

MISURA DELLA TRASVERSALITA' DEL NUCLEONE AL CERN E A RHIC

Anna Martin

Universita' di Trieste e INFN Trieste



- **Introduzione**
 - **Struttura del nucleone**
- **Misura della trasversalita' del nucleone**
 - **Possibili canali: SIDIS e collisioni pp ad alta energia**
 - **CERN: COMPASS (SIDIS)**
 - **RHIC (pp)**
- **Conclusioni**



La struttura del nucleone

A *leading twist* la struttura a quark dei nucleoni e' descritta da

3 funzioni di distribuzione partoniche (PDF) diverse:

$q(x)$: densita' o distribuzione non polarizzata



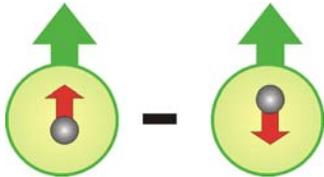
probabilita' di trovare un quark con una frazione x del momento del nucleone

$\Delta q(x) = q^{\rightarrow} - q^{\leftarrow}$: distribuzione di polarizzazione longitudinale *elicita'*



in un nucleone polarizzato longitudinalmente, probabilita' di trovare un quark con spin parallelo a quello del nucleone

$\Delta_{\perp} q(x) = q^{\uparrow} - q^{\downarrow}$: distribuzione di polarizzazione trasversa *trasversalita'*



in un nucleone polarizzato trasversalmente (risp. p), probabilita' di trovare un quark con spin parallelo a quello del nucleone

q indica qui quark o antiquark di un determinato sapore; *notazione: Barone, Drago, Raftcliffe 2001*

OGGI considerate ugualmente importanti

PDF e funzioni di struttura

scattering fortemente inelastico leptone-nucleone (DIS)
ruolo chiave nella determinazione della struttura partonica
dei nucleoni



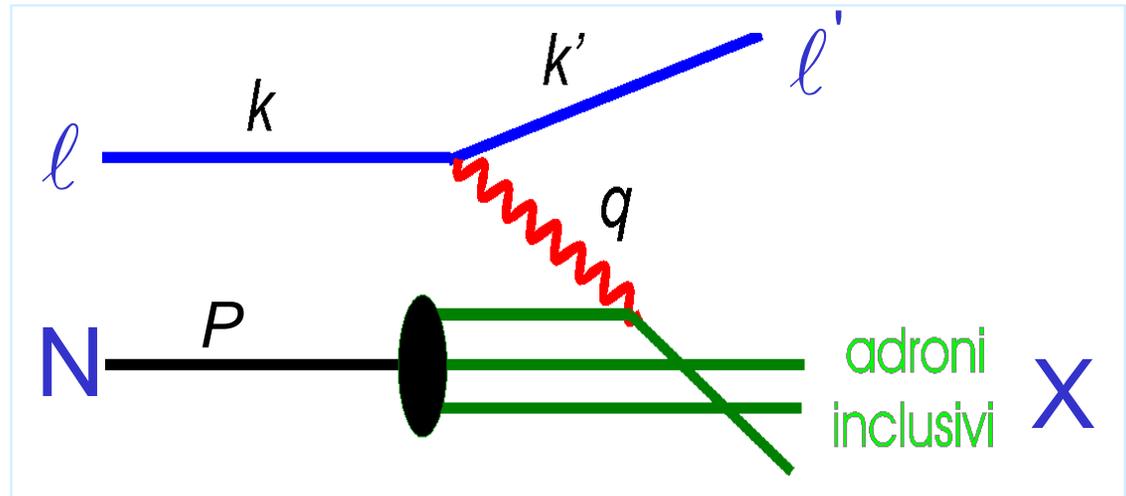
$$Q^2 = -q^2 > 0$$

$$\nu = E - E'$$

$$x = Q^2 / 2M\nu$$

$$y = \nu/E$$

$$\gamma = \sqrt{Q^2} / \nu$$



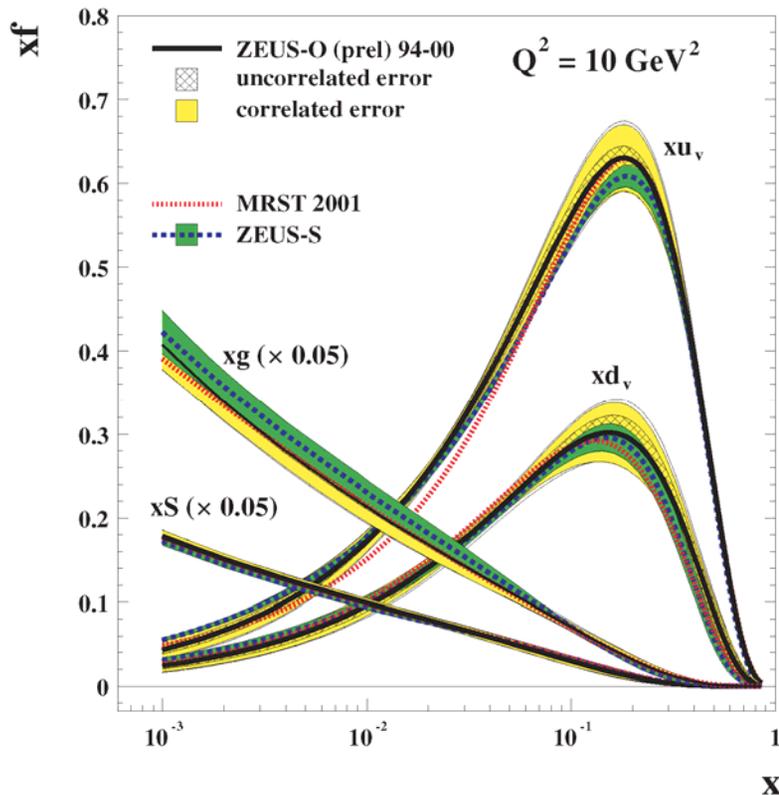
$$Q^2 \gg M^2, W^2 = (P+q)^2 \gg M^2$$

PDF e funzioni di struttura - $q(x)$

I DIS non polarizzato

$$\frac{d\sigma}{dx dy} = \frac{e^4}{4\pi^2 Q^2} \cdot \left\{ \frac{y}{2} \cdot F_1 + \frac{1}{2xy} \cdot \left(1 - \frac{y}{2} - \frac{y^2}{4} \cdot \gamma^2 \right) \cdot F_2 \right\}$$

↑
↑



Nel modello a partoni

$$F_2(x) = 2x \cdot F_1(x) \quad \text{Callan-Gross}$$

e

$$F_1(x) = \frac{1}{2} \sum_a e_a^2 \cdot [q_a(x) + \bar{q}_a(x)]$$

⇒ $q_a(x)$ da analisi globale dati DIS e hard scattering (QCD fits)

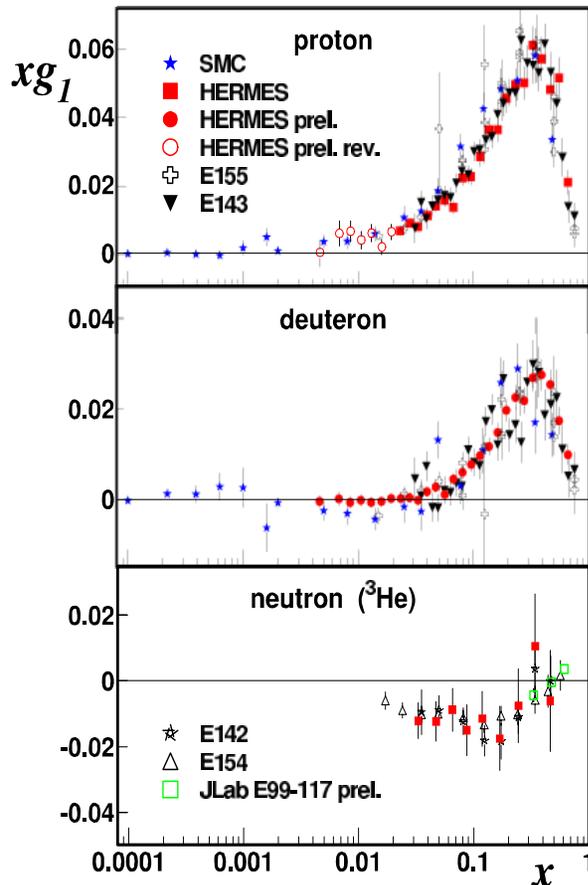
PDF e funzioni di struttura - $\Delta q(x)$

I DIS polarizzato: fascio e bersaglio polarizzati longitudinalmente
rispetto a direzione del fascio

$$\frac{d\Delta\sigma}{dx dy} = \lambda \cdot \frac{e^4}{4\pi^2 Q^2} \cdot \left[\left(1 - \frac{y}{2} - \frac{y^2}{4} \cdot \gamma^2 \right) \cdot g_1 - \frac{y}{2} \cdot \gamma^2 \cdot g_2 \right]$$

$$d\sigma = d\bar{\sigma} \pm d\Delta\sigma$$

↑ elicità fascio/
pol bersaglio



g_1 misurata a

SLAC, EMC, SMC, HERMES:

per estrarre $d\Delta\sigma$ si cambia la polarizzazione o l'elicità del fascio del fascio

g_2 e' soppressa di un fattore $\gamma^2 \approx 0.01$ a 100 GeV (SMC, SLAC)

nel modello a partoni

$$g_1(x) = \frac{1}{2} \sum_a e_a^2 \cdot [\Delta q_a(x) + \Delta \bar{q}_a(x)]$$

Lo spin del nucleone - $\Delta q(x)$

misurata $g_1(x) = \frac{1}{2} \sum_a e_a^2 \cdot [\Delta q_a(x) + \Delta \bar{q}_a(x)]$ (piccolo x)

si puo' determinare $\Gamma_1 = \int_0^1 g_1(x) dx$

e quindi $\Delta \Sigma = \Delta u + \Delta d + \Delta s$ $\Delta q = \int_0^1 [\Delta q(x) + \Delta \bar{q}(x)] dx$
nel QPM e' la somma dei contributi dei quark allo spin del nucleone

$\Delta u, \Delta d, \Delta s$ da **asimmetria di produzione di adroni in DIS semi-inclusivo**
ma anche da **costanti di decadimento debole dell'ottetto barionico**

$$\Delta u - \Delta d = F + D = 1.257 \pm 0.003$$

$$\Delta u + \Delta d - 2 \Delta s = 3F - D = \sqrt{3} \cdot [0.34 \pm 0.02]$$

$$\Delta \Sigma = 0.36 \pm 0.06 \quad [\text{SLAC, EMC 88; EJ: 0.6}]$$

→ **CRISI DELLO SPIN**

$$S_z = \frac{1}{2} \Delta \Sigma + \Delta G + \langle L_z \rangle$$

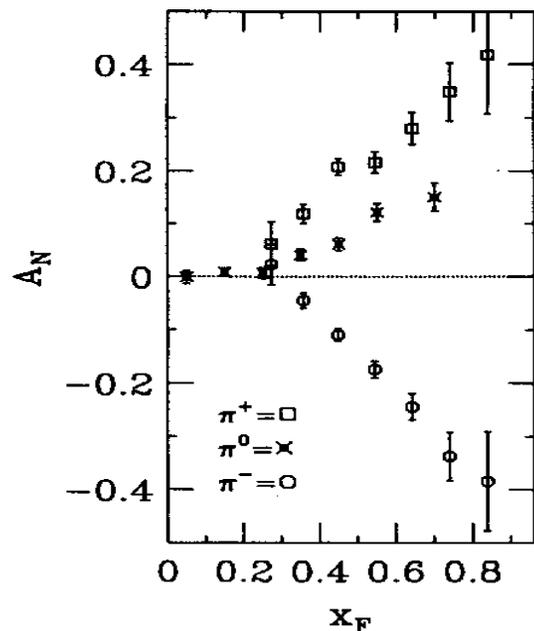
La trasversalita' del nucleone - $\Delta_T q(x)$

la trasversalita' non e' stata presa in considerazione per lungo tempo:

Particelle relativistiche: spin 4-vettore tale che se $p \rightarrow$ infinito $s_T/s_L \rightarrow 0$: spin trasverso essenzialmente irrilevante per particelle ultrarelativistiche e hard scattering ($Q^2 \gg m$)

nonostante
evidenza sperimentale per effetti di
spin trasverso non trascurabili anche
ad alte energie

- polarizzazione iperoni
- effetti a grande p_t nelle interazioni adroniche
- asimmetrie in produzione di adroni



Transverse single pion asymmetry A_N da E704, 1991

La trasversalita' del nucleone - $\Delta_T q(x)$

ora situazione completamente diversa:

- la polarizzazione trasversa dei quark e' ormai un capitolo consolidato
- l'importanza di $\Delta_T q(x)$ e' indiscussa
- progressi rapidissimi, soprattutto nella teoria

Non *remake* dell'elicita': con la trasversalita' si indagano aspetti diversi della struttura dei nucleoni

- $\Delta_T q(x)$ non si accoppia con i gluoni: niente anomalia, evoluzione diversa da $\Delta q(x)$
- differenze tra $\Delta q(x)$ e $\Delta_T q(x)$ evidenzierebbero effetti relativistici nella funzione d'onda dei nucleoni

- **diseguaglianza di Soffer** [95] $\Delta_T q(x) \leq q(x) + \Delta q(x)$ non per questo trasc

- **carica tensoriale** [91-92] $g_T = \Sigma \int dx [\Delta_T q(x) - \Delta_T \bar{q}(x)]$
analoga di $g_A = \Sigma \int dx [\Delta q(x) + \Delta \bar{q}(x)]$

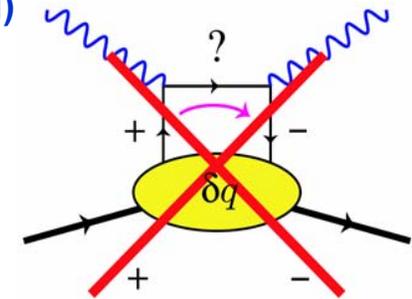
- **relazione con spin** [Leader 2004] $\frac{1}{2} = \frac{1}{2} \sum_{q,\bar{q}} \int \Delta_T q(x) dx + \sum_{q,\bar{q},g} \langle L_{S_T} \rangle$
analoga di $s_z = \frac{1}{2} \Delta \Sigma + \Delta G + \langle L_z \rangle$

Misura di $\Delta_T q(x)$

$\Delta_T q(x)$ T-odd: non interviene direttamente in DIS (incl)

molto piu' difficile da misurare

deve essere accoppiata a un'altra funzione T-odd



Possibilita':

- **DIS semi-inclusivo: "quark polarimetry"**
 - **Polarimetria Λ**
 - **Effetto Collins**
- **Hard scattering**
 - **Drell-Yan**
 - **Asimmetrie di spin singolo**

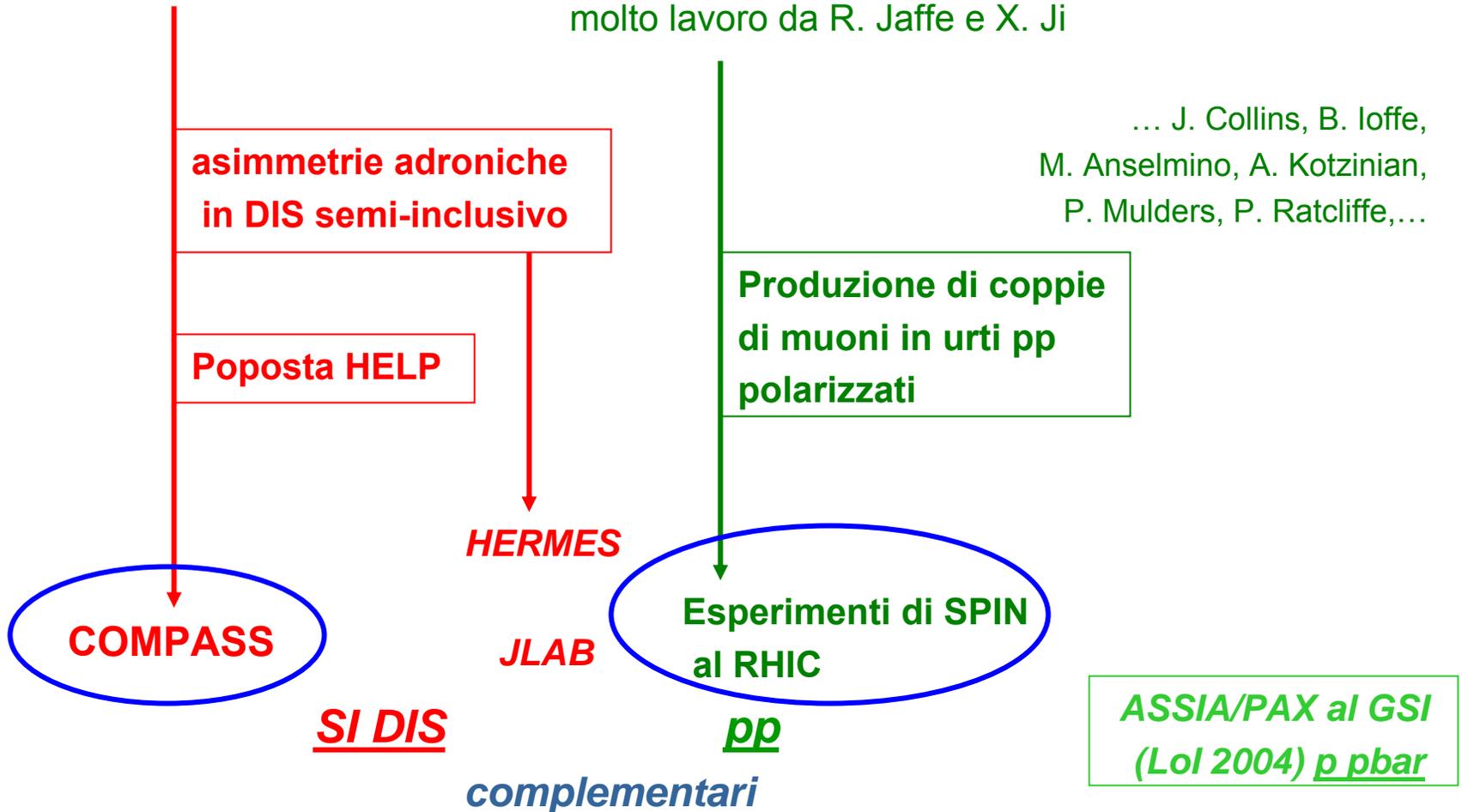
Esperimenti

interesse riconosciuto da J.P. Ralston e D.E. Soper ('79)

riscoperte da X. Artru e M. Mekhfi ('90)

molto lavoro da R. Jaffe e X. Ji

... J. Collins, B. Ioffe,
M. Anselmino, A. Kotzinian,
P. Mulders, P. Ratcliffe,...



**COmmon
Muon and
Proton
Apparatus for
Structure and
Spectroscopy**

NA58

Czech Republic, Finland, France, Germany, India, Israel,
Italy, Japan, Poland, Portugal, Russia, Switzerland
28 Istituti, piu' di 200 fisici



esperimento a bersaglio fisso all'SPS del CERN

uno spettrometro nuovo, versatile e con prestazioni elevate

- Lol presentata a Marzo '95
- proposto nel Marzo '96
- approvato a Febbraio '97

programma iniziale di fisica sia con fasci di muoni che di adroni
presa dati iniziata nel 2002 → 2010 ecc

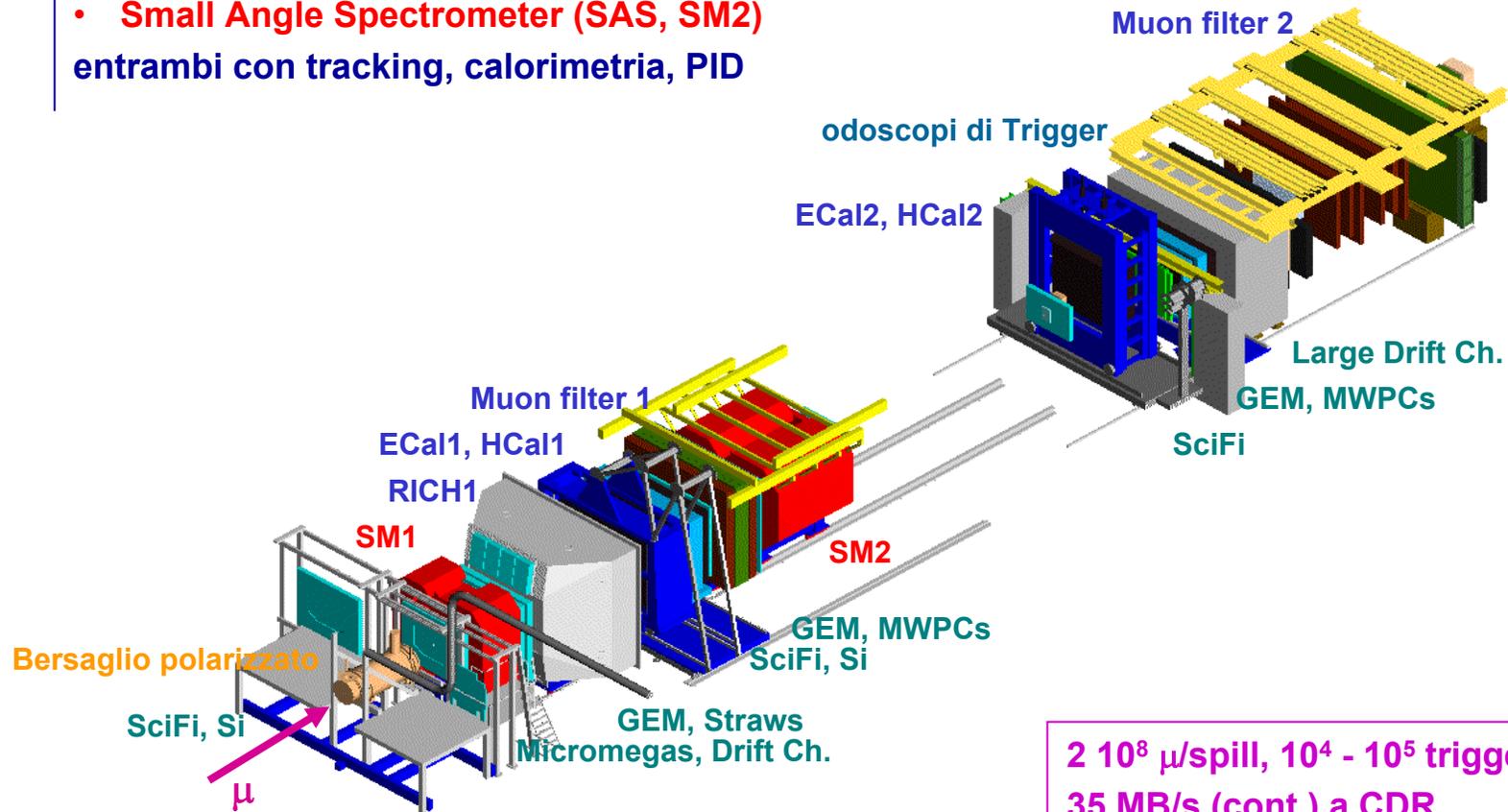
COMPASS: l'apparato sperimentale



spettrometro a due stadi

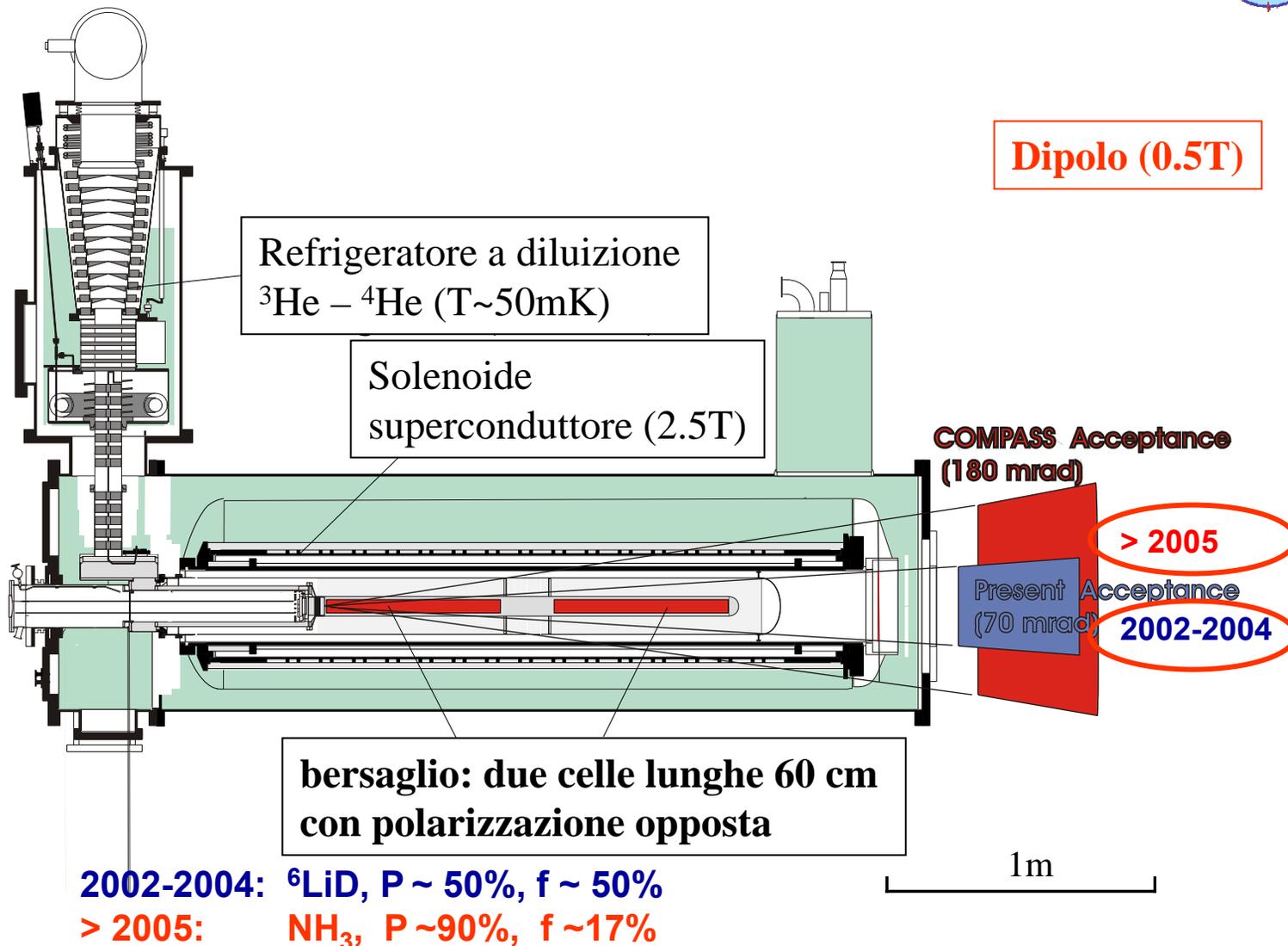
- Large Angle Spectrometer (LAS, SM1)
- Small Angle Spectrometer (SAS, SM2)

entrambi con tracking, calorimetria, PID



$2 \cdot 10^8 \mu/\text{spill}$, $10^4 - 10^5$ trigger/spill
35 MB/s (cont.) a CDR
~300 TB/anno di RAW data

Il bersaglio polarizzato



DATA TAKING IN 2002-2004

2002 & 2003: ^6LiD

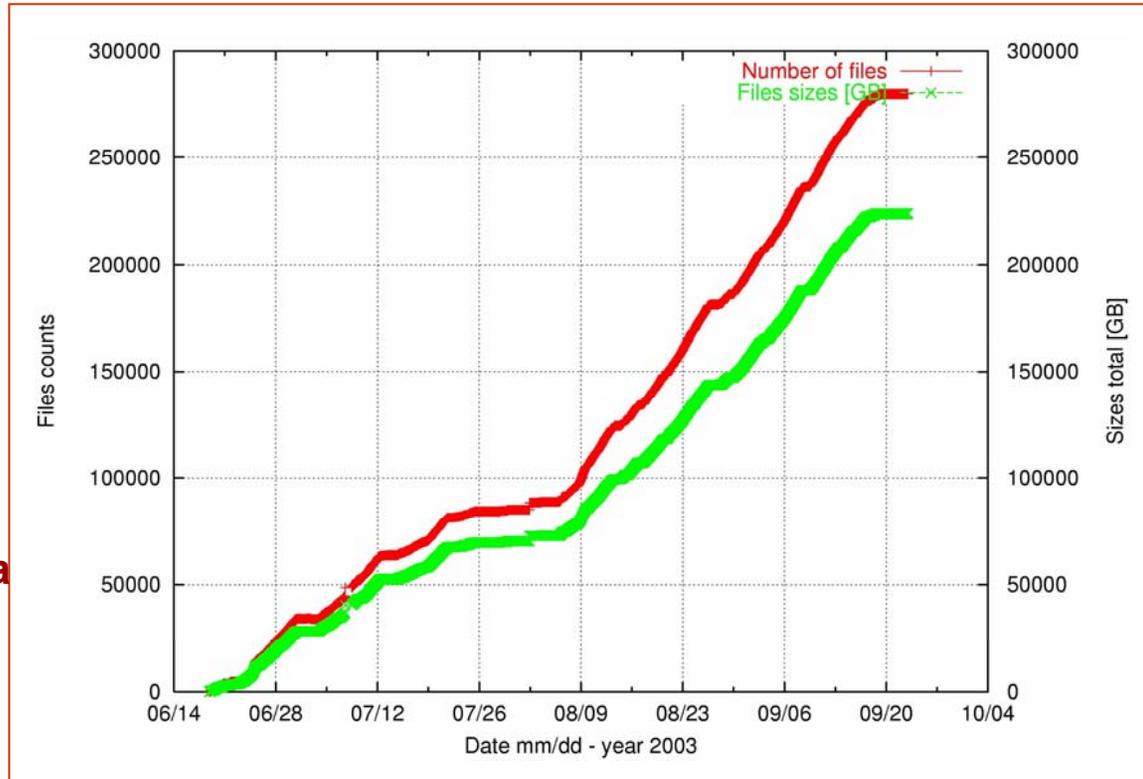
- 500 TByte di RAW Data
- polarizzazione trasversa
 - ~20%
 - $3 \cdot 10^9$ Events
 - 0.1% con $Q^2 > 1 \text{ (GeV/c)}^2$
(dopo tutti i tagli)

2004: ^6LiD

- run ancora in corso: stessa statistica di 2002 e 2003

2005: niente fasci al CERN

2006 -: (^6LiD e) protoni



ANALISI DATI

2002: analisi preliminare di tutti i dati

2003: dati processati; prime analisi preliminari

Segnali di trasversalita' in SIDIS



Con polarizzazione trasversa,

ci sono molti canali che potenzialmente sono adatti a cercare dei segnali di trasversalita' ("quark polarimetry"); ad es

- polarimetria con Λ
- asimmetrie azimutali per adrone "leading" (asimmetria di Collins)
- asimmetrie azimutali per adroni leading a sub-leading
- asimmetrie azimutali per due adroni
- produzione inclusiva di mesoni vettoriali

In COMPASS si possono studiare tutti

Con polarizzazione longitudinale effetto previsto piu' piccolo, ma misurabile (HERMES)

COMPASS puo' fare questa misura con statistica molto elevata (analisi non iniziata)



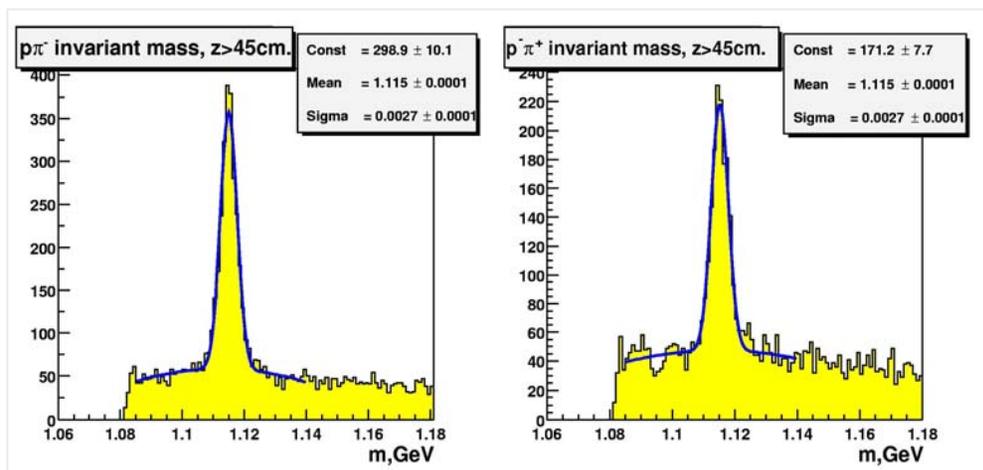
Polarizzazione di Λ e $\text{anti}\Lambda$

polarizzazione del quark trasferita alle Λ

polarizzazione delle Λ misurabile dalla distribuzione angolare del p e del π di decadimento

$$P_{\Lambda,S'} = f \cdot P_T \cdot D \cdot \frac{\sum_a [e_a^2 \cdot \Delta_T q_a \cdot \Delta D_{q_a}^\Lambda + e_a^2 \cdot \Delta_T \bar{q}_a \cdot \Delta D_{\bar{q}_a}^\Lambda]}{\sum_a [e_a^2 \cdot q_a \cdot D_a^\Lambda + e_a^2 \cdot \bar{q}_a \cdot D_{\bar{q}_a}^\Lambda]}$$

effetto previsto fino al 20% se tutti i quark leggeri contribuiscono



COMPASS:

previste dal run 2002:

Λ : 58k ($Q^2 > 1$: 46k)

$\text{anti}\Lambda / \Lambda$: ~ 0.5

trasverso: $\sim 1/4$

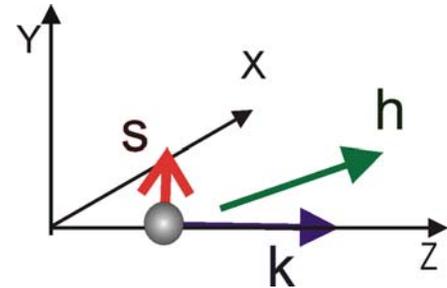
Risultati preliminari a SPIN2004



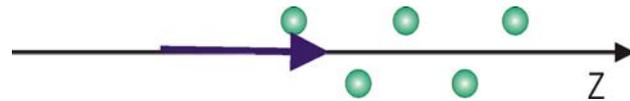
Produzione di adroni - effetto Collins

gli adroni prodotti nell'adronizzazione di quark polarizzati trasversalmente hanno una ben definita asimmetria azimutale [‘93]

intuitivamente, se il quark si muove lungo Z e il suo spin e' verso l'alto (Y), emette l'adrone preferenzialmente a sinistra ($p_x^h > 0$)
(un po' come effetto Magnus in meccanica classica)



se poi si assume conservazione locale del momento angolare [Akrzywicki, '75], l'adrone sub-leading andra' a sinistra, ecc, fino a perdere memoria per $z \sim E_h/(E-E') \rightarrow 0$



quindi segnale maggiore per adrone "leading"

[Artru 2002]

Produzione di adroni - effetto Collins



la funzione di frammentazione e' costituita da
una parte indipendente e una dipendente dallo spin

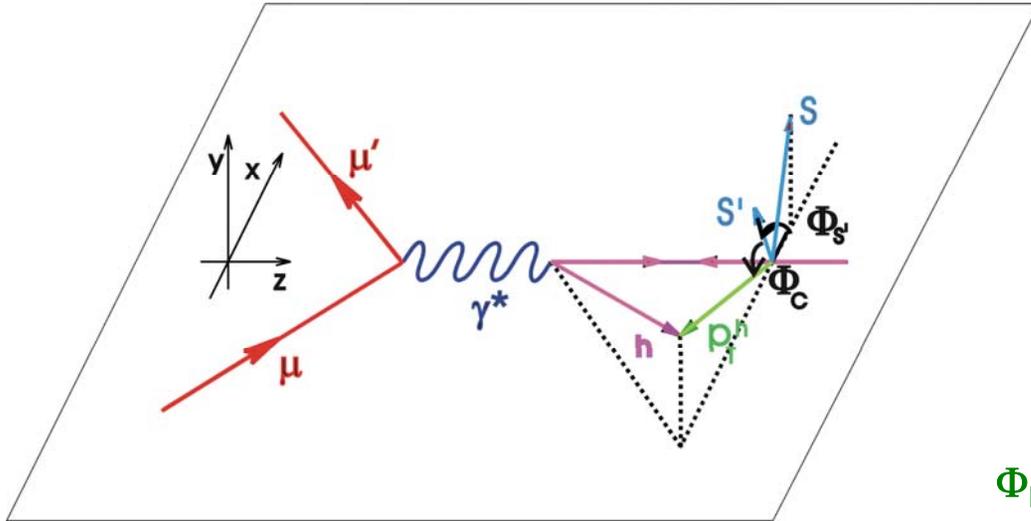
$$D_a^h(z, \bar{p}_T^h) = D_a^h(z, p_T^h) + \Delta D_a^h(z, p_T^h) \cdot \sin\Phi_C$$

- \bar{p}_T^h e' il momento trasverso dell'adrone rispetto alla direzione del quark finale (\sim direzione del fotone virtuale)
- $z = E_h / (E - E')$
- $\Phi_C = \Phi_h - \Phi_s$, e' l'angolo di Collins

per particella sub-leading il segno dovrebbe essere opposto



Angolo di Collins $\Phi_C = \Phi_h - \Phi_{s'}$



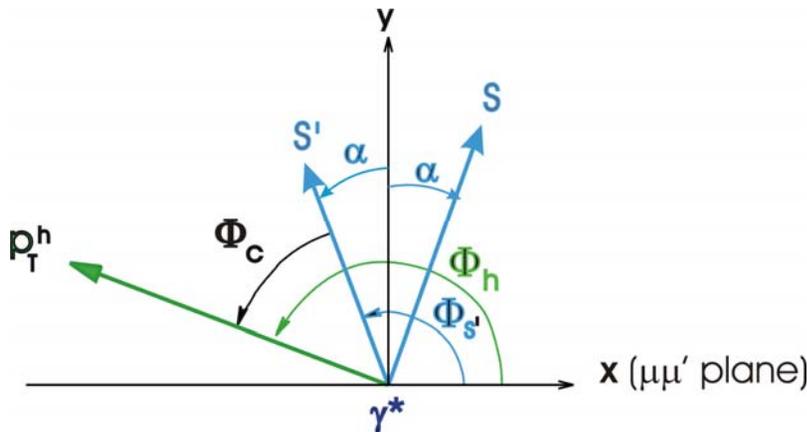
Breit frame:
 ref. system with z axis defined by γ direction and x-z plane defined by the scattering plane

Φ_h final leading hadron azimuthal angle around the final quark direction

Φ_s is the azimuthal angle of the initial quark's spin in the Breit frame

$\Phi_{s'}$ azimuthal angle of the final quark transverse spin around the quark direction

$$\Phi_{s'} = \pi - \Phi_s$$



Produzione di adroni - effetto Collins



se con **+** e **-** si indica la direzione della polarizzazione del bersaglio nel sistema del laboratorio (“up” e “down”)

$$N_{h,a}^{\pm} \propto q_a^{\uparrow\uparrow} (D_a^h \pm \Delta D_a^h \cdot \sin\Phi_C) + q_a^{\uparrow\downarrow} (D_a^h \mp \Delta D_a^h \cdot \sin\Phi_C) = q_a \cdot D_a^h \pm \Delta_T q_a \cdot \Delta D_a^h \cdot \sin\Phi_C$$

il numero di adroni di un certo tipo si ottiene sommando sui flavor e introducendo

f = polarized target dilution factor,

P_T = target nucleon polarization,

D = (1-y)/(1-y-y²/2) coefficiente di trasferimento di spin in |q→|q

$$N_h^{\pm} = N_h^0 \cdot [1 \pm A_1 \cdot \sin\Phi_C]$$

con

$$A_1 = f \cdot P_T \cdot D \cdot \frac{\sum_a e_a^2 \cdot [\Delta_T q_a + \Delta_T \bar{q}_a] \cdot \Delta D_a^h}{\sum_a e_a^2 \cdot [q_a + \bar{q}_a] q_a \cdot D_a^h}$$

determinata da fit in $\sin\Phi_C$ di $\frac{N_h^+ - N_h^-}{N_h^+ + N_h^-}$

Produzione di adroni - effetto Collins



Si possono poi misurare diverse combinazioni di $\Delta_T q$ - ad es assumendo $D_1 = D_u^{\pi^+} = D_d^{\pi^-} = D_{\bar{u}}^{\pi^-} = D_{\bar{d}}^{\pi^+}$ $D_2 = D_u^{\pi^-} = D_d^{\pi^+} = D_{\bar{u}}^{\pi^+} = D_{\bar{d}}^{\pi^-}$

1. con bersaglio di protoni, combinando π^+ e π^-

$$A_1^{p1} = f_p \cdot P_T^p \cdot D \cdot \frac{4\Delta_T u + \Delta_T \bar{d} + 4\Delta_T \bar{u} + \Delta_T d}{4u + \bar{d} + 4\bar{u} + d} \cdot \frac{\Delta D_1 + \Delta D_2}{D_1 + D_2}$$

$$A_1^{p2} = f_p \cdot P_T^p \cdot D \cdot \frac{4\Delta_T u_v - \Delta_T d_v}{4u + \bar{d} + 4\bar{u} + d} \cdot \frac{\Delta D_1 - \Delta D_2}{D_1 + D_2}$$

2. con un bersaglio di deuterio

$$A_1^{d1} = f_d \cdot P_T^d \cdot D \cdot \frac{\Delta_T u + \Delta_T \bar{d} + \Delta_T \bar{u} + \Delta_T d}{u + \bar{d} + \bar{u} + d} \cdot \frac{\Delta D_1 + \Delta D_2}{D_1 + D_2}$$

$$A_1^{d2} = f_d \cdot P_T^d \cdot D \cdot \frac{3(\Delta_T u_v + \Delta_T d_v)}{5(u + \bar{d} + \bar{u} + d)} \cdot \frac{\Delta D_1 - \Delta D_2}{D_1 + D_2}$$

Produzione di adroni - effetto Collins



adroni “leading”: modo piu’ semplice per accedere alla trasversalita’ SIDIS

possibili problemi:

- la funzione di Collins $\Delta_T D$ non e’ nota molto interessante in se’
misura in e^+e^- (Delphi; Belle: analisi in corso)
- l’adronizzazione del quark puo’ essere preceduta da emissione di gluoni (piu’ importante ad alto Q^2) [Boer 2001]

→ **effetto Collins tra due particelle veloci del jet**: il momento totale risente dell’effetto, quello relativo no

modello semiclassico di frammentazione della stringa [Artru 93,97]

interferenza di ampiezze flip e non-flip elicita’ : “**interference fragmentation**”

[Jaffe, Jin, Tang 98; Biancomi, Boffi, Jakob, Radici 00; Radici, Jacob, Biancomi 02; Bacchetta, Radici 04]

produzione inclusiva di mesoni vettoriali

in COMPASS, analisi in corso (SPIN2004)

Effetto Sivers



- il momento intrinseco dei quark non e' trascurabile (**caso collineare**)
→ molte piu' funzione nelle sezioni d'urto
- preferisce la direzione $S_T \times p$
→ introduce un'asimmetria azimutale non legata alle PDF

ma

dipendenze angolari diverse → si possono misurare sia
l'asimmetria di Sivers che quella di Collins

- HERMES: inviato per pubblicazione
- COMPASS: **SPIN2004**

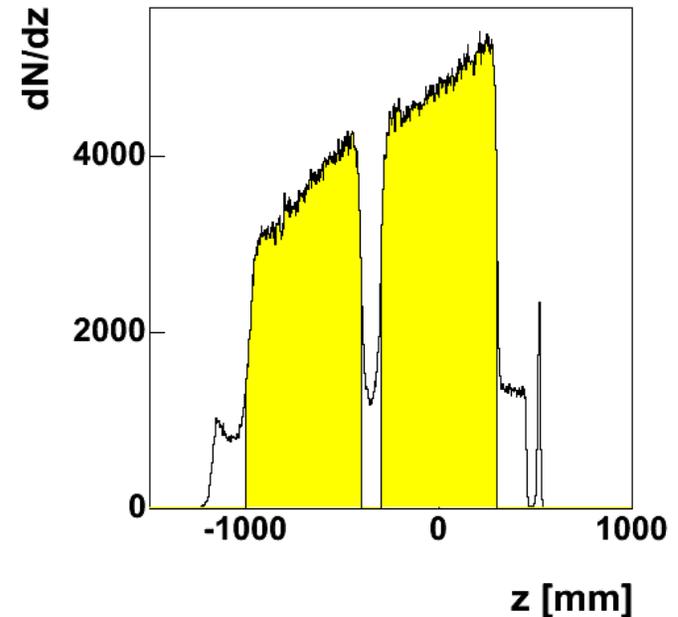
Asimmetria di Collins - adrone leading



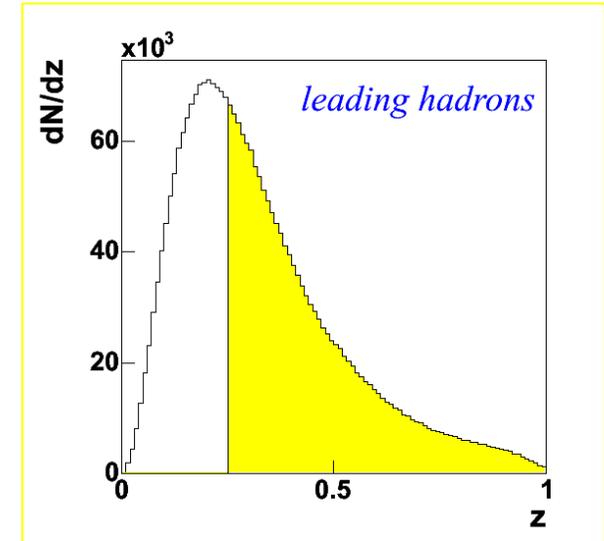
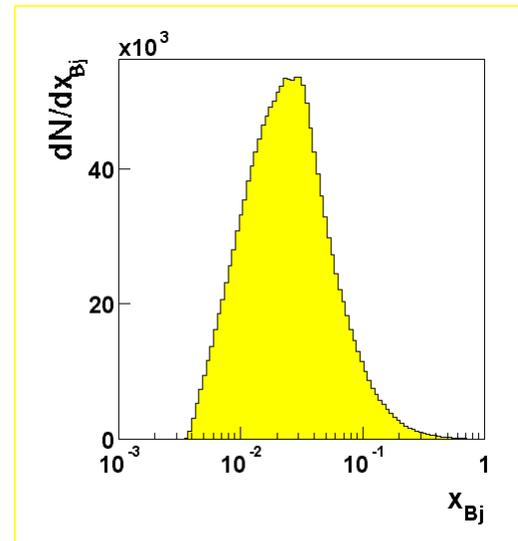
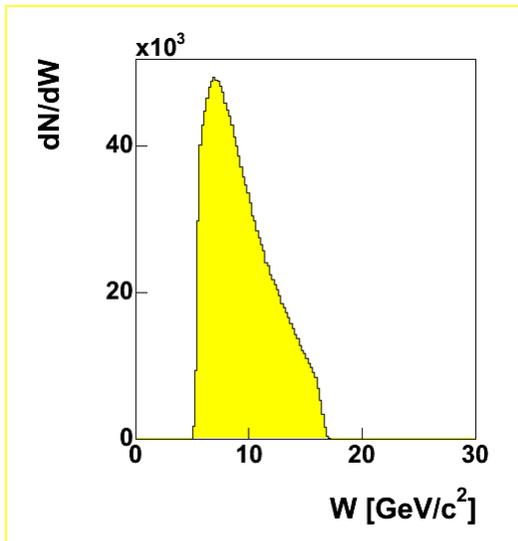
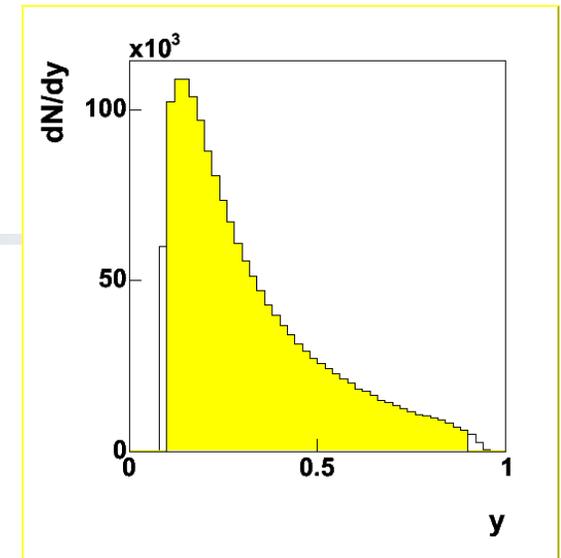
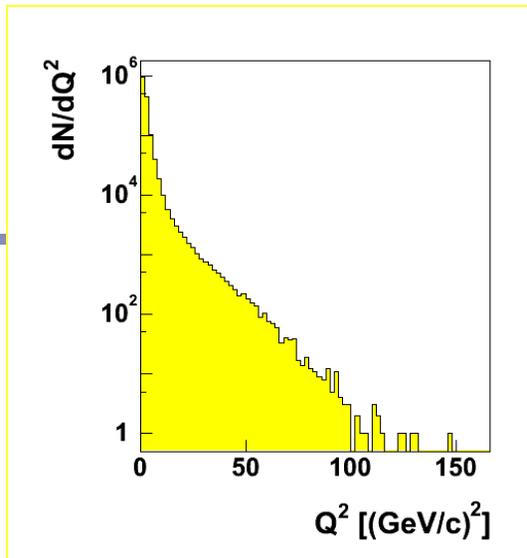
selezione eventi

tagli standard:

- μ incidente con con proiezione traccia attraverso entrambe le celle
- vertice primario con μ, μ' identificati, all'interno di una delle due celle
- $Q^2 > 1 \text{ (GeV/c)}^2$
- $0.1 < y < 0.9$
- $W > 5 \text{ GeV/c}^2$
- almeno un adrone carico dal vertice primario con
 - meno di 10 lunghezze di radiazione
 - $p_T > 0.1 \text{ GeV/c}$
 - $z > 0.25$
 - Energia depositata in HCAL, $z_{\text{tot}} \dots$



ALCUNE DISTRIBUZIONI



Statistica 2002: I orientazione ~ 240+440 k ev

II orientazione ~ 410+480 k ev

(1.6 M ev)

cella 2 / cella 1 : 1.4 / 1

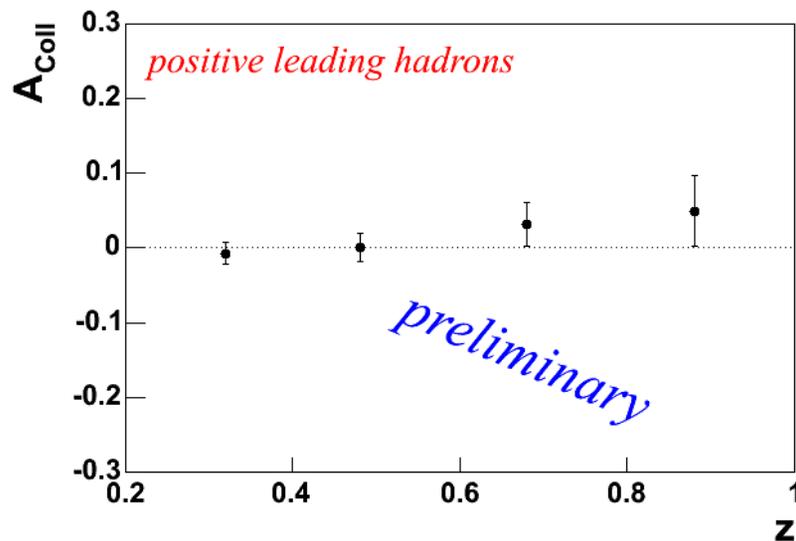
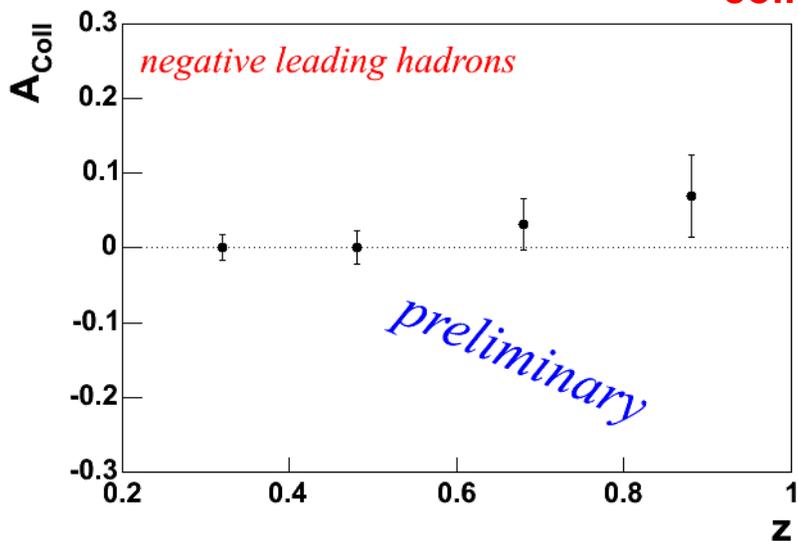
XC Congresso Nazionale SIF

Anna Martin

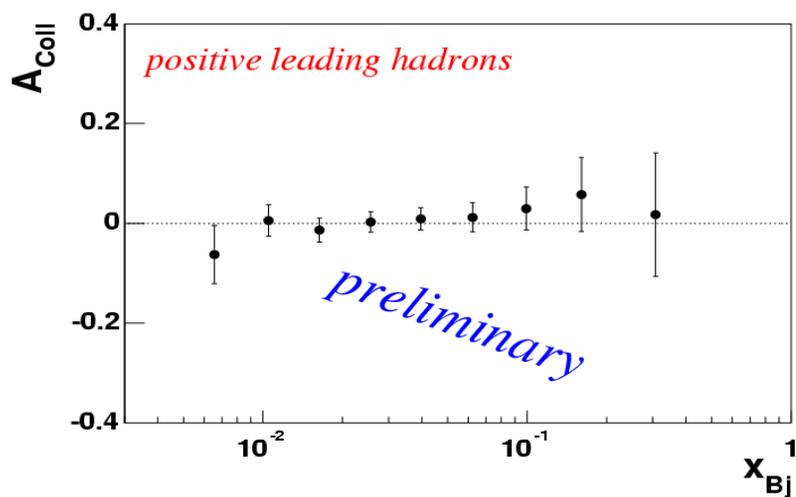
Asimmetria di Collins, adrone leading - dati 2002



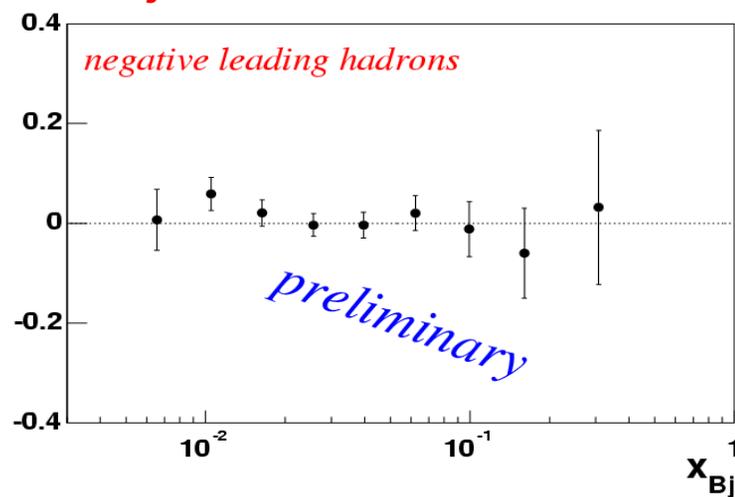
A_{Coll} VS z



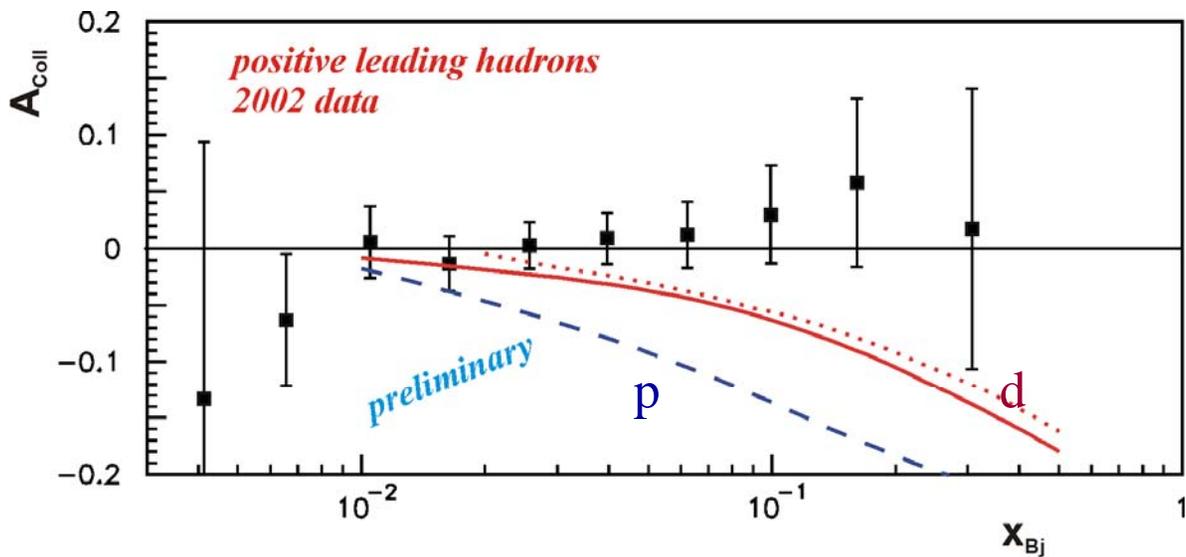
A_{Coll} VS x_{Bj}



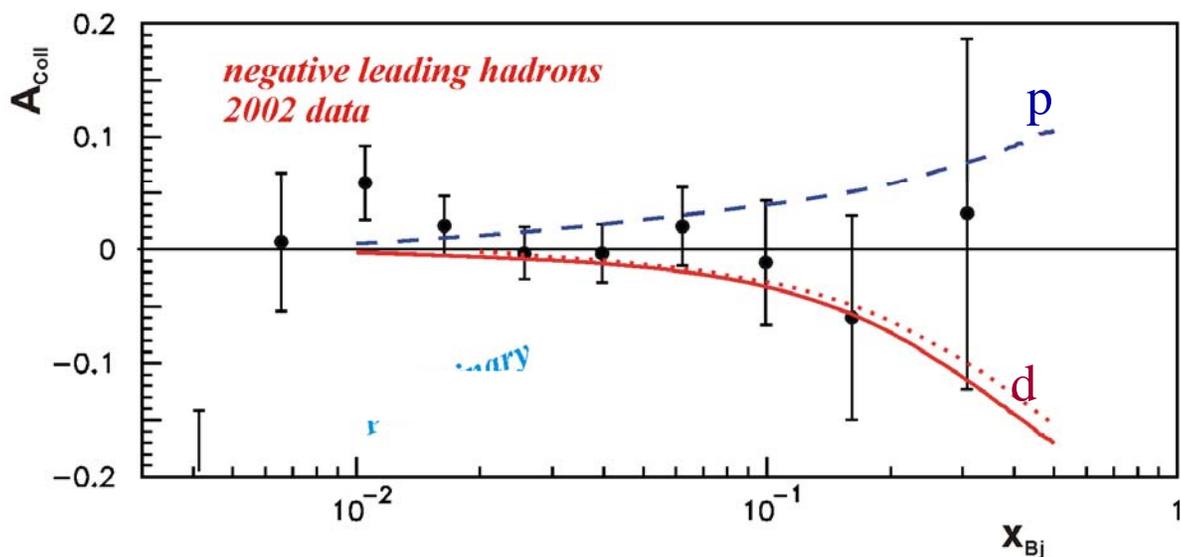
deuterio



Asimmetria di Collins



Efremov et al 2003



con i
dati 2003 e 2004 ci
si aspetta un
fattore >2 negli
errori:
SEGNALE MISURABILE

Relativistic Heavy Ion Collider

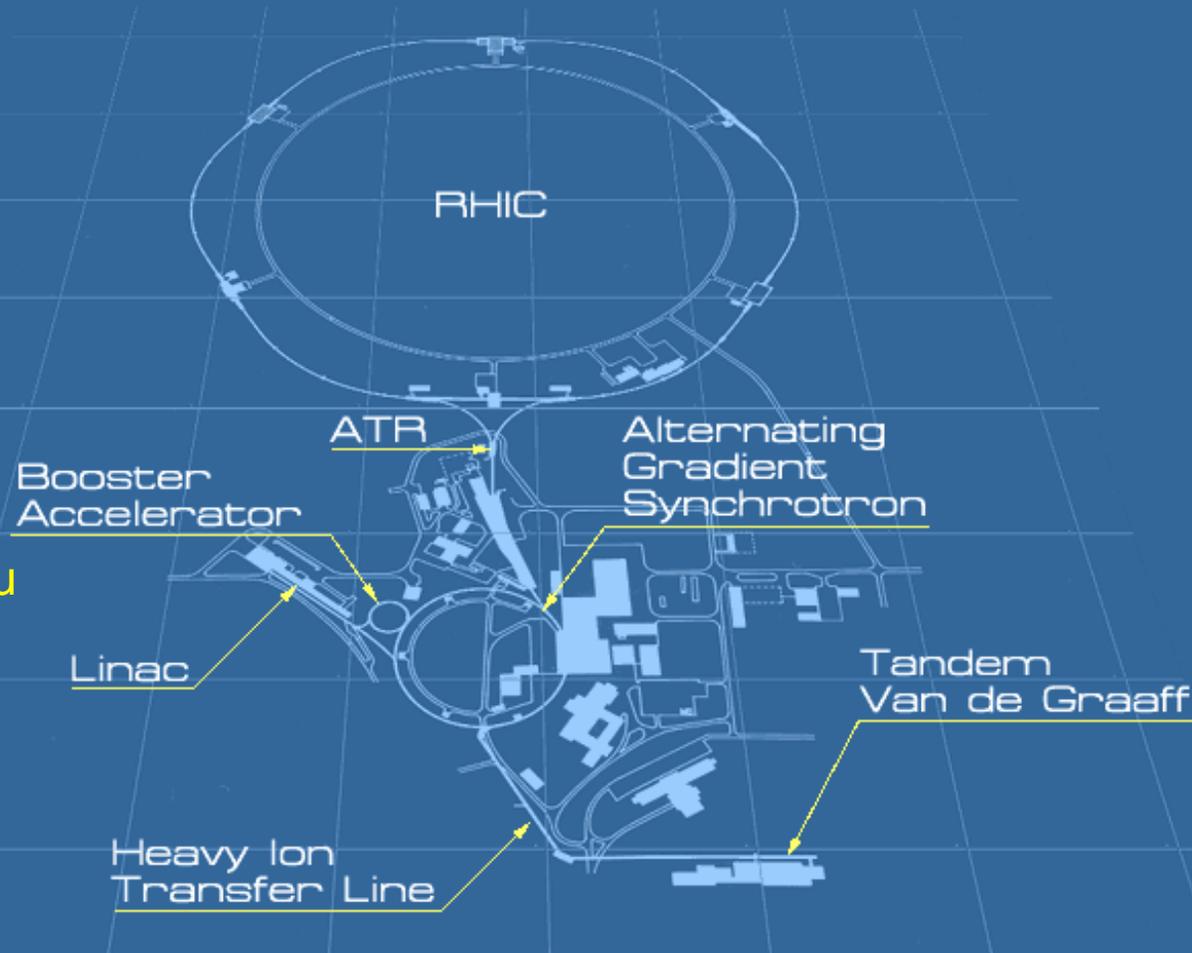
BNL

Circonferenza 3.83 km

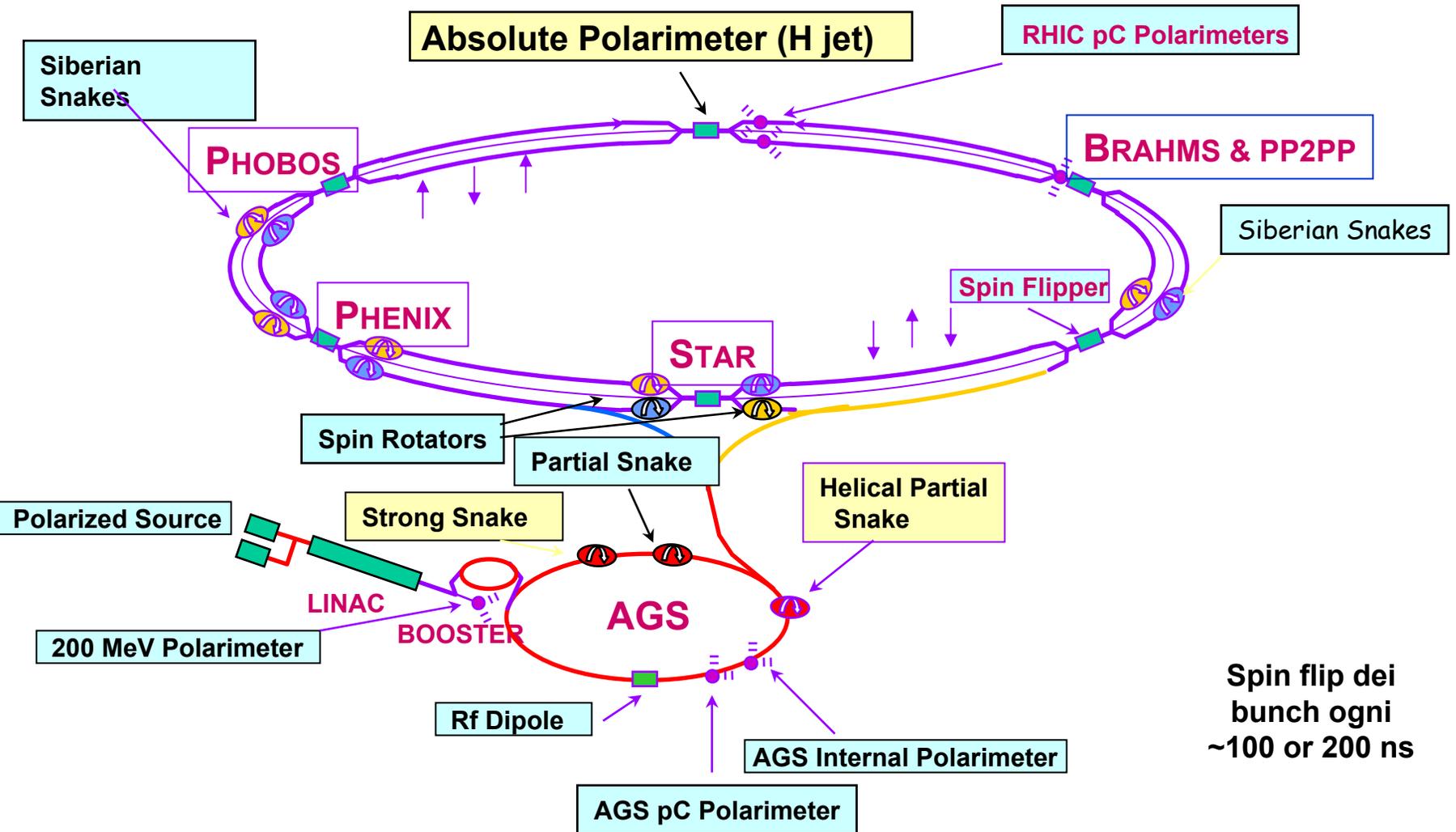
Due anelli indipendenti
fino a 120 bunches/ring
tempo di crossing 106 ns

Energia
fino a 500 GeV per p-p
fino a 200 GeV per Au-Au
(per collisione N-N)

Luminosità'
p-p : $2 \times 10^{32} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$
(polarizzato)
Au-Au: $2 \times 10^{26} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$



RHIC



Programma di fisica a RHIC

Collisioni A-A, p-A, p↑-p↑

Fisica dello spin

Polarizzazione dei Gluoni

$$\frac{\Delta G(\mathbf{x})}{G(\mathbf{x})}$$

STAR e PHENIX

jet, adroni, fotoni, e heavy flavor
inclusivi

Separazione in sapore delle PDF

$$\frac{\Delta q(\mathbf{x})}{q(\mathbf{x})}, \frac{\Delta \bar{q}(\mathbf{x})}{\bar{q}(\mathbf{x})}$$

STAR e PHENIX

Single lepton asymmetries
 $A_L(e,m)$ nella produzione di W

Struttura di spin trasverso del
nucleone

$$\frac{\Delta_T q(\mathbf{x})}{q(\mathbf{x})}$$

STAR, PHENIX e BRAHMS
asimmetrie di Collins e di
interference- fragmentation

A_N ←
 A_{TT} in jets(*)
Drell-Yan ←

(*) Sivers

RHIC - Fisica dello spin

2001-2

Polarizzazione trasversa:

**Polarizzazione media ~15%, Luminosita' integrata 0.15 pb⁻¹
probabilmente dal 2007**

2003

Polarizzazione longitudinale

Polarizzazione media ~25%, Luminosita' integrata 0.35 pb⁻¹

2004

Commissioning: 5 settimane pp

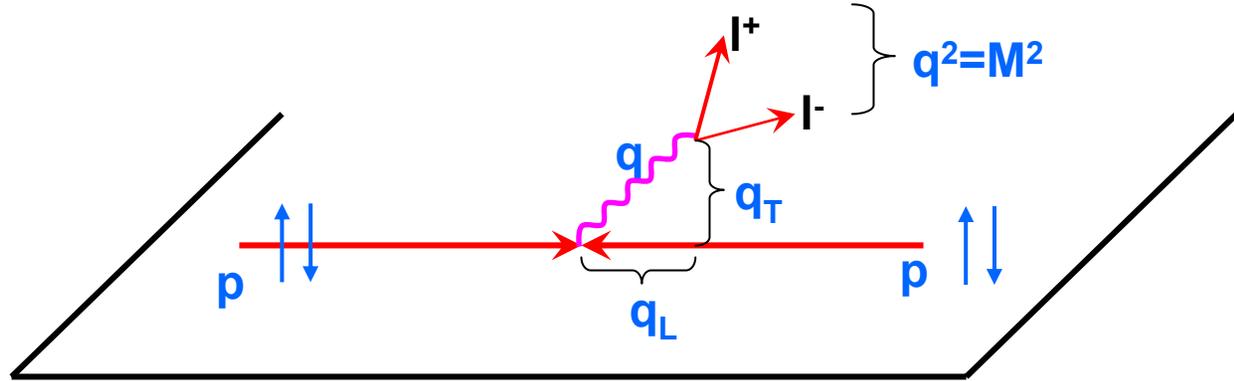
Tuning AGSm, polarimetri

Polarizzazione media ~45%, $L_{\text{picco}} \sim 6 \times 10^{30} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$

(meta' giugno)

RHIC - Drell-Yan

$$p^\uparrow p^\uparrow \rightarrow l^+ l^- + X$$



$$A_{TT} \equiv \frac{d\sigma^{\uparrow\uparrow} - d\sigma^{\uparrow\downarrow}}{d\sigma^{\uparrow\uparrow} + d\sigma^{\uparrow\downarrow}} = \hat{a}_{TT} \frac{\sum_a e_a^2 \Delta_T q_a(x_1, M^2) \cdot \Delta_T \bar{q}_a(x_2, M^2)}{\sum_q e_a^2 q_a(x_1, M^2) \cdot \bar{q}_a(x_2, M^2)}$$

M massa invariante coppia leptoni

$$\hat{a}_{TT} = \frac{\sin^2 \theta}{1 + \cos^2 \theta} \cos 2\phi$$

θ : angolo polare lept nel loro sist a riposo
 ϕ : angolo azimutale rispetto a polarizzazione
 da processo elementare di QED $q \bar{q} \rightarrow \ell \ell$

solo somma di prodotti $\Delta_T q_a, \Delta_T \bar{q}_a$: nessuna funzione di Collins non nota

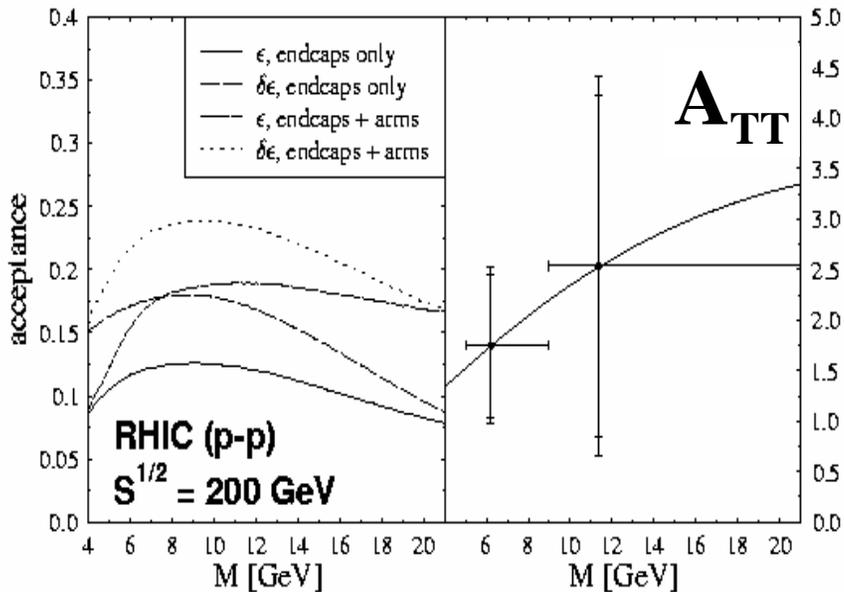
- **somma di prodotti**
- **integrata su x**
- **in un protone $\Delta_T \bar{q}_a$ piccolo**

RHIC - Drell-Yan

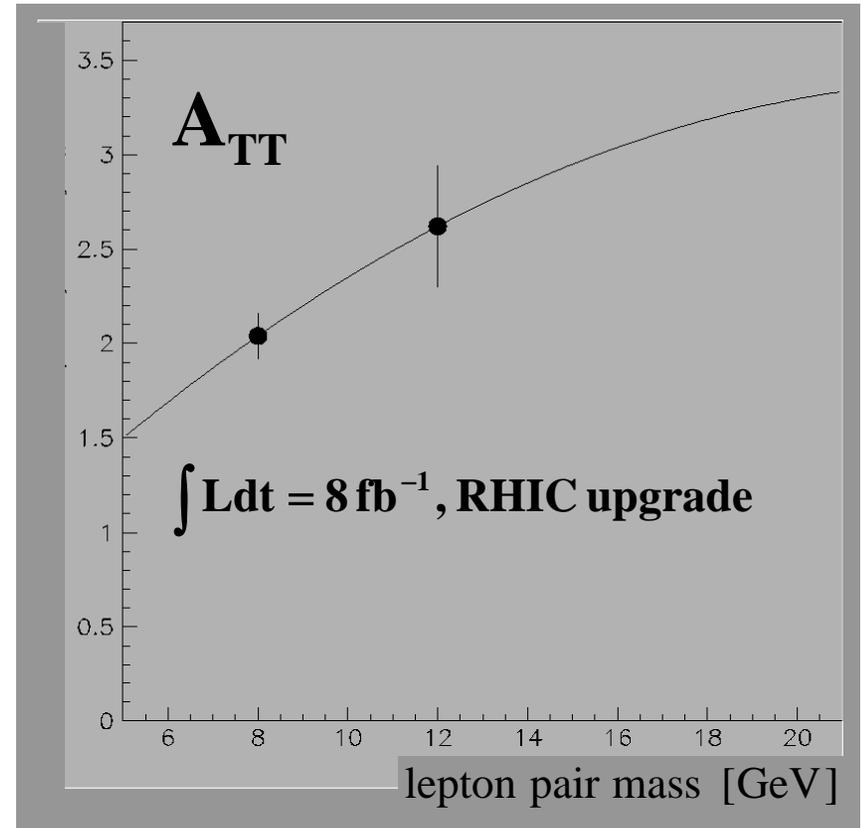
J.Ralston and D.E. Soper, Nucl. Phys. B152, 109(1979)

asimmetria $\propto \Delta_T \mathbf{q}(x_1) \cdot \Delta_T \bar{\mathbf{q}}(x_2)$ *piccola!*

$\int Ldt = 320 \text{ pb}^{-1}$, at PHENIX



O.Martin, A. Schaefer, M. Stratmann, W. Vogelsang
Phys.Rev. D60, 117502(1999)

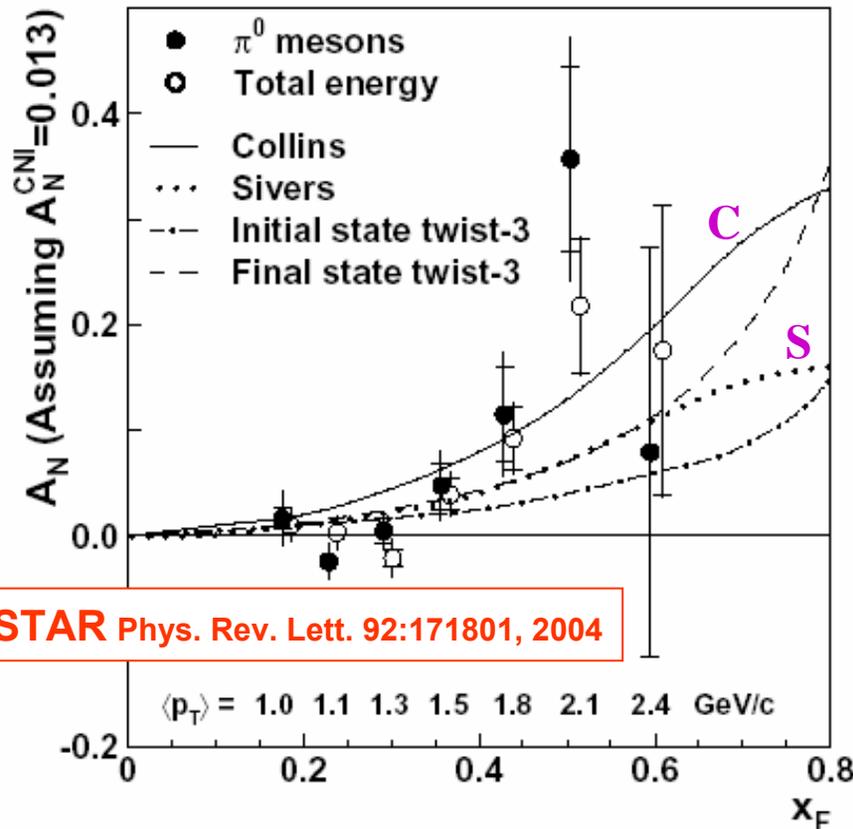


Lo spin trasverso a RICH

$$A_N(pp^\uparrow \rightarrow h + X)$$

misure di precisione a BRAHMS, anche PHENIX, STAR

$$\int Ldt = 1-10 \text{ pb}^{-1}, \sqrt{s} = 200 \text{ GeV}$$

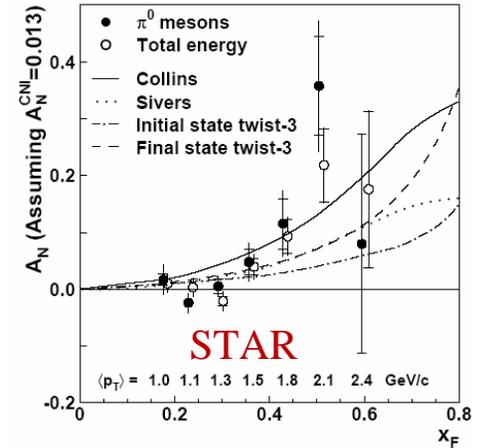


Separazione Collins-Sivers da misure di alta precisione a grande p_T ?

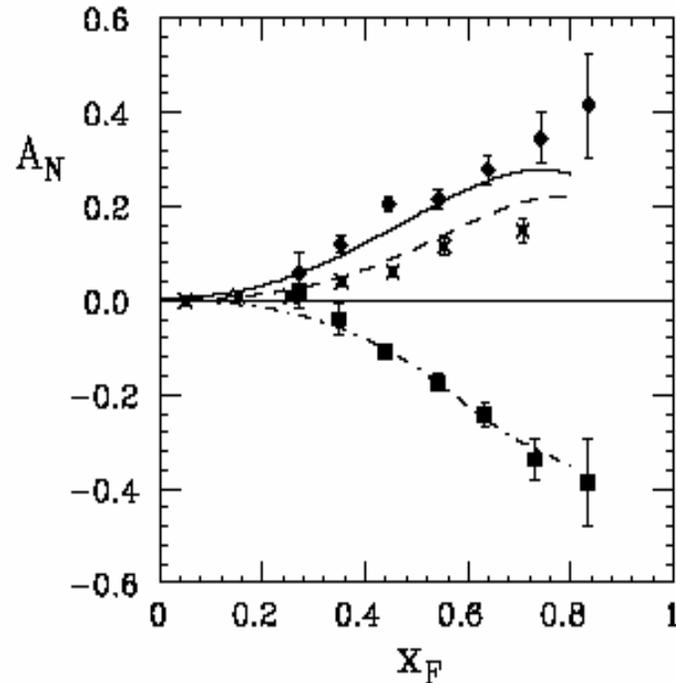
problematico, se non ci sono altri dati

Analisi risultati E704, Anselmino *et al*

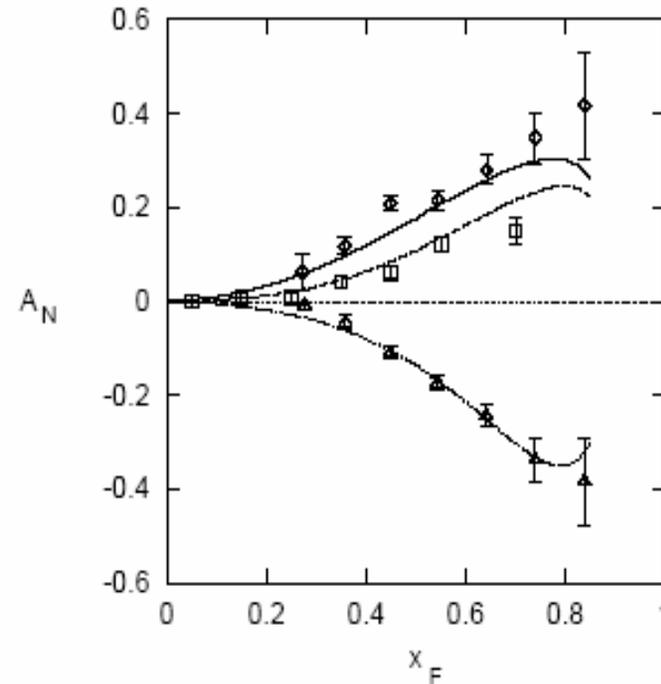
$$p^\uparrow + p \rightarrow \pi + X$$



Solo effetto Sivers

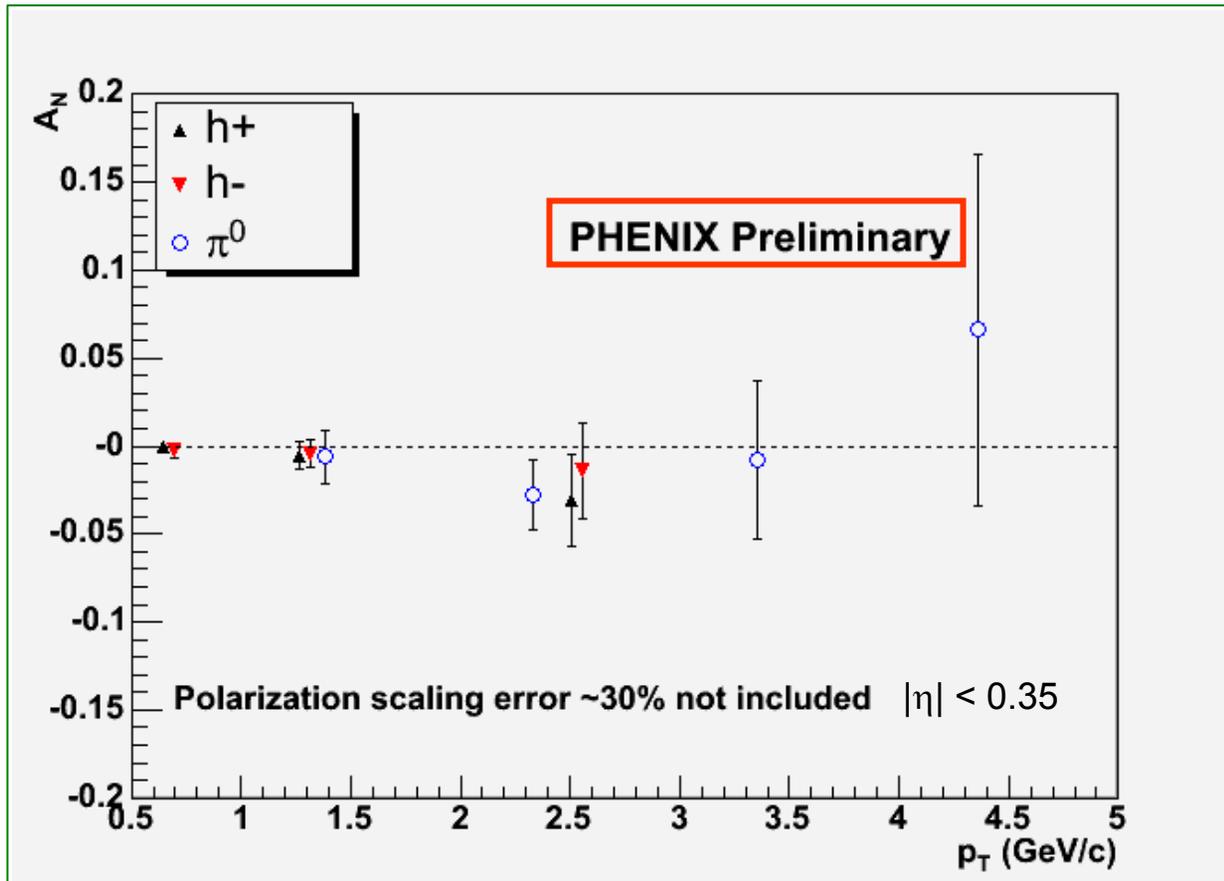


Solo effetto Collins



Lo spin trasverso a RICH

A_N per pioni neutri e part. cariche non identificate

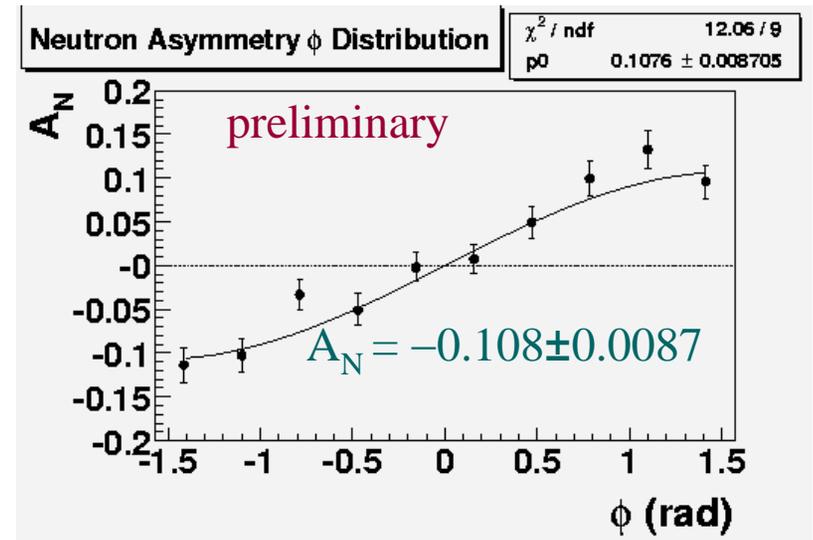
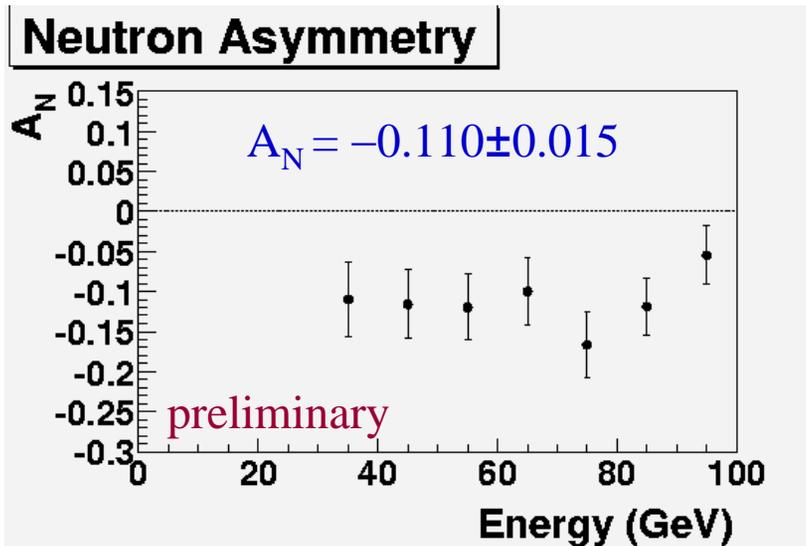


consistente
con zero

Lo spin trasverso a RICH

Misura di A_N per neutroni a IP12

A_N grande



CONCLUSIONI

La trasversalita' del nucleone:

un campo affascinante ed estremamente complesso

Abbiamo la fortuna di partecipare alla fase entusiasmante in cui cominciano a venir prodotti i primi risultati

- **SIDIS: HERMES, COMPASS, JLAB**
- **RHIC**

misure complementari

I dati relativi a molti canali sono gia' ora disponibili:

il futuro puo' essere pieno di sorprese!