

# Ricerca di violazione del numero leptonic e altri processi rari ad NA62

---

MICHELE CORVINO, UNIVERSITÀ E INFN NAPOLI

INCONTRI DI FISICA DELLE ALTE ENERGIE, 08/04/2019

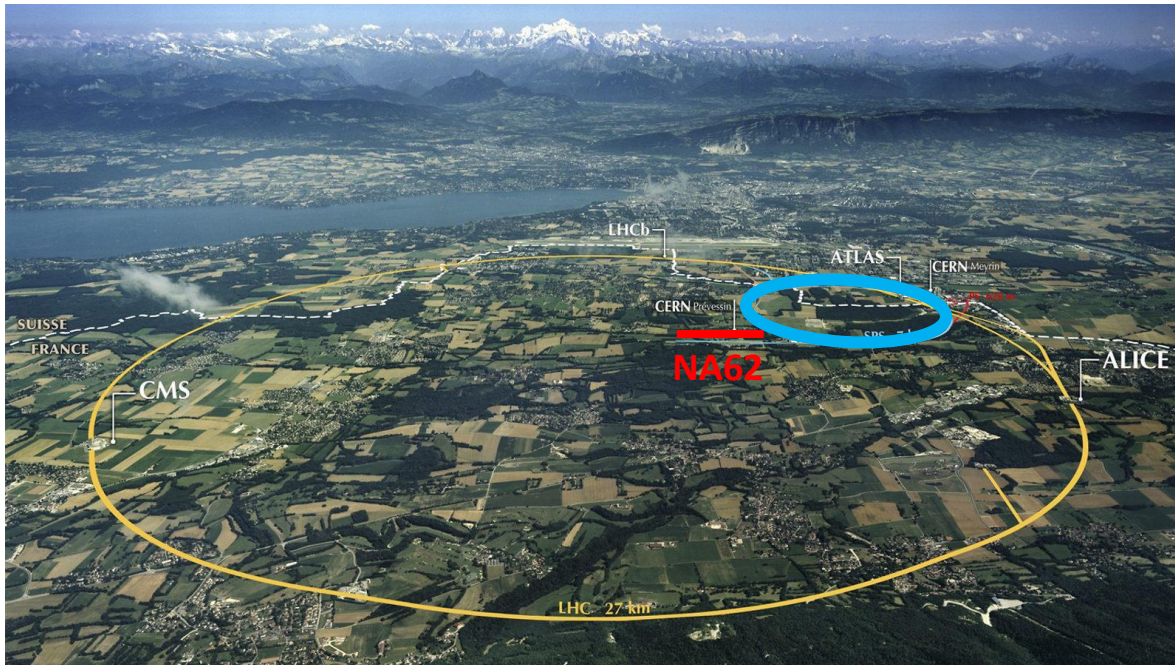
# Indice

---

- L'esperienza NA62
- Ricerca di violazione del numero leptonico nei decadimenti dei K
- Ricerca di bosoni vettoriali invisibili
- Conclusioni

# L'esperimento NA62 al CERN

- Esperimento a bersaglio fisso
- Decadimenti in volo dei K
- **Obiettivo principale:** misura di  $BR(K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu})$  con una precisione del 10%

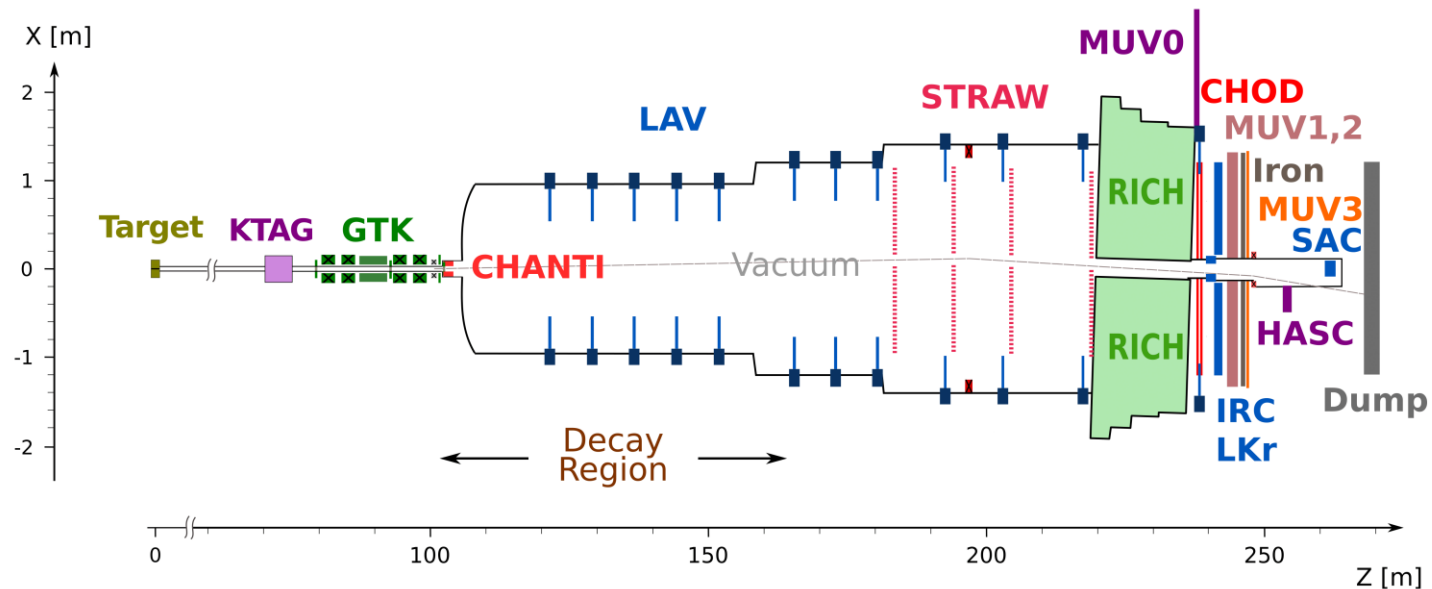


Fascio primario di protoni da SPS (400 GeV)

Fascio secondario di adroni (75 GeV, 800 MHz)

- Pioni (70%)
- Protoni (23%)
- K (6%)
- Muoni (0.7%)

# Apparato sperimentale



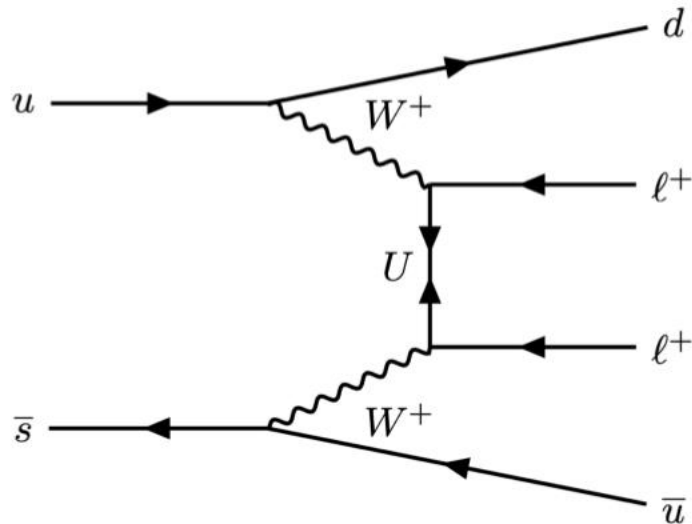
Caratteristiche principali:

- $O(100 \text{ ps})$  coincidenze temporali tra i rivelatori
- $> 10^8$  reiezione di fotoni da  $\pi^0$
- Alte prestazioni di identificazione delle particelle
- Alta precisione nella misura degli impulsi

# Violazione del numero leptonico

La conservazione numero leptonico non è strettamente imposta nella costruzione del Modello Standard (MS)

- Una sua violazione di 2 unità potrebbe indicare la presenza di neutrini di Majorana
- Nel settore dei K: ricerca dei processi  $K^+ \rightarrow \pi^- l^+ l^+$ ,  $l = (\mu, e)$  analoghi dei decadimenti  $0\nu\beta\beta$



## Limiti attuali (90% CL):

$$BR(K^+ \rightarrow \pi^- e^+ e^+) < 6.4 \times 10^{-10}$$

BNL E865

$$BR(K^+ \rightarrow \pi^- \mu^+ \mu^+) < 8.6 \times 10^{-11}$$

CERN NA48/2

# Selezione del segnale

---

Canali di normalizzazione: processi permessi nel MS  $K^+ \rightarrow \pi^+ l^+ l^-$

Eventi nelle regioni di segnale osservati solo dopo la stima degli eventi di fondo

# Selezione del segnale

---

Canali di normalizzazione: processi permessi nel MS  $K^+ \rightarrow \pi^+ l^+ l^-$

Eventi nelle regioni di segnale osservati solo dopo la stima degli eventi di fondo

- Vertice a 3 tracce nello stato finale,  $Q=1$
- $|p_{3trks} - p_K| < 2.5 \text{ GeV}/c$
- No attività in tempo nel LAV (solo canale  $\pi ee$ )
- K ricostruito nel KTAG a monte della regione di decadimento
- Identificazione delle particelle nello stato finale

# Strategia sperimentale

---

Il punto cruciale dell'analisi è l'identificazione delle particelle nello stato finale:

- E/p:  $E/p (e) \sim 1$ ,  $E/p (\mu) \sim 0$ ,  $0 < E/p (\pi) < 1$
- RICH, alta efficienza per particelle di carica positiva, risultati ottimali tra 15 e 35 GeV

Il principale fondo è rappresentato da  $K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^+ \pi^-$  attraverso due diversi meccanismi:

- Errata identificazione delle particelle
- Decadimenti in volo  $\pi^+ \rightarrow e^+ \nu$

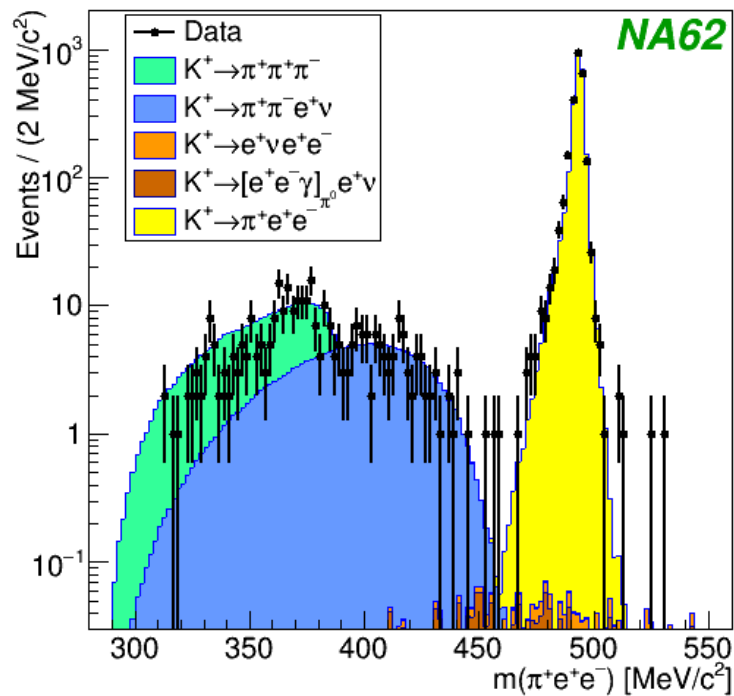
Per il canale  $\pi e e$  taglio ulteriore:  $M(ee) > 140 \text{ MeV}/c^2$  per rigettare  $K^+ \rightarrow [e^+ e^- \gamma]_{\pi_D^0} e^+ \nu$



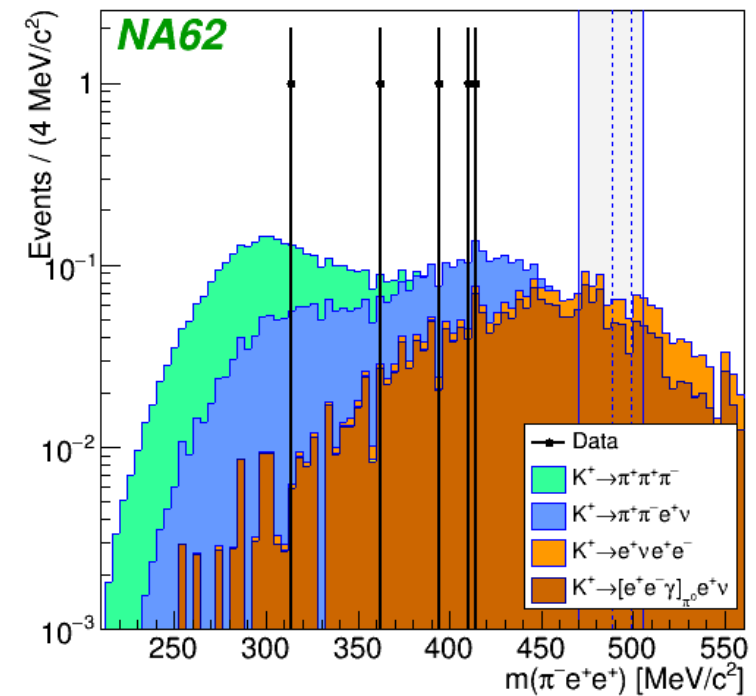
# Massa invariante (canale $\pi ee$ )

Campione: 3 mesi della presa dati 2017 ,  $N_K = (2.14 \pm 0.07) \times 10^{11}$

MS



LVN



# Massa invariante (canale $\pi ee$ )

Campione: 3 mesi della presa dati 2017 ,  $N_K = (2.14 \pm 0.07) \times 10^{11}$

Accettanza del segnale: 4.98%

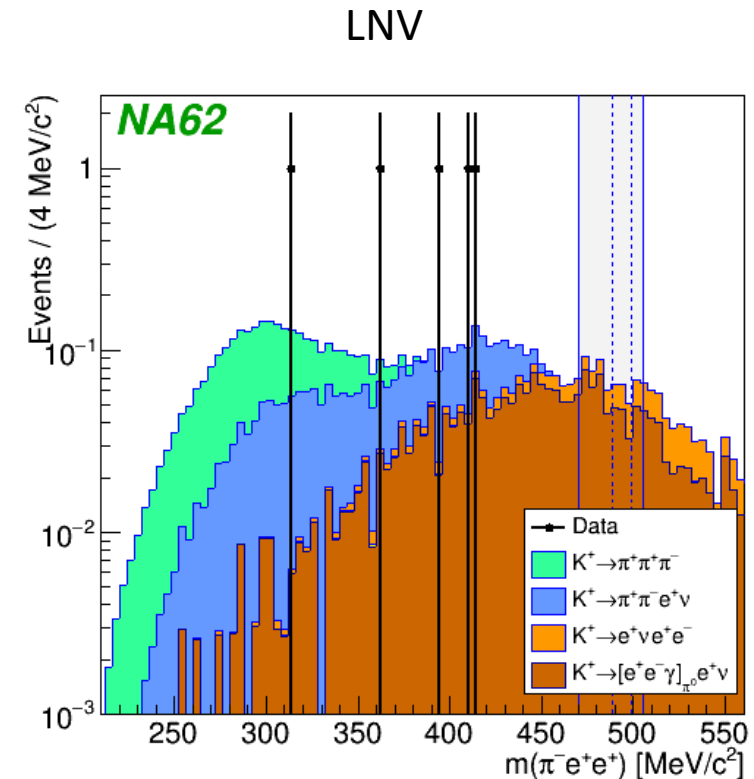
Eventi di fondo attesi nella regione di segnale:

$0.16 \pm 0.03$

Eventi osservati: 0

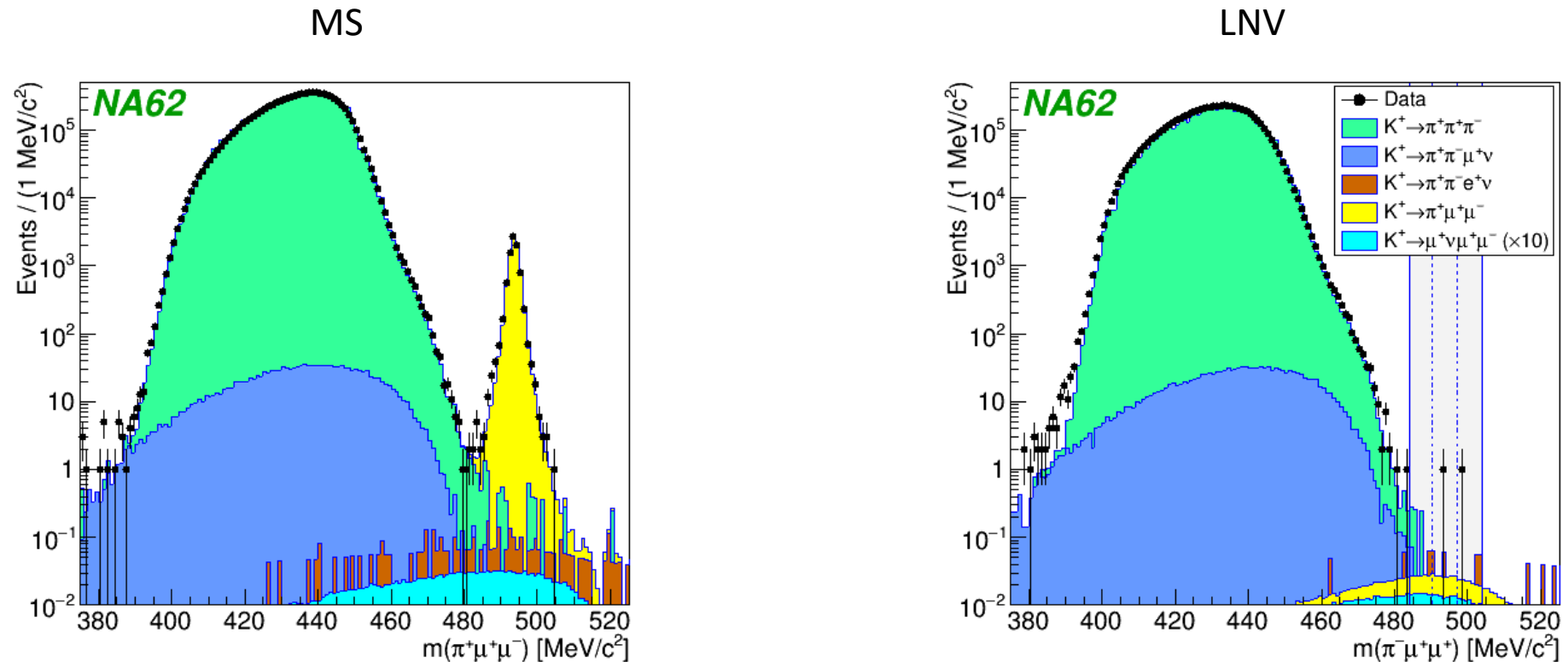
Limite superiore (90% CL):

$$BR(K^+ \rightarrow \pi^- e^+ e^+) < 2.2 \times 10^{-10}$$



# Massa invariante (canale $\pi\mu\mu$ )

Campione: 3 mesi della presa dati 2017 ,  $N_K = (7.94 \pm 0.23) \times 10^{11}$



# Massa invariante (canale $\pi\mu\mu$ )

Campione: 3 mesi della presa dati 2017 ,  $N_K = (7.94 \pm 0.23) \times 10^{11}$

Accettanza: 9.81%

Eventi di fondo attesi nella regione di segnale:

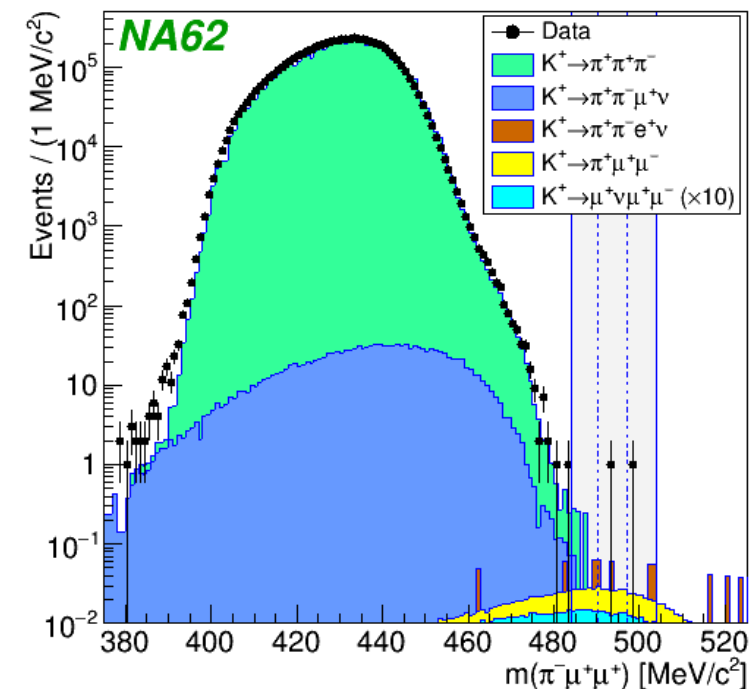
$0.91 \pm 0.41$

Eventi osservati: 1

Limite superiore (90% CL):

$$BR(K^+ \rightarrow \pi^- \mu^+ \mu^+) < 4.2 \times 10^{-11}$$

LNV



# Risultati

---

Canale	Limite precedente	NA62 (dati 2017)
$K^+ \rightarrow \pi^- e^+ e^+$	$6.4 \times 10^{-10}$	$2.2 \times 10^{-10}$
$K^+ \rightarrow \pi^- \mu^+ \mu^+$	$8.6 \times 10^{-11}$	$4.2 \times 10^{-11}$

x3 (4) miglioramento nei limiti superiori del canale  $\pi ee$  ( $\pi\mu\mu$ )

Risultato basato su  $\sim 1/3$  della statistica totale 2017-2018

# Ricerca di processi esotici a NA62

---

L'alta intensità e il gran numero di K raccolti rende NA62 adatto alla ricerca di processi esotici

Nuova simmetria U(1) mediata da un bosone vettoriale massivo  $A'$  («fotone oscuro» in gergo)

- Ricerca di  $A'$  attraverso la catena di decadimenti:

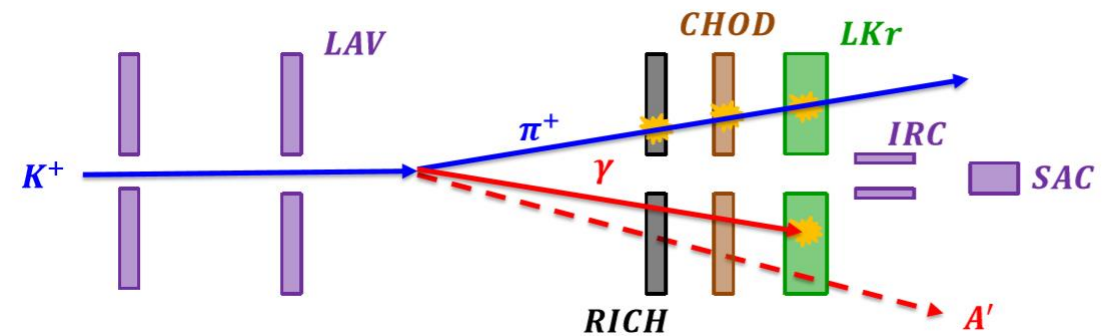
$$K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0$$
$$\pi^0 \rightarrow \gamma A'$$

Formula chiave:

$$BR(\pi^0 \rightarrow \gamma A') = 2\epsilon^2 \left(1 - \frac{m_{A'}^2}{m_{\pi^0}^2}\right)^3 \times BR(\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma)$$

# Selezione

- Campione: 1% della statistica complessiva 2016-2018
- Normalizzazione:  $K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0$
- Selezione cinematica:  $M_{miss}^2 = (P_K - P_\pi - P_\gamma)^2$
- No attività in tempo in LAV, IRC, SAC
- No extra attività in tempo in RICH e CHOD (conversioni)

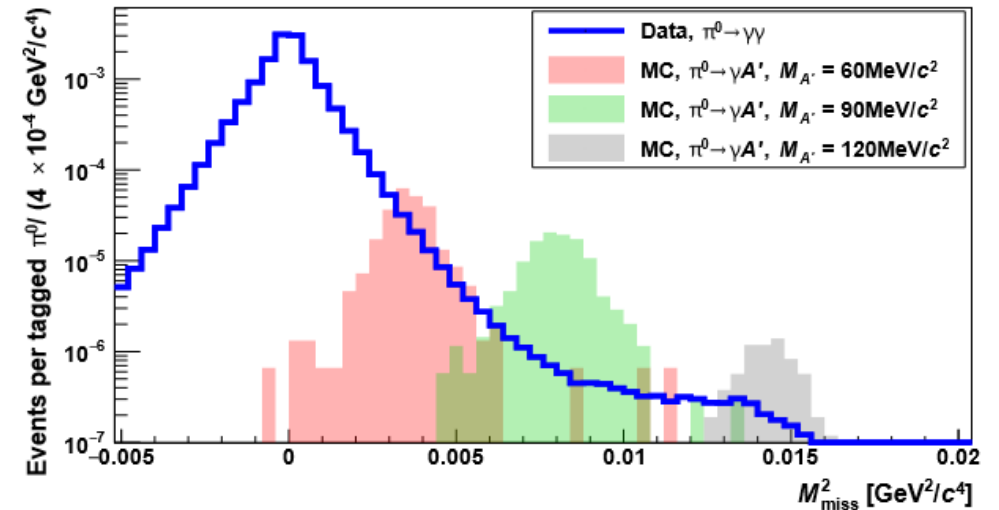


# Selezione

- Normalizzazione:  $K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0$
- Selezione cinematica:  $M_{miss}^2 = (P_K - P_\pi - P_\gamma)^2$
- No attività in tempo in LAV, IRC, SAC
- No extra attività in tempo in RICH e CHOD (conversioni)

Principali fondi:

- $\pi^0 \rightarrow \gamma\gamma$  con un fotone non ricostruito

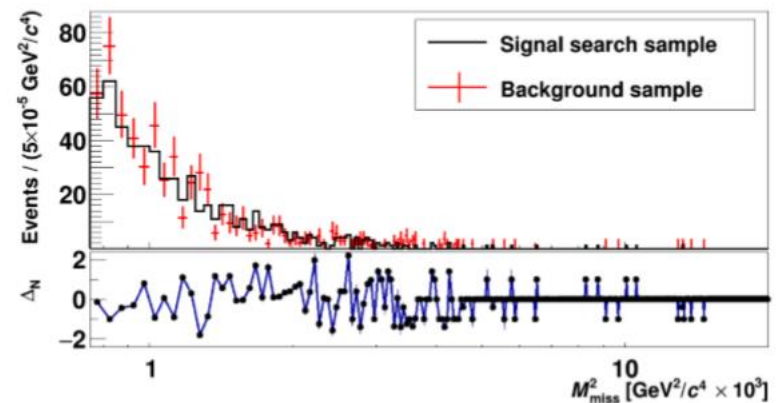
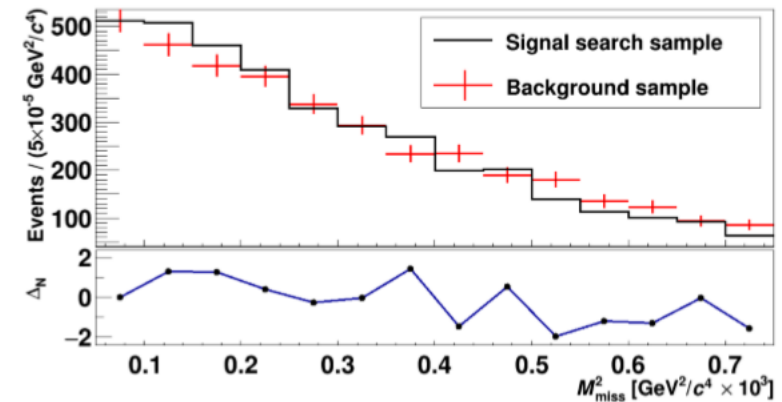




# Valutazione del fondo

Il campione di fondo è stato scalato rispetto ai dati in una regione adiacente a quella di segnale:  
 $0.00005 < M_{miss}^2 < 0.00075 \text{ GeV}^2/c^4$

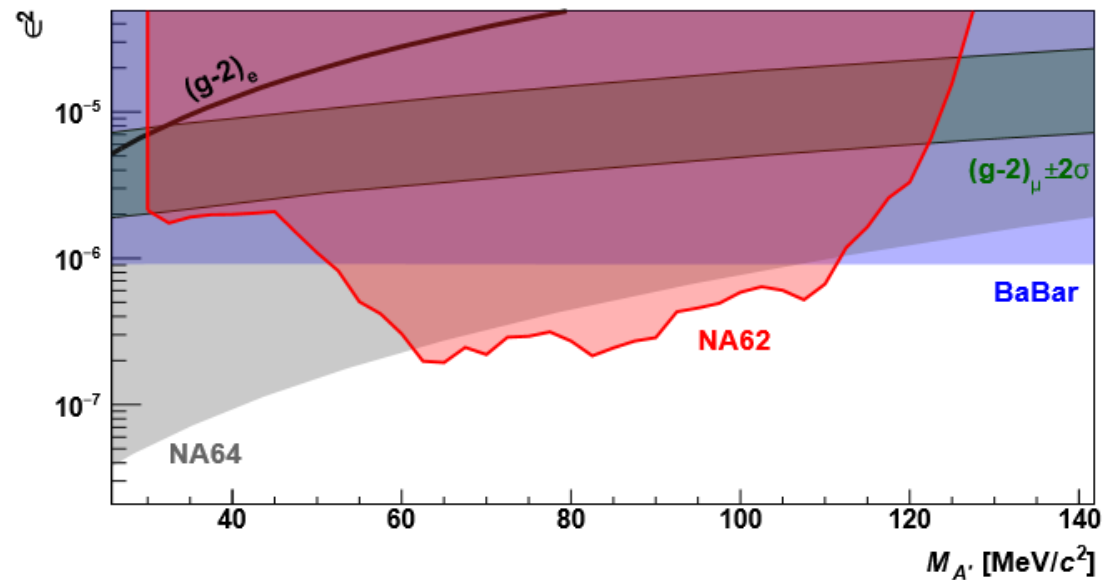
Regione di segnale :  $0.00075 < M_{miss}^2 < 0.01765 \text{ GeV}^2/c^4$   
O(1) eventi di fondo con  $4 \times 10^8 \pi^0$  selezionati



# Risultati

Non sono stati osservati eccessi statisticamente rilevanti rispetto al fondo

Miglioramento dei limiti precedenti nella regione 60-110 MeV/c<sup>2</sup>



# Conclusioni

---

Vasto programma di fisica a NA62 oltre  $K^+ \rightarrow \pi^+ \bar{\nu} \nu$ :

- Violazione del numero leptonic
  - Nuovi limiti su  $K^+ \rightarrow \pi^- l^+ l^+$ 
    - $BR(K^+ \rightarrow \pi^- e^+ e^+) < 2.2 \times 10^{-10}$
    - $BR(K^+ \rightarrow \pi^- \mu^+ \mu^+) < 4.2 \times 10^{-11}$
  - 1/3 statistica totale analizzata
- Ricerca di bosoni vettoriali invisibili
  - Miglioramento dei limiti attuali nella regione  $60-110 \text{ MeV}/c^2$  dello spazio dei parametri
  - Miglioramento dei limiti su  $BR(\pi^0 \rightarrow \nu \bar{\nu} \gamma) < 1.9 \times 10^{-7}$  di 3 ordini di grandezza
  - 1% della statistica totale 2016-2018 analizzata