

RELAZIONE II ANNO DI DOTTORATO:
HEAVY FLAVOUR ANGULAR CORRELATIONS
MEASUREMENTS WITH ALICE AT THE LHC

Dottoranda: Marianna Mazzilli,
Tutor: Prof. Domenico Di Bari
Dipartimento Interateneo di fisica e INFN di Bari¹

¹email: marianna.mazzilli@ba.infn.it

0.1 Introduzione

Nel corso dell'anno accademico 2016/2017 ho svolto continuativamente l'attività di dottorato in fisica presso il dipartimento Interateneo di Fisica di Bari sotto la supervisione del tutore incaricato prof. Domenico DI BARI, secondo i tempi e le prescrizioni del relativo bando (D.R. n.2858 del 28.08.2015) con impegno esclusivo e a tempo pieno. L'attività è stata svolta in associazione con la sezione di Bari dell'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN) ed in collaborazione con l'Organizzazione Europea per la Ricerca Nucleare (CERN) presso Ginevra. I risultati finali del lavoro di analisi svolto durante questo anno accademico sono stati approvati come risultati preliminari dalla collaborazione ALICE.

Di seguito un breve report dell'attività di ricerca svolta e i principali risultati ottenuti.

0.2 Attività di ricerca

In linea con il progetto di ricerca presentato alla giunta di dottorato, l'attività di ricerca condotta durante il secondo anno di dottorato si è focalizzata sui temi di ricerca riguardanti gli "heavy-flavour". In particolare il mio lavoro di analisi si è incentrato sullo studio delle correlazioni angolari tra mesoni D e particelle cariche. L'analisi è stata condotta nell'ambito dell'Heavy Flavour Physics Working Group di ALICE, partecipando attivamente ai meeting, discutendo di volta in volta i risultati relativi alla mia analisi e contribuendo alle discussioni su altre attività di ricerca. L'analisi, sinora condotta a centralità integrata, è stata preliminarmente approvata dal Physics Forum della collaborazione in vista della proposta di un paper combinato con l'analisi svolta in funzione della molteplicità (in via di svolgimento).

Prima di addentrarsi nei temi propri dell'analisi svolta, si vuole ricordare che obiettivo principale di ALICE (attualmente l'unico, tra i quattro maggiori esperimenti attualmente attivi a LHC presso il CERN di Ginevra, completamente dedicato allo studio della fisica degli ioni pesanti) è lo studio e la caratterizzazione dello stato di materia fortemente interagente prodotta in condizione estreme di densità di energia e temperatura, quali quelle raggiunte nelle collisioni di ioni pesanti ad energie ultra-relativistiche al Large Hadron Collider (LHC) di Ginevra. Tale stato di materia è noto come Quark-Gluon-Plasma (QGP).

I quark pesanti (charm e beauty) sono prodotti negli istanti immediatamente successivi all'urto ad alto momento trasferito di partoni in collisioni adroniche ad alta energia. Lo studio della produzione di quark pesanti in collisioni pp alle energie ultrarelativistiche di LHC rappresenta, da un lato, un potente strumento di indagine per testare le predizioni di QCD perturbativa e, dall'altro, fornisce una misura di riferimento per lo studio e la caratterizzazione del Quark Gluon Plasma nelle collisioni Pb-Pb. Al contempo, misure in collisioni p-Pb consentono di indagare gli effetti dovuti alla presenza di materia nucleare fredda in tale sistema di collisioni.

0.2.1 Motivazioni fisiche

Nelle collisioni pp, i cui processi sono ben descritti dalla teoria QCD in regime perturbativo, ci si attende che, per la conservazione del *flavour*, i quark charm

siano prodotti in coppie $c\bar{c}$. Lo studio delle correlazioni angolari tra i mesoni D (particelle trigger, contenenti un quark charm) con altre particelle cariche (associate) nello stesso evento consente di studiare il meccanismo di produzione del charm. In particolare, al primo ordine (Leading Order, LO) della QCD perturbativa, la coppia $c\bar{c}$ è prodotta back-to-back in direzione azimutale. Ad un ordine successivo (Next to Leading Order, NLO), la produzione di coppie di heavy-quark può avvenire a partire dalla conversione di un gluone. Questi processi avvengono generalmente con piccoli angoli $\Delta\phi$ di apertura. Un terzo processo di produzione, noto come “eccitazione del *flavour*”, si osserva in topologie di hard-scattering in cui un quark subisce un’interazione forte a partire dalla conversione iniziale $g \rightarrow c\bar{c}$. Ciò generalmente comporta un’ampia separazione in rapidità degli adroni generati dal quark (antiquark) rispetto alla particella trigger (mesone D) ed una separazione angolare pressocchè casuale. In sistemi di interazione più complessi, lo studio delle correlazioni angolari è di fondamentale importanza per evidenziare eventuali modifiche nella frammentazione dei jet da charm dovute all’interazione con il mezzo (in collisioni Pb–Pb) o causate dalla presenza di possibili effetti della materia nucleare fredda (in collisioni p-Pb), analogamente a quanto osservato nella correlazioni di-adroniche nel settore dei light-flavour. Inoltre, la recente osservazione di correlazioni a lungo raggio per adroni con light-flavour e per elettroni derivanti dal decadimento di adroni heavy-flavour, in collisioni p-Pb, indirizza verso possibili effetti collettivi o effetti originati dalla saturazione gluonica dello stato iniziale. L’eventuale osservazione degli stessi effetti per i mesoni D consentirebbe di approfondire questo interessante aspetto.

0.2.2 Strategia di analisi

La strategia di analisi impiegata per l’analisi delle correlazioni angolari tra i mesoni D e adroni carichi prende avvio dalla ricostruzione e selezione dei mesoni D (particelle trigger) nei seguenti intervalli di p_T : $3 < p_T^{\text{trig}} < 5$, $5 < p_T^{\text{trig}} < 8$, $8 < p_T^{\text{trig}} < 16$, $16 < p_T^{\text{trig}} < 24$ GeV/c e degli adroni carichi nelle seguenti regioni: $p_T^{\text{assoc}} > 0.3$, $0.3 < p_T^{\text{assoc}} < 1$, $1 < p_T^{\text{assoc}} < 2$, $2 < p_T^{\text{assoc}} < 3$, $p_T^{\text{assoc}} > 3$ GeV/c e $p_T^{\text{assoc}} > 1$ GeV/c.

Nell’analisi, il trigger è fornito dall’identificazione stessa del mesone D, piuttosto che dal taglio sull’impulso. Per particella carica associata si intende una qualunque particella carica proveniente dal vertice primario di interazione, includendo anche particelle derivanti dal decadimento forte o elettromagnetico di stati instabili, così come particelle che derivano dal decadimento di adroni contenenti quark charm o beauty. In tale definizione, pertanto, sono incluse tutte le particelle cariche tranne quelle derivanti da decadimenti deboli di particelle strane e dall’interazione con il materiale.

Di seguito una breve descrizione dei principali step dell’analisi condotta:

- **Selezione dei mesoni D ed estrazione del segnale.** Per ogni evento, si identificano le particelle “trigger” (candidati mesoni D: D^0 , D^+ e D^{*+}), in un definito intervallo di p_T^{trig} . La strategia di selezione dei mesoni D a rapidità centrale è basata sulla ricostruzione dei vertici secondari di decadimento distanti poche centinaia di μm dal vertice di interazione primario e sull’identificazione dei prodotti di decadimento (pioni e kaoni) del mesone D. L’identificazione di pioni e kaoni tramite TPC e TOF consente

di ridurre il fondo combinatorio e di migliorare il rapporto S/B a basso p_T . Il numero di candidate D di segnale è estratto nell'intervallo di $\pm 2\sigma$ nelle distribuzioni di massa invariante (ulteriori dettagli sulla procedura di estrapolazione del segnale possono essere trovati in [1]).

- **Correlazioni della candidate D con le tracce associate.**

Ciascuna particella trigger (mesone D) viene quindi combinata con le altre particelle cariche primarie che hanno superato la selezione (escludendo solo le particelle cariche che derivano dal decadimento della medesima candidate D di trigger) in un definito intervallo di p_T^{assoc} (che può anche sovrapporsi con l'intervallo di impulso della particella trigger p_T^{trig}) e in un intervallo di pseudo-rapidità $|\eta| < 0.8$. In particolare, per la D^{*+} si rimuovono dalle tracce secondarie anche i pioni soffici derivanti dal decadimento delle D^0 tramite un taglio di 3σ sulla differenza di massa invariante $M(K\pi\pi) - M(K\pi)$. Per ciascuna coppia D-adrone carico, si valuta la differenza in angolo azimuthale $\phi^{assoc} - \phi^{trigg} \equiv \Delta\phi$ e in pseudo-rapidità $\eta^{assoc} - \eta^{trig} \equiv \Delta\eta$ e si creano delle distribuzioni di correlazioni bidimensionali.

- **Correzioni con l'Event Mixing**

Le distribuzioni di correlazioni così ottenute vanno corrette per la limitata accettazione del detector e la disomogeneità angolare dell'efficienza di ricostruzione di trigger e di tracciamento in funzione di $\Delta\phi$ e $\Delta\eta$. Effetti di questo genere vengono rimossi impiegando la tecnica dell'Event Mixing. Essa consiste nell'eseguire l'analisi sullo stesso campione di dati dell'analisi standard (denominata analisi "Same Event", SE), ma correlando ciascuna particella trigger con adroni carichi ricostruiti in altri eventi che presentano caratteristiche simili (come la molteplicità dell'evento o la posizione del vertice primario lungo l'asse z). Di qui la denominazione "Mixed Event", ME.

Lo yield differenziale delle coppie di particelle D-adrone normalizzato al numero di particelle trigger è dato da:

$$\frac{1}{N_{trig}} \frac{d^2 N^{pair}}{d\Delta\eta d\Delta\phi} = B_{ME}(0,0) \times \frac{S(\Delta\eta, \Delta\phi)}{B_{ME}(\Delta\eta, \Delta\phi)}, \quad (1)$$

dove N^{pair} è il numero totale di coppie D-adrone correlate. $S(\Delta\eta, \Delta\phi)$ e $B_{ME}(\Delta\eta, \Delta\phi)$ sono, rispettivamente, le distribuzioni del segnale e del fondo combinatorio. La seconda, in particolare, è normalizzata al suo valore in $(\Delta\eta, \Delta\phi) = (0,0)$, i.e. $(B(0,0))$.

- **Sottrazione delle correlazioni di fondo combinatorio dalla distribuzione di segnale.**

La regione di segnale delle distribuzioni di massa invariante include anche candidate D di fondo combinatorio. Al fine di correggere le distribuzioni di correlazioni per tale contributo di fondo combinatorio, si estraggono le distribuzioni di correlazioni angolari per le candidate nella regione di fondo combinatorio (regioni *sidebands*, a destra e a sinistra della regione di segnale) e si normalizzano rispetto al numero di candidate D di fondo

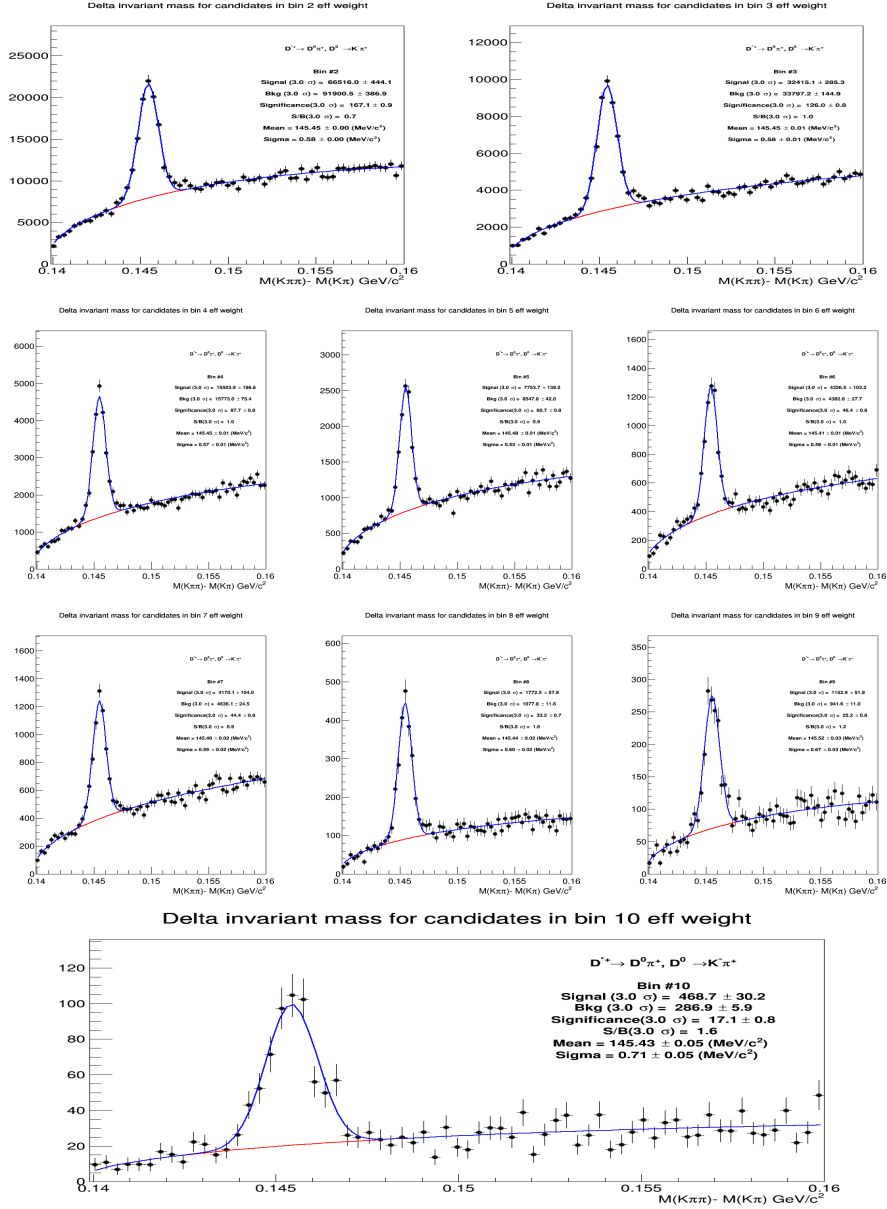


Figura 1: Distribuzioni della differenza di massa invariante $M(K\pi\pi) - M(K\pi)$ in diverse regioni di p_T della D^{*+} . In alto: $3 < p_T^D < 4 \text{ GeV}/c$ (sinistra), $4 < p_T^D < 5 \text{ GeV}/c$ (destra), Mid: 1: $5 < p_T^D < 6 \text{ GeV}/c$ (sinistra), $6 < p_T^D < 7 \text{ GeV}/c$ (centro), $7 < p_T^D < 8 \text{ GeV}/c$ (destra); Mid2: $8 < p_T^D < 10 \text{ GeV}/c$ (sinistra), $10 < p_T^D < 12 \text{ GeV}/c$ (centro), $12 < p_T^D < 16 \text{ GeV}/c$ (destra) e in basso: $16 < p_T^D < 24 \text{ GeV}/c$.

(valutato dal fit di massa) nella regione di massa invariante. Il fattore di normalizzazione è pertanto dato dal rapporto tra il numero di candidate del fondo combinatorio nella regione di picco del segnale e il numero di candidate di fondo estratto dalle *sidebands*. Le distribuzioni di correlazione normalizzate al fondo combinatorio vengono quindi sottratte dalle distribuzioni di segnale “*raw*” al fine di ottenere la distribuzione di correlazioni esclusivamente per il segnale. In figura 2 un esempio di distribuzioni di segnale, fondo combinatorio e segnale sottratto del fondo combinatorio (in alto) e delle relative distribuzioni non normalizzate.

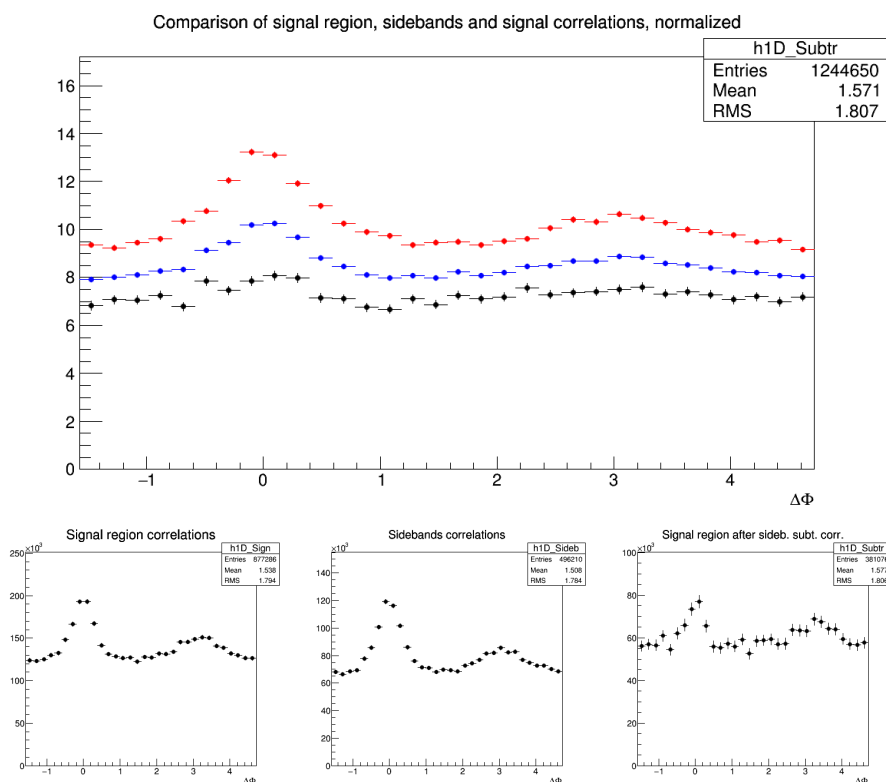


Figura 2: In alto: distribuzione delle correlazioni angolari D^{*+} -h normalizzate al numero di particelle trigger nella regione di segnale (blu), nella regione di sideband (rosso), nella regione di segnale sottratta del fondo combinatorio (nero). In basso: Distribuzioni di correlazioni non normalizzate nella regione di segnale (sinistra), nella regione di sidebands (centro) e nella regione di segnale dopo la sottrazione del fondo delle sidebands (destra).

- **Correzione per l'efficienza dei mesoni D e per l'efficienza di tracciamento**

Una volta ottenute le distribuzioni di correlazioni sottratte del fondo combinatorio, è necessario considerare anche le correzioni per l'efficienza di trigger e di tracciamento in modo da tener conto della presenza di tracce o, analogamente di mesoni D, non ricostruiti dal detector o che non hanno superato i tagli di selezione di qualità nella fase di ricostruzione. Pertanto, ogni coppia è pesata per l'inverso del prodotto delle efficienze

di ricostruzione delle tracce e dei mesoni D, ϵ_{trk} e ϵ_{trig} . In particolare, si è studiata la dipendenza di queste dalla pseudorapidità, dall'impulso trasverso e dalla posizione del vertice primario per la tracce cariche. Per le particelle trigger, invece, si è considerata solo la dipendenza dall'efficienza dal p_T e dalla molteplicità dell'evento. In fig 3 è riportata la distribuzione bidimensionale dell'efficienza in funzione di p_T e molteplicità delle D^{*+} *prompt* Particelle prodotte direttamente dalla frammentazione del quark o dal decadimento di stati di charmonio (in alto) e derivanti dal decadimento di adroni beauty (in basso).

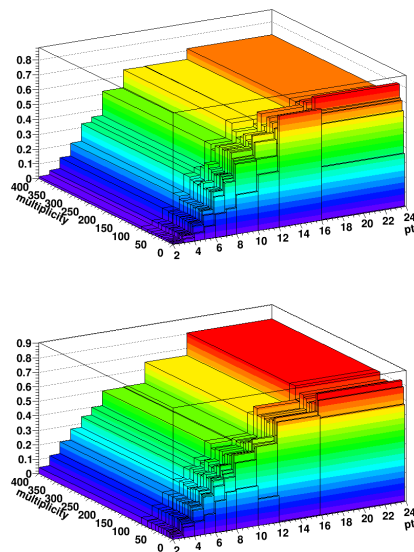


Figura 3: Dipendenza da p_T e molteplicità (sinistra) dell'efficienza delle D^{*+} prompt (in alto) e delle D^{*+} da decadimento di adroni beauty (in basso).

- **Correzione per la contaminazione da particelle secondarie**

La selezione delle particelle primarie avviene essenzialmente con un taglio di selezione sulla DCA (Distance of Closest Approach) dal vertice primario di interazione che serve a rimuovere le particelle secondarie ¹ dal campione delle associate. Tuttavia, ci si attende una contaminazione residua da tracce secondarie nelle distribuzioni di correlazione. Tale contaminazione è stimata tramite simulazioni Monte Carlo basate su Pythia e, di conseguenza, le correlazioni angolari, già sottratte del fondo combinatorio e corrette per l'efficienza, vengono moltiplicate per il fattore di purity (1- contaminazione) al fine di rimuoverne il contributo.

- **Correzione per i mesoni D derivanti dal decadimento di adroni beauty**

La strategia di selezione impiegata per i mesoni D favorisce la frazione di D proveniente dal decadimento di adroni beauty. Generalmente, la frazione di D da adroni beauty è dell'ordine del 10% o leggermente inferiore. Le distribuzioni di correlazioni di questi mesoni D "secondari" sono sensibili alle proprietà dei jet da beauty così come al decadimento degli adroni beauty, che in generale sono diversi dai jet e adroni contenenti charm. È pertanto necessario sottrarne il contributo dalle distribuzioni stesse. In fig 4 si riporta la frazione (f_{prompt}) di D^{*+} provenienti dalla frammentazione del charm valutata tramite simulazioni MonteCarlo basate sulle predizioni FONLL.

¹derivanti dal decadimento di particelle strane o dall'interazione con il materiale del detector

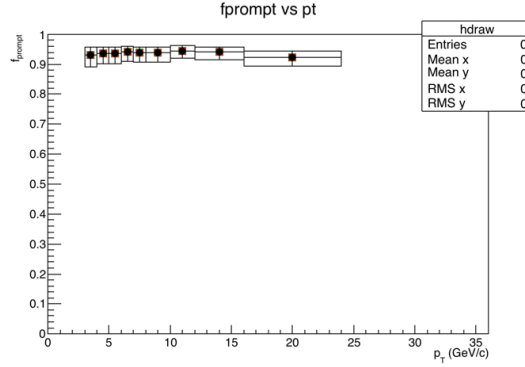


Figura 4: f_{prompt} del mesone D^{*+} in funzione del p_T .

- **Estrapolazione dei risultati.**

La compatibilità delle distribuzioni di correlazioni angolari ottenute per i tre mesoni D (D^0 , D^+ e D^{*+}) e con i modelli, ha consentito di estrarne la media pesata in modo da ridurre l'incertezza complessiva. Nonostante alcune correlazioni tra i mesoni (circa il 30% delle D^0 e parte delle D^+ derivano dai decadimenti della D^{*+}), i tre campioni selezionati possono essere trattati come non correlati. Il peso di ciascun mesone è dato dall'inverso della somma in quadratura dell'incertezza statistica e dell'incertezza sull'estrazione di S e B:

$$\left\langle \frac{1}{N_D} \frac{dN^{\text{assoc}}}{dp_T} \right\rangle_{D\text{mesons}} = \frac{\sum_{i=\text{meson}} w_i \frac{1}{N_D} \frac{dN_i^{\text{assoc}}}{d\Delta\phi}}{\sum_{i=\text{meson}} w_i}, \quad w_i = \frac{1}{\sigma_{i,\text{stat}}^2 + \sigma_{i,\text{uncorr.syst.}}^2} \quad (2)$$

Le distribuzioni così ottenute vengono fittate con due Gaussiani, in corrispondenza dei picchi a $\Delta\phi=0$ e $\Delta\phi=\pi$ e una funzione costante per descrivere la baseline. Dai fit si ricavano le osservabili fisiche (yield e ampiezza dei picchi) e le si confrontano con i modelli. La funzione di fit utilizzata è la seguente:

$$f(\Delta\phi) = c + \frac{Y_{NS}}{\sqrt{2\pi}\sigma_{NS}} e^{-\frac{(\Delta\phi - \mu_{NS})^2}{2\sigma_{NS}^2}} + \frac{Y_{AS}}{\sqrt{2\pi}\sigma_{AS}} e^{-\frac{(\Delta\phi - \mu_{AS})^2}{2\sigma_{AS}^2}} \quad (3)$$

La figura 5 mostra la media delle distribuzioni angolari delle correlazioni di D^0 , D^+ e D^{*+} e le particelle cariche associate con $p_T > 0.3$ GeV/c, $0.3 < p_T < 1$ GeV/c, $p_T > 1$ GeV/c, $1 < p_T < 2$ GeV/c, $2 < p_T < 3$ GeV/c, $p_T < 3$ GeV/c negli intervalli di impulso delle particelle trigger: p_T $3 < p_T < 5$ GeV/c, $5 < p_T < 8$ GeV/c, $8 < p_T < 16$ GeV/c and $16 < p_T < 24$ GeV/c e il confronto con i modelli. Le figure 6 e 7 mostrano i confronti delle osservabili di fit (yield e larghezza angolare dei picchi di *near-side* ed *away-side*, rispettivamente) per tutti gli intervalli di p_T analizzati, rispettivamente, per *near-side* ($\Delta\phi=0$) ed *away-side* ($\Delta\phi=\pi$). Come atteso, si può osservare un trend crescente con il p_T dei mesoni D nell'altezza del picco delle "near-side" combinato ad un andamento decrescente dell'altezza dei picchi all'aumentare del p_T delle tracce associate.

Infine, si può osservare una generale compatibilità dei risultati ottenuti per *near-side* ed *near-side* con i modelli PYTHIA6, PYTHIA8 (con diversi Perugia Tunes) e POWHEG.

0.2.3 Prospettive future

L'analisi sulle correlazioni angolari D-adroni in collisioni p-Pb, a centralità integrata è stata oggetto di discussione di diversi Physics Forum della collaborazione ALICE ed ha ottenuto l'approvazione dei risultati conseguiti. Attualmente, sto lavorando per lo studio delle correlazioni angolari in funzione della molteplicità

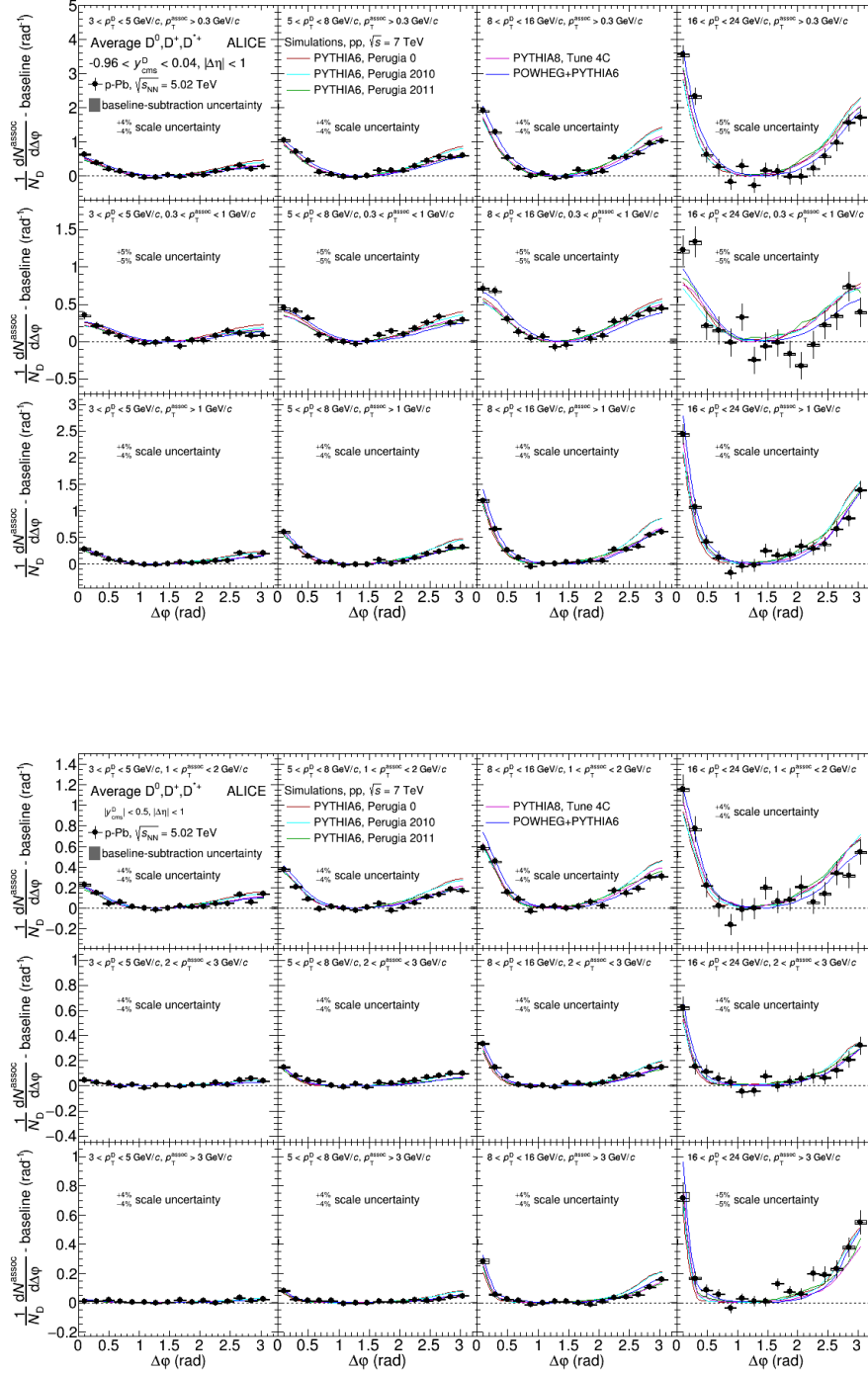


Figura 5: Confronto delle distribuzioni medie delle correlazioni D-h dai dati p-Pb 2016 con le attese dei modelli, per tutti gli intervalli cinematici studiati.

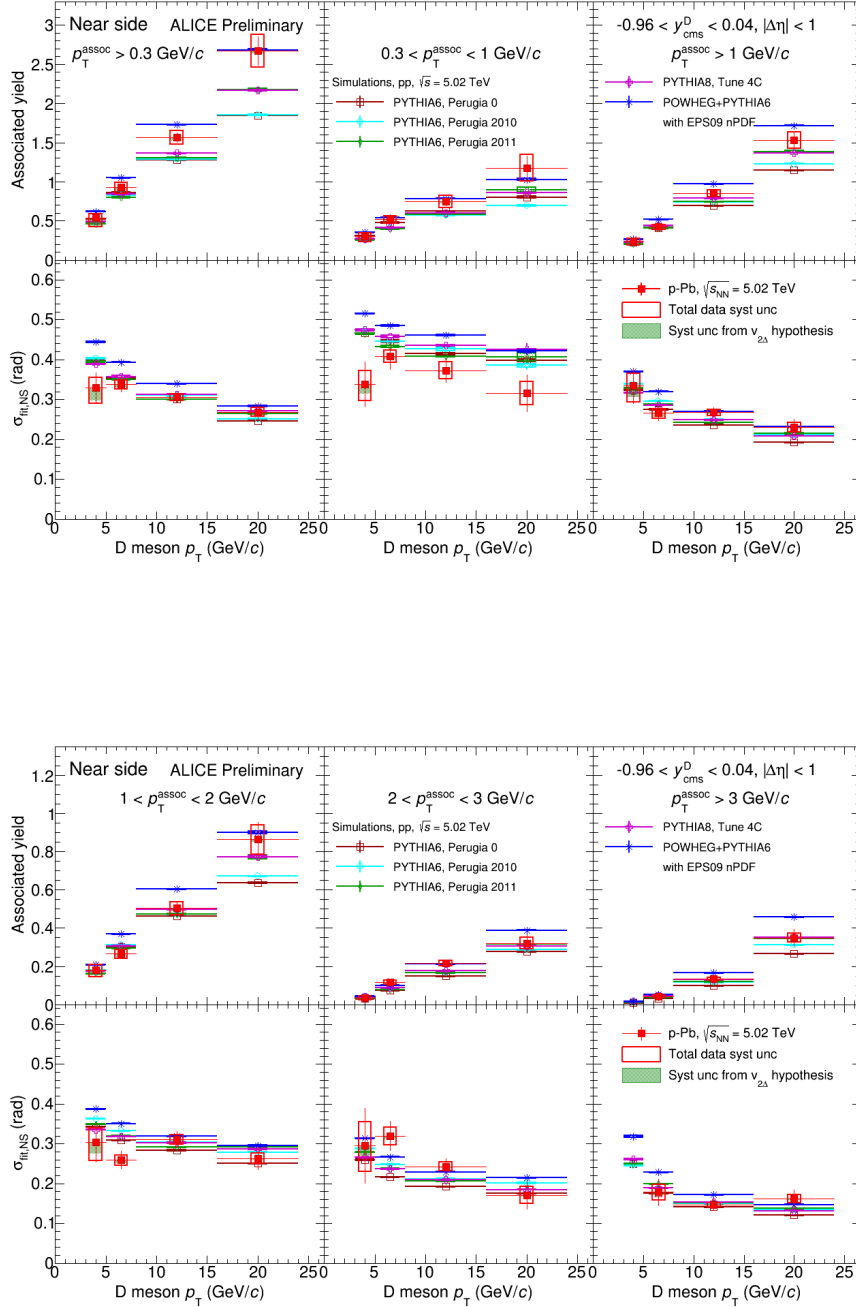


Figura 6: Confronto degli yield e ampiezze dei picchi “near-side” estrapolate dai dati p-Pb del 2016 con le attese dei modelli, per tutti gli intervalli cinematici analizzati.

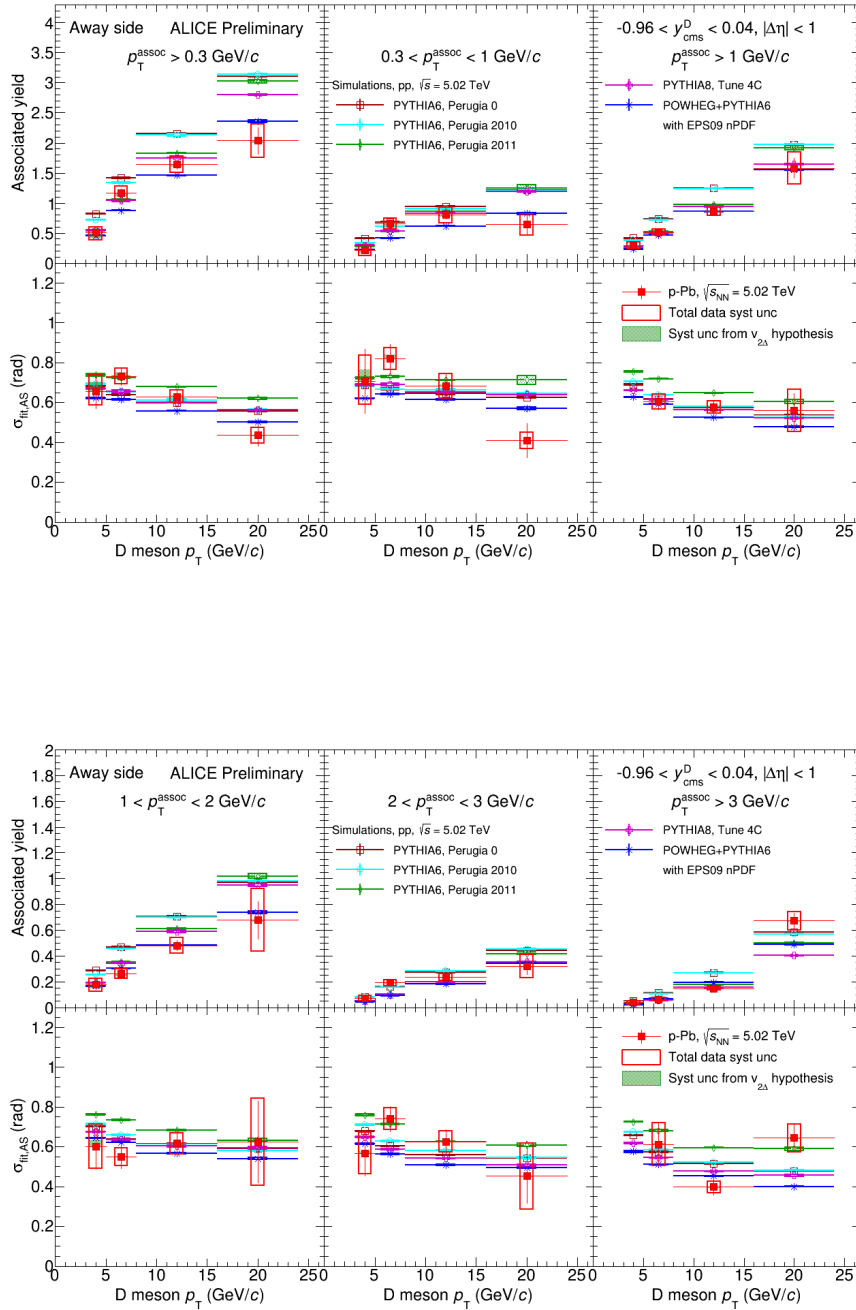


Figura 7: Confronto degli yield e ampiezze dei picchi “away-side” estrapolate dai dati p-Pb del 2016 con le attese dei modelli, per tutti gli intervalli cinematici analizzati.

dell'evento. Tali studi sono volti ad analizzare la presenza di possibili effetti collettivi e/o di effetti dello stato iniziale che si evidenziano in differenze nel meccanismo di produzione e di frammentazione del charm. L'analisi in funzione della centralità ripercorre gli step principali dell'analisi a centralità integrata. Particolare peso assume la variazione dei tagli di selezione di qualità in funzione della centralità stessa nella ricostruzione dei mesoni D e il ripessaggio delle simulazioni MonteCarlo per estrapolarne i risultati in funzione della centralità.

0.3 Attività sul detector

Parallelamente all'attività di ricerca strettamente connessa al mio progetto di dottorato, ho avuto un ruolo di responsabilità nel gruppo di Quality Assurance per il Silicon Pixel Detector (SPD) dell'Inner Tracking System di ALICE, per il quale mi sono occupata del monitoraggio dei dati offline durante il periodo di presa dati già a partire dal 2016 (Run 2). Durante il 2017 ho anche ricoperto un ruolo di responsabilità per il detector durante la fase di presa dati.

L'attività per l'SPD offline è di forte supporto alle analisi svolte all'interno della collaborazione in quanto l'SPD ha un ruolo cruciale nella ricostruzione dei vertici primari e secondari in ALICE. Inoltre, essendo il detector più vicino al punto di collisioni dei fasci e svolgendo anche la funzione di trigger, è importante che operi con altissime efficienze. In caso di problemi durante la presa dati, è fondamentale avere un feed-back quanto più celere possibile nell'attività online sul detector e di operare successivamente offline in modo da correggere le eventuali inefficienze del detector e restituire dati utilizzabili dalla collaborazione nelle analisi.

0.4 Contributi a conferenza e workshop

Congiuntamente allo svolgimento della mia attività di ricerca, ho avuto modo di presentare i risultati di ALICE relativi alle analisi condotte nel campo degli adroni "heavy-flavoured" e, in particolare nell'analisi delle correlazioni angolari dei mesoni D con adroni carichi. In tali occasioni si è colta l'opportunità di presentare i futuri sviluppi nel campo degli heavy flavour connessi al mio lavoro di ricerca.

Dal 19 al 21 aprile 2016 ho partecipato agli Incontri della Fisica delle Alte Energie (IFAE 2017) a Trieste. L'edizione ha compreso numerose sessioni dedicate alla discussione degli aspetti di maggiore interesse attuale e di prospettiva nella fisica delle alte energie. Il contributo prestato alla conferenza è consistito nella presentazione di un talk scientifico sui contenuti della mia attività di ricerca. Inoltre, è stato successivamente redatto un proceeding di 3 pagine sui temi del contributo presentato a tale conferenza; il proceeding è stato attualmente approvato ed è in fase di pubblicazione sulla rivista Nuovo Cimento.

0.5 Attività didattica

In accordo con le prescrizioni del regolamento Interno (Art.15 e Art. 5-d), ho integrato la formazione da ricercatrice con attività didattiche integrative, svolte presso il dipartimento di Matematica per il corso di Fisica Generale I rivolto agli studenti del corso di laurea triennale in matematica. L'attività è consistita nello

svolgimento di esercitazioni in aula di Meccanica e Termodinamica, secondo il programma previsto dal docente titolare del corso: prof. Piergiorgio Fusco.

0.6 Pubblicazioni scientifiche

- M. Mazzilli for the ALICE Collaboration, *Heavy-flavour angular correlations in pp and p-Pb collisions with ALICE*, being published on Nuovo Cimento
- M. Mazzilli for the ALICE Collaboration, *Non prompt D-meson measurements with ALICE at the LHC*, EPJ Web Conf. 129 (2016) 00033
- ALICE Collaboration, *Measurement of deuteron spectra and elliptic flow in Pb-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$ TeV at the LHC*, Eur.Phys.J. C77 (2017) no.10, 658
- ALICE Collaboration, *Searches for transverse momentum dependent flow vector fluctuations in Pb-Pb and p-Pb collisions at the LHC*, JHEP 1709 (2017) 032
- ALICE Collaboration, *Measuring $K_S^0 K^\pm$ interactions using Pb-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$ TeV*, Phys.Lett. B774 (2017) 64-77
- ALICE Collaboration, *Linear and non-linear flow modes in Pb-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$ TeV*, Phys.Lett. B773 (2017) 68-80
- ALICE Collaboration, *Flow dominance and factorization of transverse momentum correlations in Pb-Pb collisions at the LHC*, Phys.Rev.Lett. 118 (2017) no.16, 162302
- ALICE Collaboration, *Azimuthally differential pion femtoscopy in Pb-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$ TeV*, Phys.Rev.Lett. 118 (2017) no.22, 222301
- ALICE Collaboration, *Production of muons from heavy-flavour hadron decays in p-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$ TeV*, Phys.Lett. B770 (2017) 459-472
- ALICE Collaboration, *Production of π^0 and η mesons up to high transverse momentum in pp collisions at 2.76 TeV*, Eur.Phys.J. C77 (2017) no.5, 339, Erratum: Eur.Phys.J. C77 (2017) no.9, 586
- ALICE Collaboration, *Energy dependence of forward-rapidity J/ψ and $\Psi(2S)$ production in pp collisions at the LHC*, Eur.Phys.J. C77 (2017) no.6, 392
- ALICE Collaboration, *$K^*(892)^0$ and $\phi(1020)$ meson production at high transverse momentum in pp and Pb-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$ TeV*, Phys.Rev. C95 (2017) no.6, 064606
- ALICE Collaboration, *Production of $\Sigma(1385)^\pm$ and $\Xi(1530)^0$ in p-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV*, Eur.Phys.J. C77 (2017) no.6, 389

- ALICE Collaboration, *Insight into particle production mechanisms via angular correlations of identified particles in pp collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV*, Eur.Phys.J. C77 (2017) no.8, 569
- ALICE Collaboration, *Measurement of D-meson production at mid-rapidity in pp collisions at $\sqrt{s} = 7$ TeV*, Eur.Phys.J. C77 (2017) no.8, 550
- ALICE Collaboration, *Centrality dependence of the pseudorapidity density distribution for charged particles in Pb-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV*, Phys.Lett. B772 (2017) 567-577
- ALICE Collaboration, *W and Z boson production in p-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV*, JHEP 1702 (2017) 077
- ALICE Collaboration, *Determination of the event collision time with the ALICE detector at the LHC*, Eur.Phys.J.Plus 132 (2017) no.2, 99
- ALICE Collaboration, *Measurement of the production of high- p_T electrons from heavy-flavour hadron decays in Pb-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$ TeV*, Phys.Lett. B771 (2017) 467-481
- ALICE Collaboration, *Evolution of the longitudinal and azimuthal structure of the near-side jet peak in Pb-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$ TeV*, Phys.Rev. C96 (2017) no.3, 034904
- ALICE Collaboration, *Anomalous evolution of the near-side jet peak shape in Pb-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$ TeV*, Phys.Rev.Lett. 119 (2017) no.10, 102301
- ALICE Collaboration, *Measurement of electrons from beauty-hadron decays in p-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV and Pb-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$ TeV*, JHEP 1707 (2017) 052
- ALICE Collaboration, *Jet-like correlations with neutral pion triggers in pp and central Pb-Pb collisions at 2.76 TeV*, Phys.Lett. B763 (2016) 238-250
- ALICE Collaboration, *J/ ψ suppression at forward rapidity in Pb-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 5.02$ TeV*, Phys.Lett. B766 (2017) 212-224
- ALICE Collaboration, *Enhanced production of multi-strange hadrons in high-multiplicity proton-proton collisions*, Nature Phys. 13 (2017) 535-539
- ALICE Collaboration, *Higher-harmonic flow coefficients of identified hadrons in Pb-Pb collisions at $\sqrt{s_{NN}} = 2.76$ TeV*, JHEP 1609 (2016) 164

Bibliografia

- [1] B. Abelev et al. [ALICE Collaboration], *JHEP* **01** (2012) 128
- [2] B. Abelev et al. [ALICE Collaboration], *Eur. Phys. J. C* (2017) 77:245
- [3] B. Abelev et al. [ALICE Collaboration], *Phys.Lett. B*719 (2013) 29-41
- [4] B. Abelev et al. [ALICE Collaboration], *Phys.Lett. B*726 (2013) 164-177
- [5] ALICE Collaboration, arXiv:1609.06643 [nucl-ex]
- [6] <https://aliceinfo.cern.ch/Notes/node/300>
- [7] <https://aliceinfo.cern.ch/Notes/node/238>
- [8] <https://aliceinfo.cern.ch/Notes/node/201>