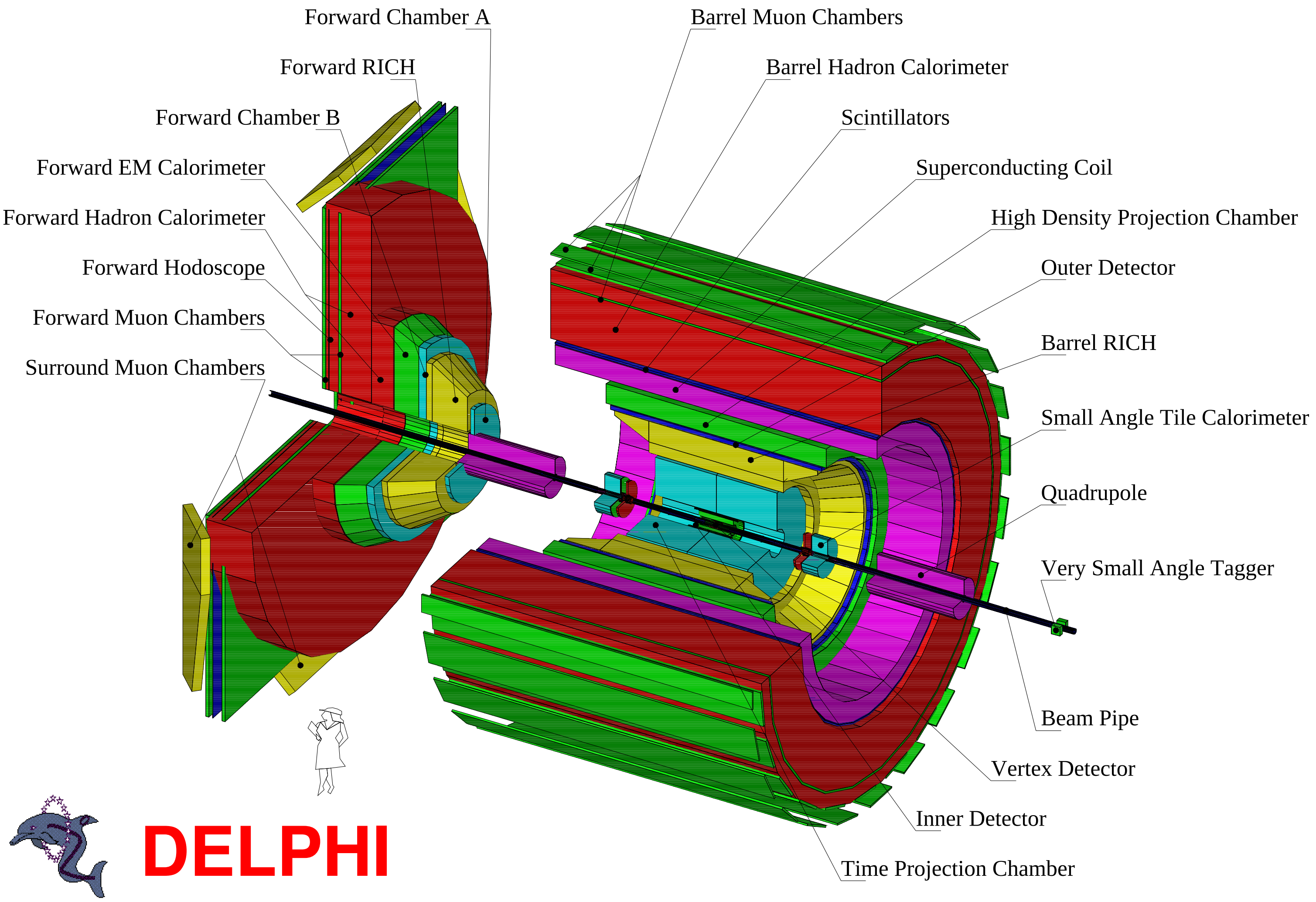
c_b^K : Verjetnost za pravilno določitev naboja kvarka b
A_{mat}^K : Asimetrija materiala

➪ Potrebujemo še:

- ✩ Delež kaonov iz ne-b$\bar{b}$ dogodkov
- ✩ Slabilni (dilution) faktor $(2c_b^K - 1)$
- ✩ Asimetrijo materiala $\frac{\delta}{2}$

Meritve in analiza podatkov

☞ Podatki:
Meritve so bile opravljene v letih 1992-1995 pri $E_{CMS} \sim M_{Z^0}c^2$ s spektrometrom DELPHI.



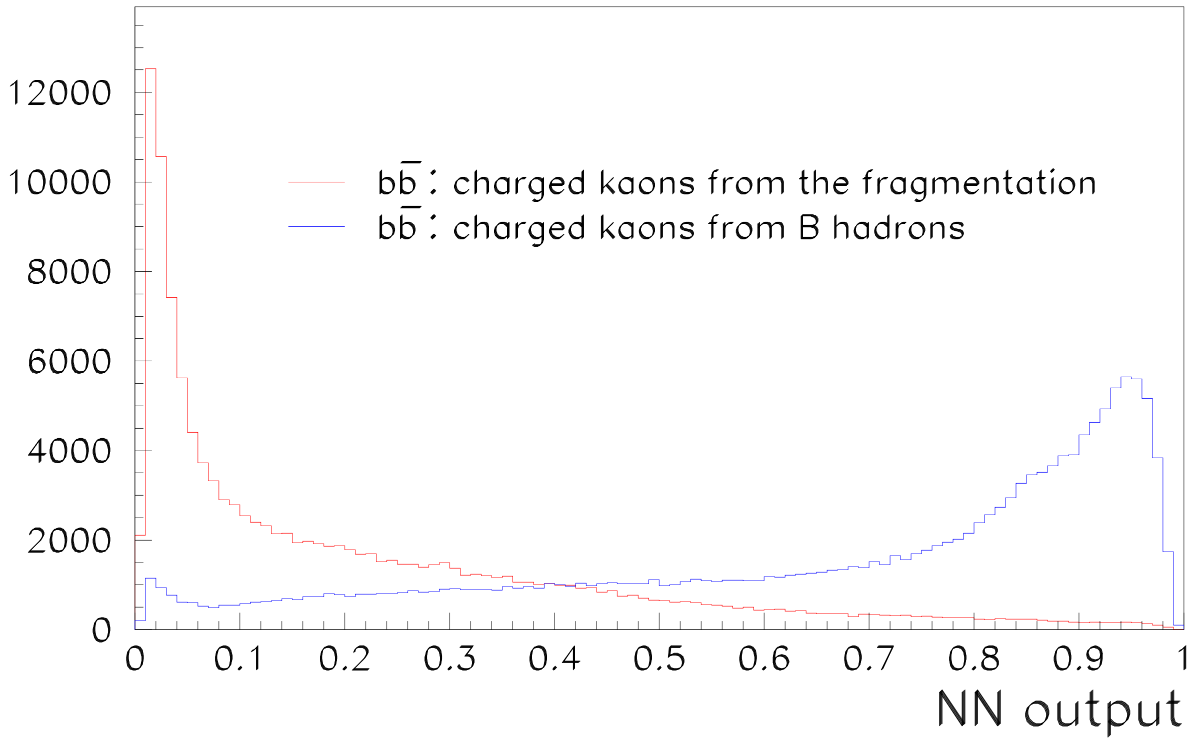
☞ Izbira dogodkov:

➣ Dogodki $b\bar{b}$: Izberemo jih z b-tagom $\Rightarrow$ Zaradi geometrije verteks detektorja se omejimo na področje $|\cos(\vartheta)| < 0.7$.

➣ Identifikacija $K^{\pm}$:
Barrel RICH detektor (tekoči + plinasti sevalec) in $p_K > p_K^{min}$

➣ $K^{\pm}$ iz $b(\bar{b})$:
Značilne količine (rapidity nabite sledi; gibalna količina; verjetnosti, da prihaja sled iz primarnega ter sekundarnega verteksa;...) kombiniramo v izhod nevronske mreže:

1: $K^{\pm}$ je iz razpada hadronov B ; 0: $K^{\pm}$ je iz fragmentacije



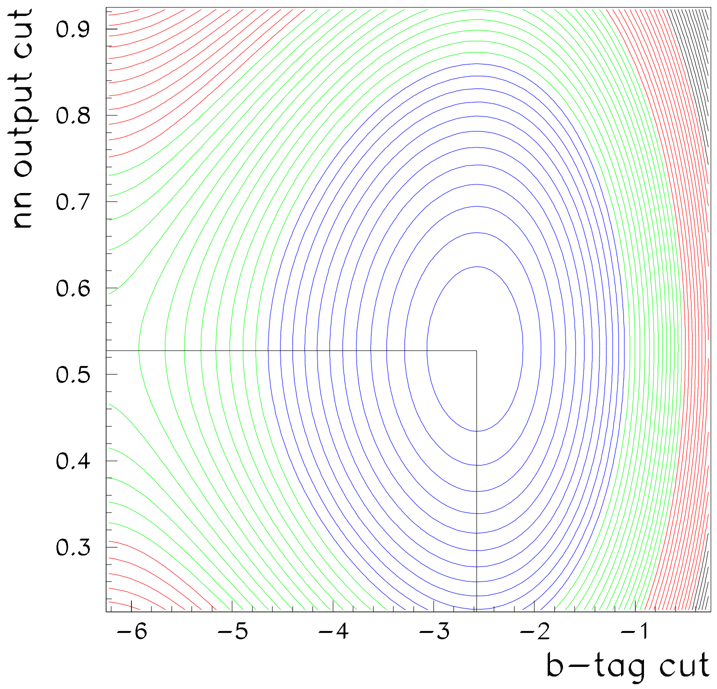
$\Rightarrow$ Izberemo vse $K^{\pm}$, pri katerih je $NNoutput > NN^{cut}$ $\rightarrow$ med njimi izberemo kaon z največjo vrednostjo izhoda nevronske mreže.

✂ Velikosti rezov:

Konkretne vrednosti rezov po b-tagu in izhodu nevronske mreže (delovne točke) določimo z optimizacijo statistične signifikance na MC (= optimizacija glede na izkoristek − čistost):

$$S = \frac{A'_{FB}}{\sigma_{A'_{FB}}}$$

⇒ za l. 1994 (∼1/2 MC statistike)

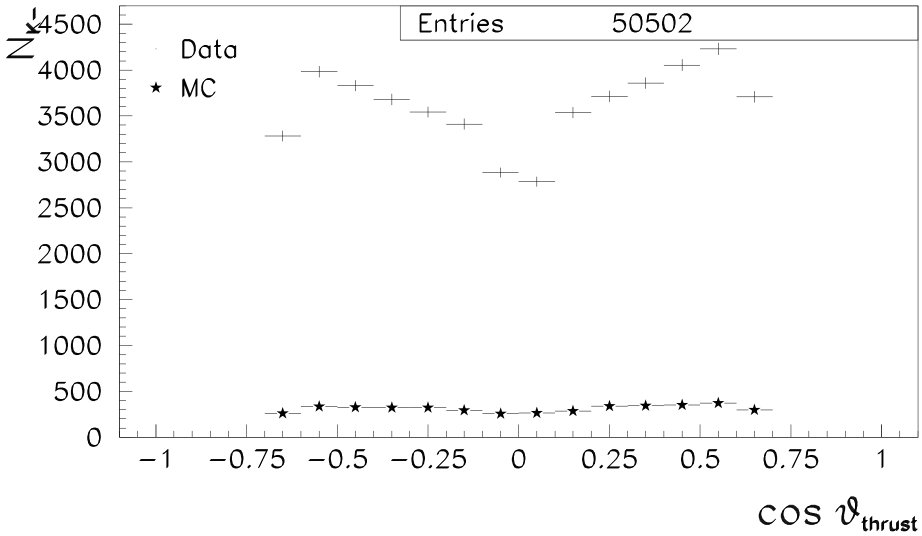


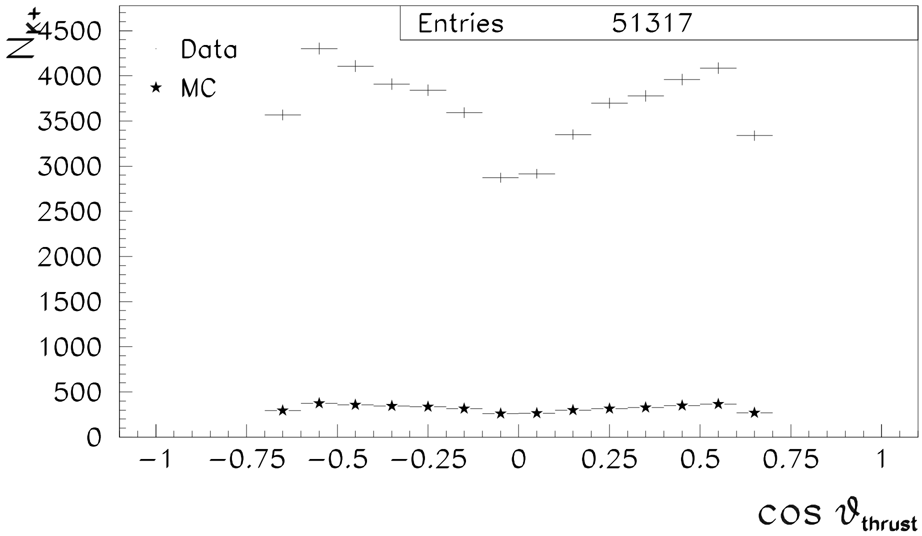
➩ Določimo delovne točke za vsako od štirih let zajemanja podatkov.

☞ Izbrani kaoni:

- Delež kaonov iz ne-$b\overline{b}$ dogodkov določimo na MC

- 1994 data ($\sim 1/2$ statistike)





☞ Asimetrija zaradi materiala :

➪ Asimetrija

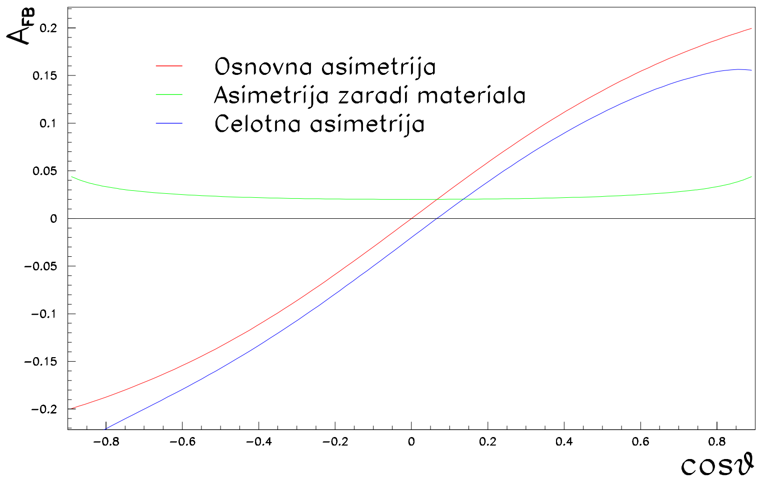
$$A^{\mathrm{K}}_{mat} = \frac{1-r}{1+r} \approx \frac{1-r}{2}$$

$r = \frac{\varepsilon_{\mathrm{K}}^{-}}{\varepsilon_{\mathrm{K}}^{+}}$: Razm. verjetnosti, da $\mathrm{K}^{\pm}$ preživijo pot skozi detektor

➪ Sorazmernost prepotovani poti:

$$\frac{1-r}{2} \sim L\left(\frac{1}{\lambda^{-}_{int}} - \frac{1}{\lambda^{+}_{int}}\right) = L\rho^{tar\check{c}}[\sigma(\mathrm{K}^{-}) - \sigma(\mathrm{K}^{+})]$$

➪ Za $A_{FB} = 0.1125$ in $b = 0.02$



➪ Približek s konstanto:

Asimetrijo materiala lahko aproksimiramo s konstanto in pustimo kot prosti parameter, tako da prilagajamo funkcijo:

$$(2c^{\mathrm{K}}_{\mathrm{b}} - 1)\frac{8}{3}A^{\mathrm{b\bar{b}}}_{FB}\frac{\cos\vartheta}{1+\cos^2\vartheta} - \frac{\delta}{2}$$

$\Rightarrow$ Tipična vrednost asimetrije materiala v detektorju: $\frac{\delta}{2} \sim 0.8\%$

➪ Površna ocena (PDG + DELPHI detektor):

$$A^{mat} \sim \frac{1}{2}[\sigma(\mathrm{K}^{-}) - \sigma(\mathrm{K}^{+})]\, L\rho \sim 4\ \mathrm{mb}\, 4\cdot 10^{28}\ \mathrm{m}^{-2}\frac{\sqrt{3}}{2} 0,7 \sim 1\ \%$$

☞ Slabilni (dilution) faktor $(2c_{\mathrm{b}}^{\mathrm{K}} - 1)$:

- Določimo ga na izmerjenih podatkih $\Rightarrow$ rešimo se odvisnosti od izkoristkov (= ne potrebujemo MC)
- Dvojni tag:
  Sedaj izberemo v vsaki polovici detektorja en $\mathrm{K}^{\pm}$
- Oznake:

$$N^{opp}(\vartheta) = N^{-+}(\vartheta) + N^{+-}(\vartheta)$$

$$N^{like}(\vartheta) = N^{--}(\vartheta) + N^{++}(\vartheta)$$

- Merimo razmerje:

$$\frac{N^{opp}(\vartheta) - N^{like}(\vartheta)}{N^{opp}(\vartheta) + N^{like}(\vartheta)}$$

- Povezava z $(2c_{\mathrm{b}}^{\mathrm{K}} - 1)$:

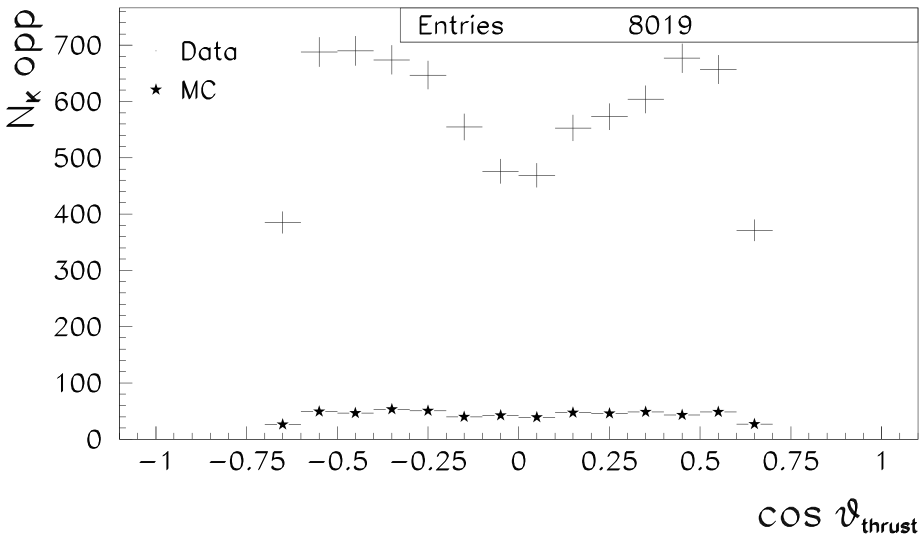
$$\frac{N_{\mathrm{b}}^{opp}(\vartheta) - N_{\mathrm{b}}^{like}(\vartheta)}{N_{\mathrm{b}}^{opp}(\vartheta) + N_{\mathrm{b}}^{like}(\vartheta)} = \left(2c_{\mathrm{b}}^{\mathrm{K}} - 1\right)^2$$

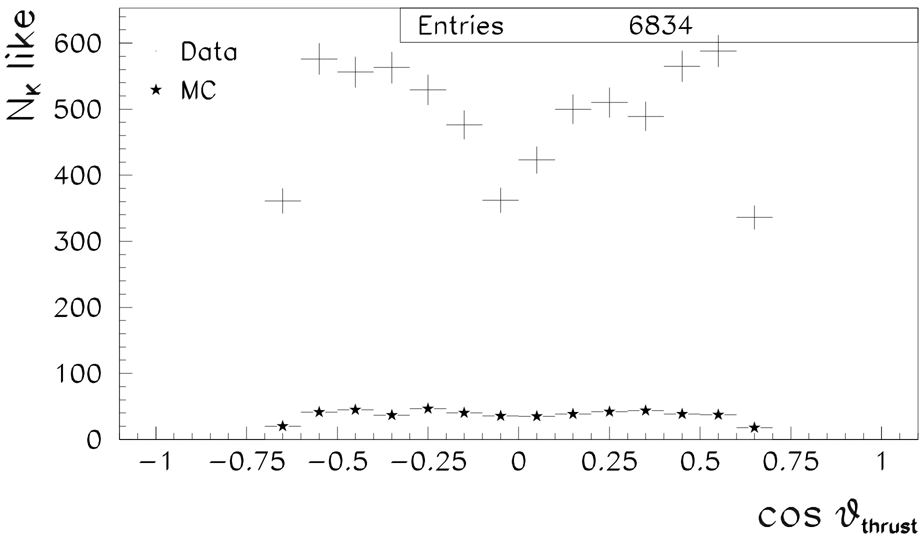
- Potrebujemo torej spet delež ne-$\mathrm{b}\overline{\mathrm{b}}$ dogodkov.

☞ Dogodki, izbrani z dvojnim taggom:

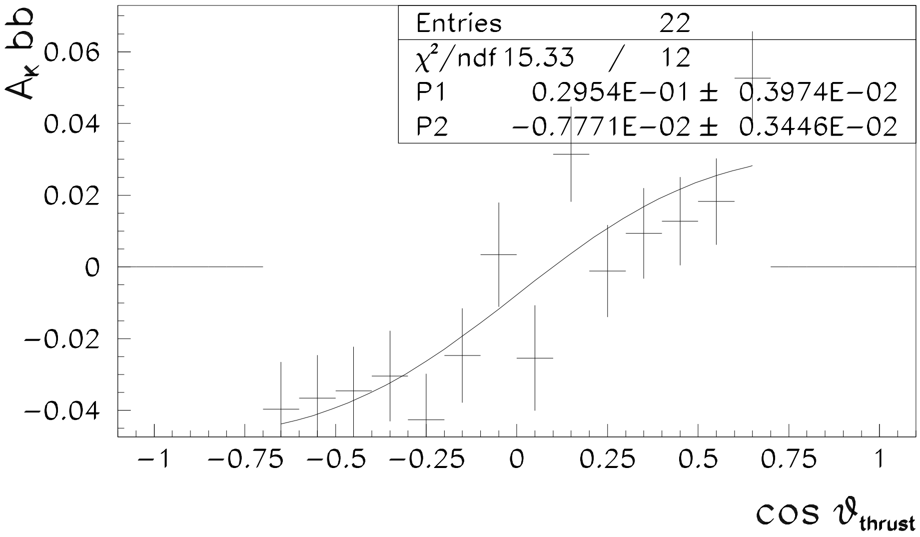
➪ Delež kaonov iz ne-b$\overline{\text{b}}$ dogodkov določimo na MC

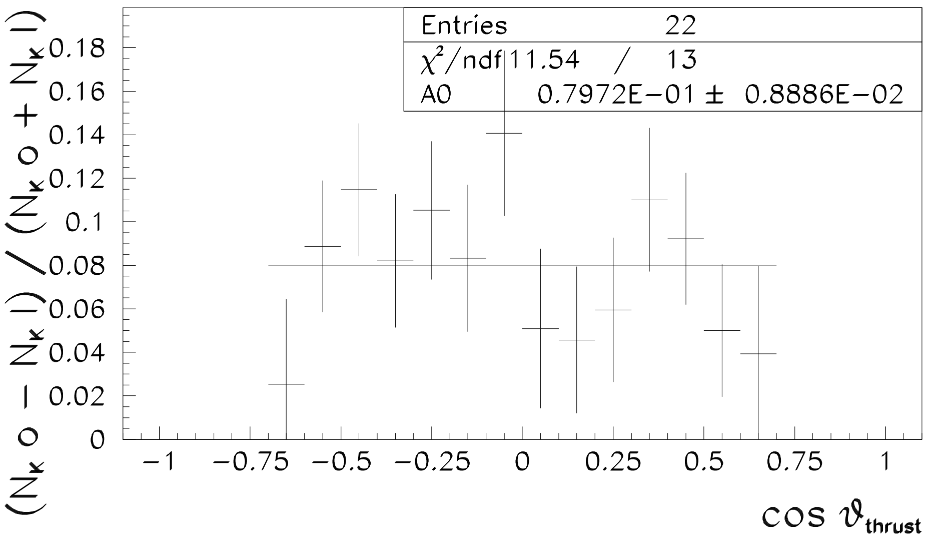
➪ 1994 data ($\sim$ 1/2 statistike)





☞ Meritev (podatki 1994):





$\rightarrow (2c_{\mathrm{b}}^{\mathrm{K}} - 1) = 0.282 \pm 0.016$

➪ Izmerjena asimetrija:

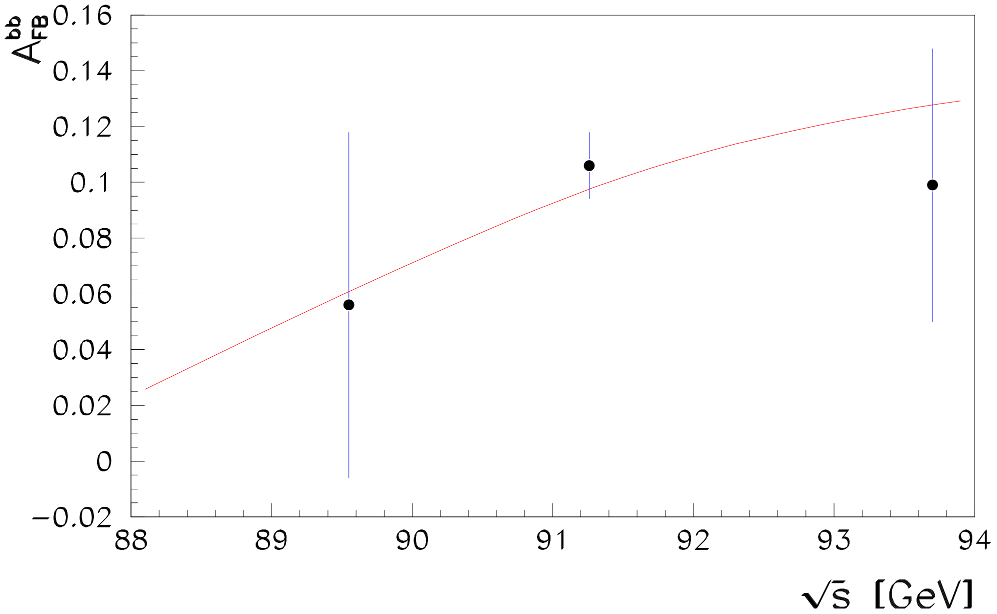
$$\boxed{A_{FB}^{\mathrm{b}\bar{\mathrm{b}}} = 0.105 \pm 0.015}$$

Rezultati

- Asimetrijo merimo za tri različne energije:
  Z^0peak (1992-1995) in Z^0peak $\pm$ 2 (1993 in 1995)
- Zaradi manjše statistike uporabimo $(2c_b^K - 1)$, izmerjen za Z^0 peak, tudi za Z^0peak $\pm$ 2
- Kombinirane vrednosti:

Tip podatkov	Energija [GeV/c^2]	$A_{FB}^{b\bar{b}}$
Z^0peak - 2	89.55	0.056 ± 0.062
Z^0peak	91.26	0.106 ± 0.012
Z^0peak + 2	92.94	0.099 ± 0.049

- Primerjava s SM (ZFITTER):



Zaključki

- ✔ Za končni izračun asimetrijo materiala tudi določim iz izmerjenih podatkov.

- ✔ Sistematične napake so v delu ($\sim$ red velikosti manjše od statističnih)

- ✔ Disertacija, članek, ...