



- Astronomia con neutrini: come e perché ?
- Studio dei muoni atmosferici;
- Rivelazione di neutrini astrofisici di alta energia da sorgenti puntiformi/diffuse;
- Rivelazione di neutrini astrofisici di alta energia da sorgenti variabili nel tempo;
- Rivelazione indiretta di materia oscura;

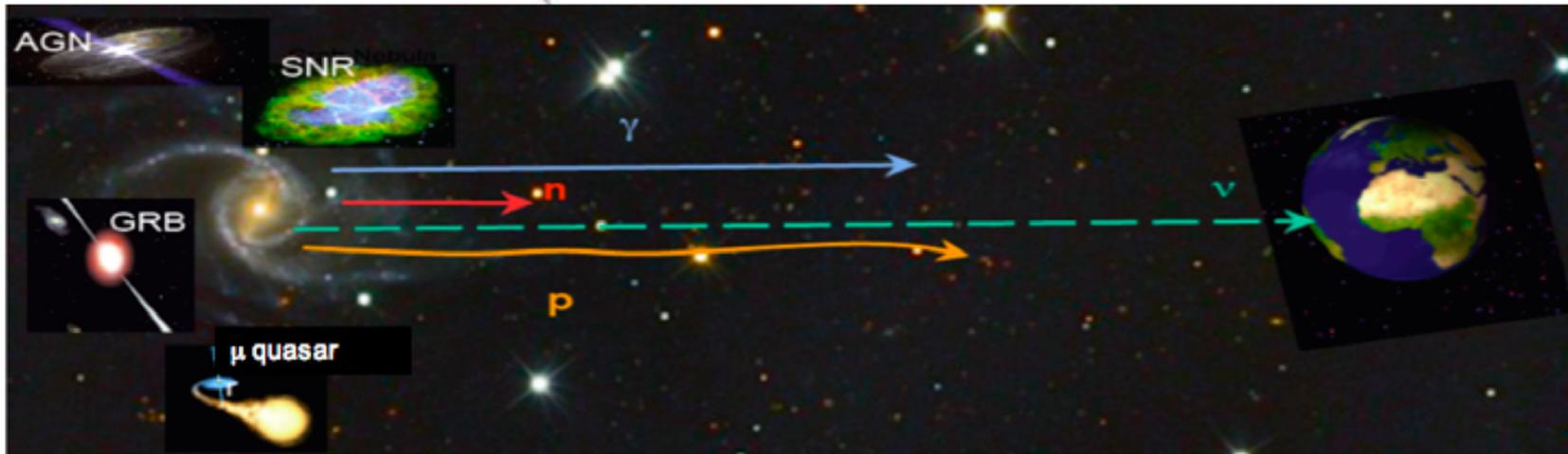
# Prime analisi del rivelatore ANTARES

Manuela Vecchi

Università di Roma "La Sapienza" - INFN



# Astronomia con neutrini: come e perché?

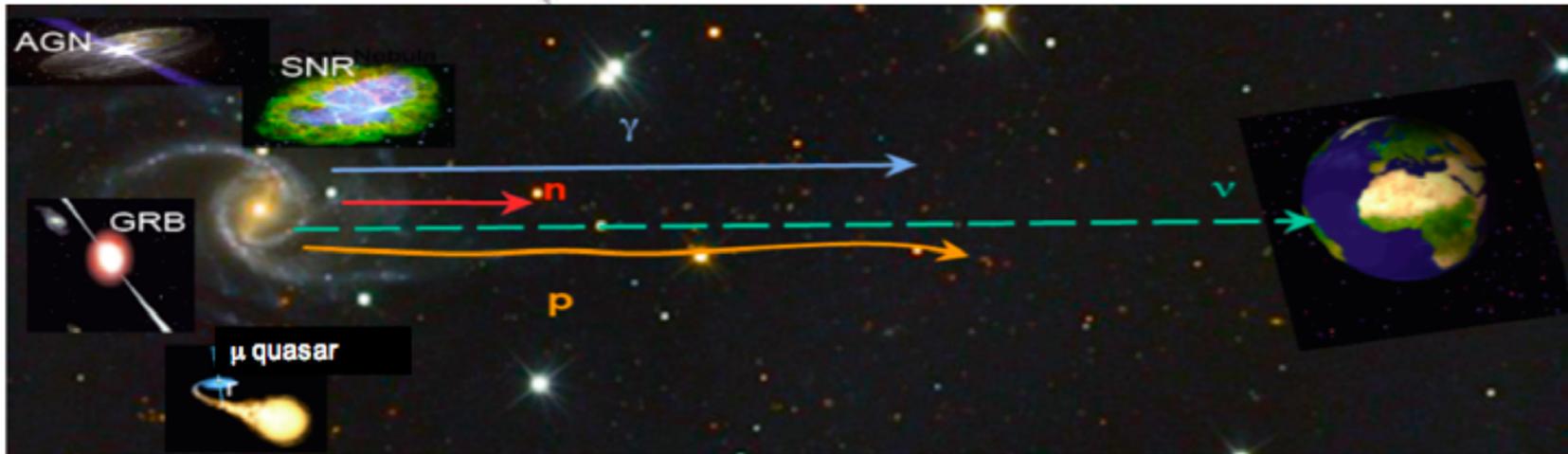


Presentazione G. Riccobene

## Da dove vengono i Raggi Cosmici ?

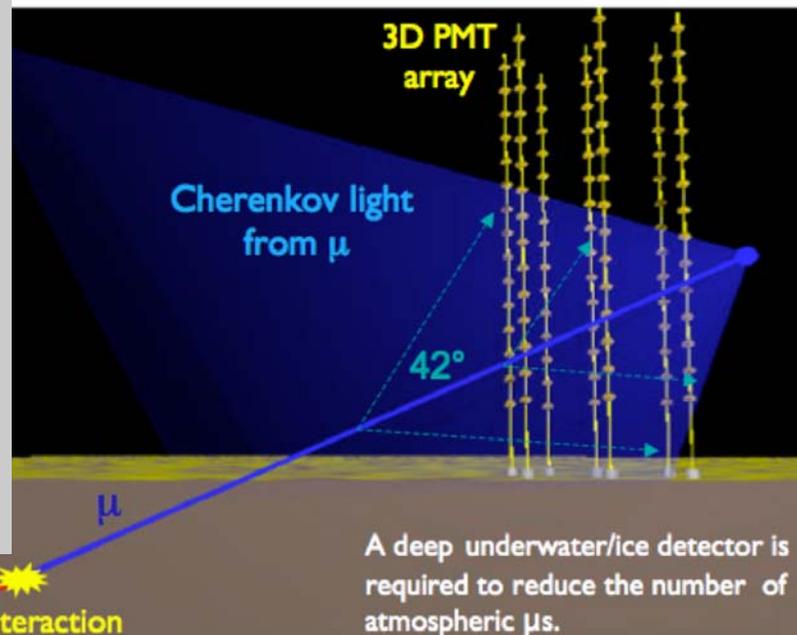
- Essendo particelle cariche sono deviati dai campi magnetici → identificare le sorgenti è possibile solo rivelando particelle neutre.
- Proprietà peculiari dei neutrini: neutri, solo interazioni deboli, non interagiscono con CMB → investigazione su distanze cosmologiche **MA** richiedono grandi volumi di rivelazione.

# Astronomia con neutrini: come e perché?

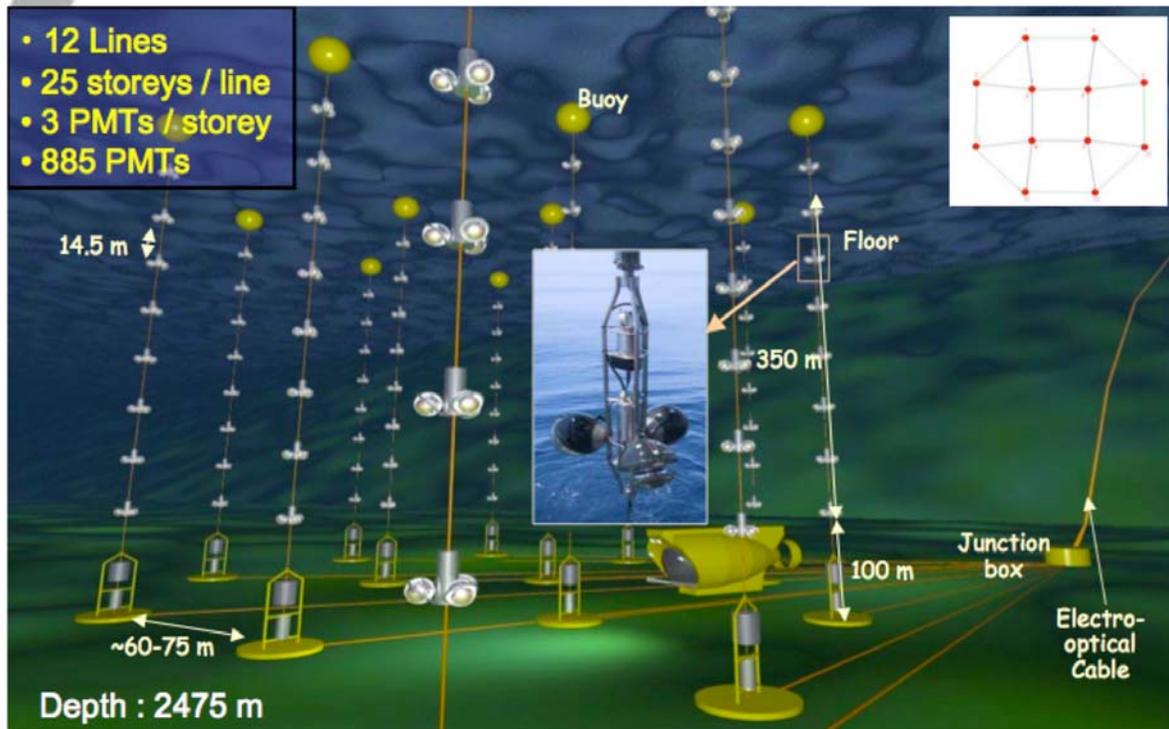


## Obiettivi:

- Ricerca dei siti di produzione di RC,  $\gamma$  e  $\nu$  di alta energia.
- Comprensione dei meccanismi di produzione di RC,  $\gamma$  e  $\nu$  di AE
- Ricerca indiretta di materia oscura ...



# Il rivelatore ANTARES



Visti gli esigui flussi aspettati si richiede un **volume di rivelazione dell'ordine del km<sup>3</sup>**.

**ANTARES** ha un'area di circa 0.1 km<sup>2</sup> ed è un esperimento **di prima generazione** per la validazione della tecnica di rivelazione.

Presi dati iniziata nel 2006 con una sola stringa (rivelatore completo dal 2008)

## **ANTARES 2007: 5 linee**

168 gg presa dati analizzati

**19 • 10<sup>6</sup> trigger  $\mu$**

Rivelati 168 eventi *di neutrino* ↑

## **ANTARES 2008: $\geq 9$ linee**

173 gg presa dati analizzati

**→ 65 • 10<sup>6</sup> trigger  $\mu$**

Rivelati 800 ev. *di neutrino* ↑

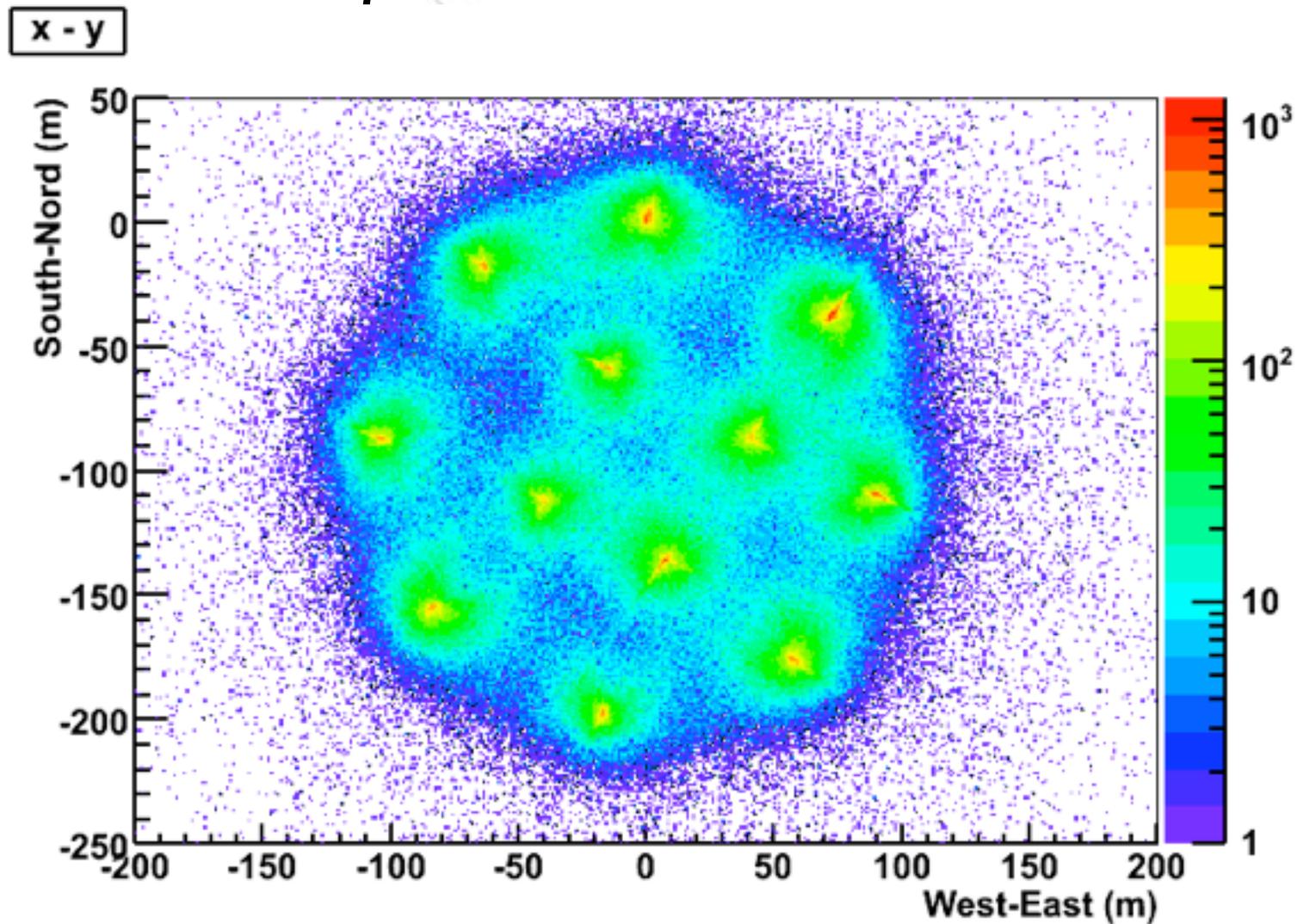
## **ANTARES 2009-10: $\geq 9L$**

**279 gg presa dati**

**> 800 ev. *di neutrino* ↑**

**( $\sim 3 \nu_{\text{atm}} / \text{gg}$ )**

# L'impronta di ANTARES



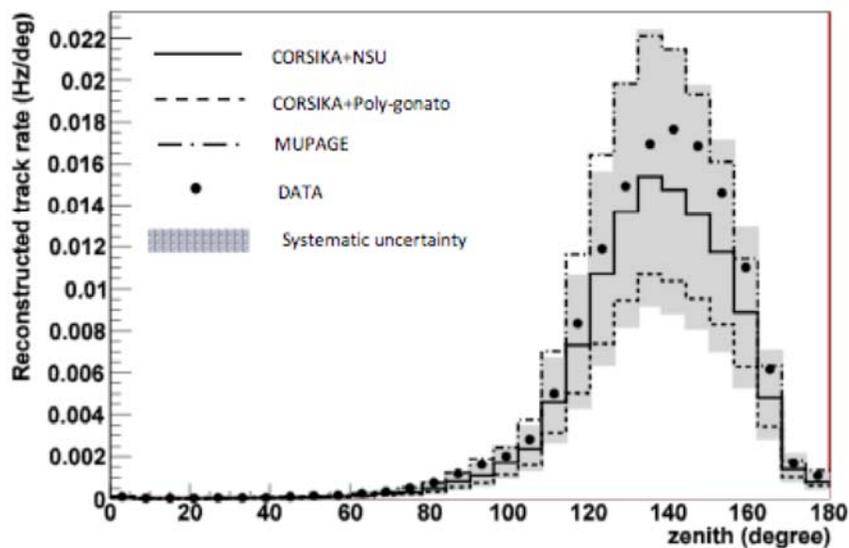
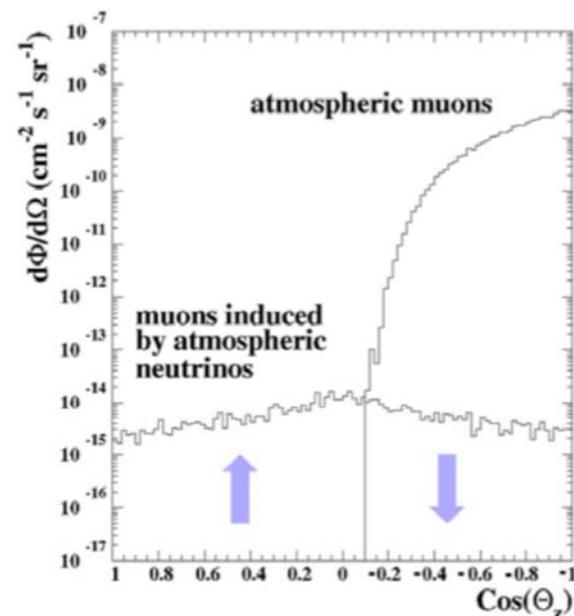
Posizione delle tracce ricostruite di muoni atmosferici al tempo del primo hit

# Muoni atmosferici

La maggior parte degli eventi rivelati è rappresentata da  $\mu$  atmosferici che si propagano dall'alto verso il basso nel rivelatore, alcuni ricostruiti come upgoing.

Il flusso di  $\nu$  atmosferici è più esiguo di 4-5 o.d.g.

La simulazione dei muoni atmosferici è fatta seguendo due approcci differenti.



## • Incertezze sulla simulazione

- |   |         |      |
|---|---------|------|
| - $\Delta\lambda_{abs}/\lambda_{abs} = \pm 10\% \rightarrow \pm 20\%$ | } Total |      |
| - OM acceptance (high angle) = $\pm 30\% \rightarrow +35\%$<br>-30%   |         | +45% |
| - PMT eff. Area = 10% $\rightarrow \pm 20\%$                          |         | -40% |

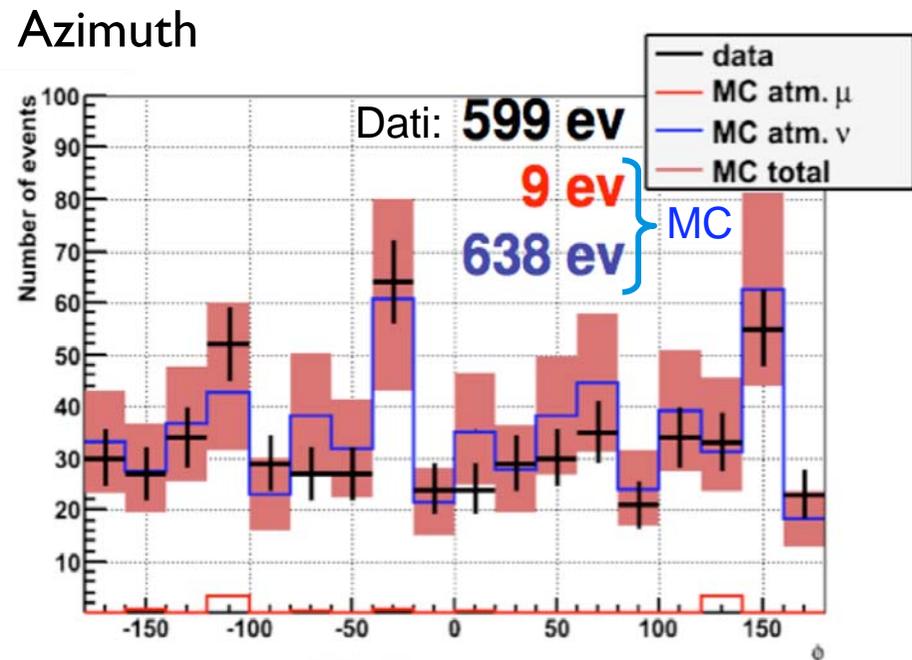
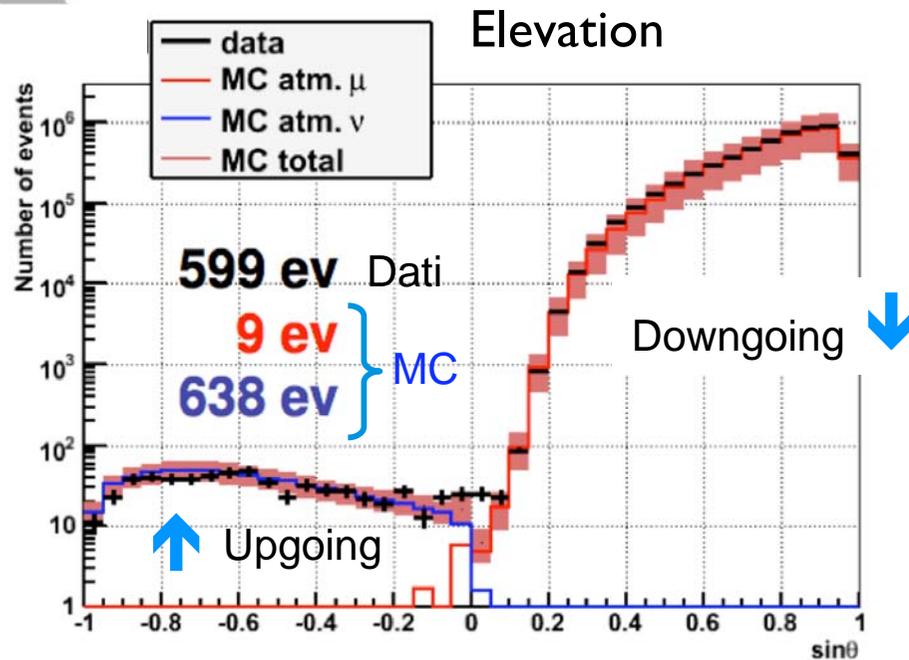
## Monte Carlo:

- CORSIKA + QGSJET (Modello di interazione dei RC primari) + modelli semi-fenomenologici per il flusso misurato a Terra+ propagazione in acqua.
- MUPAGE - Parametrizzazione del flusso di muoni al detector

📄 [Articolo in stampa su Astrop. Phys.](#)

# Eventi rivelati 2007-2008

Buon accordo tra dati e MC, il campione di eventi è dominato dal fondo di muoni atmosferici (eventi ↓).

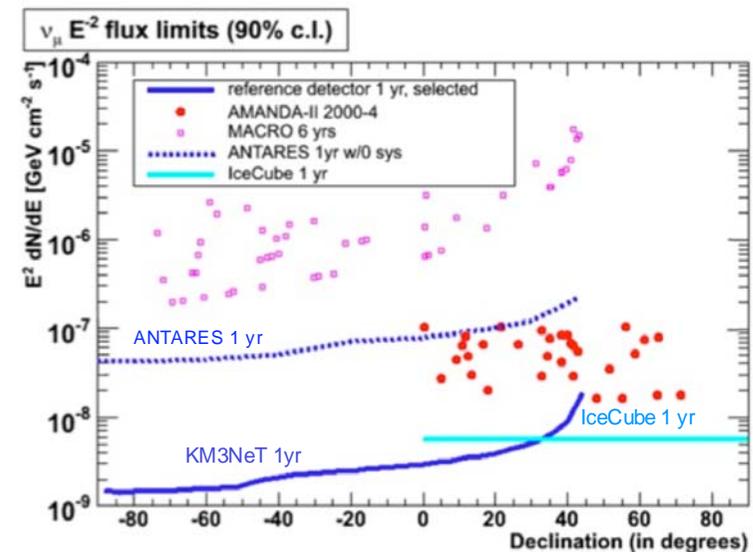
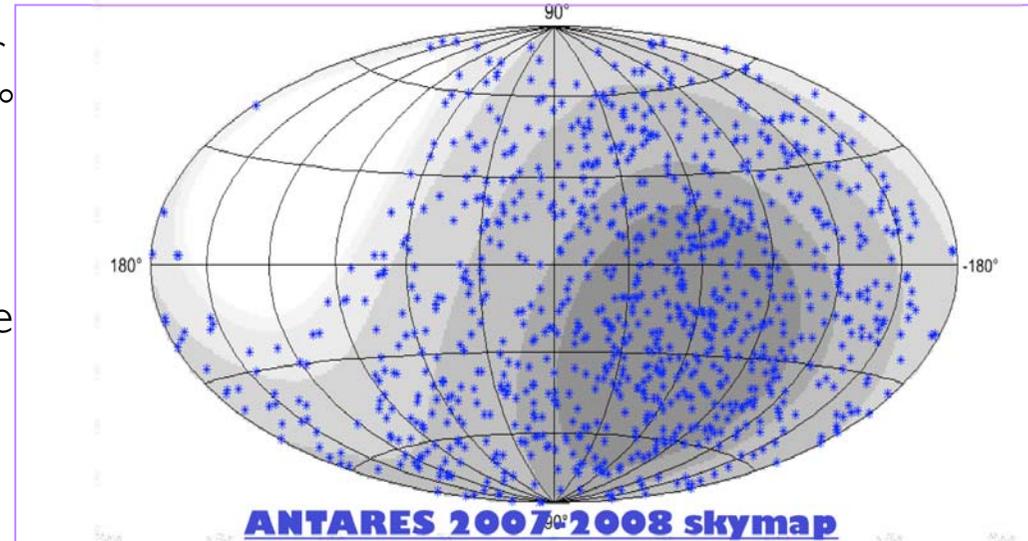


Ricerca di neutrini astrofisici in progress ...



# Neutrini da sorgenti puntiformi

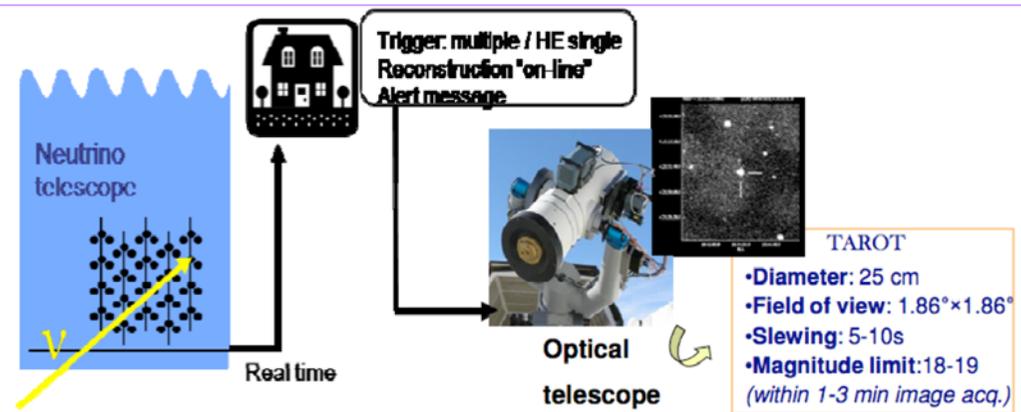
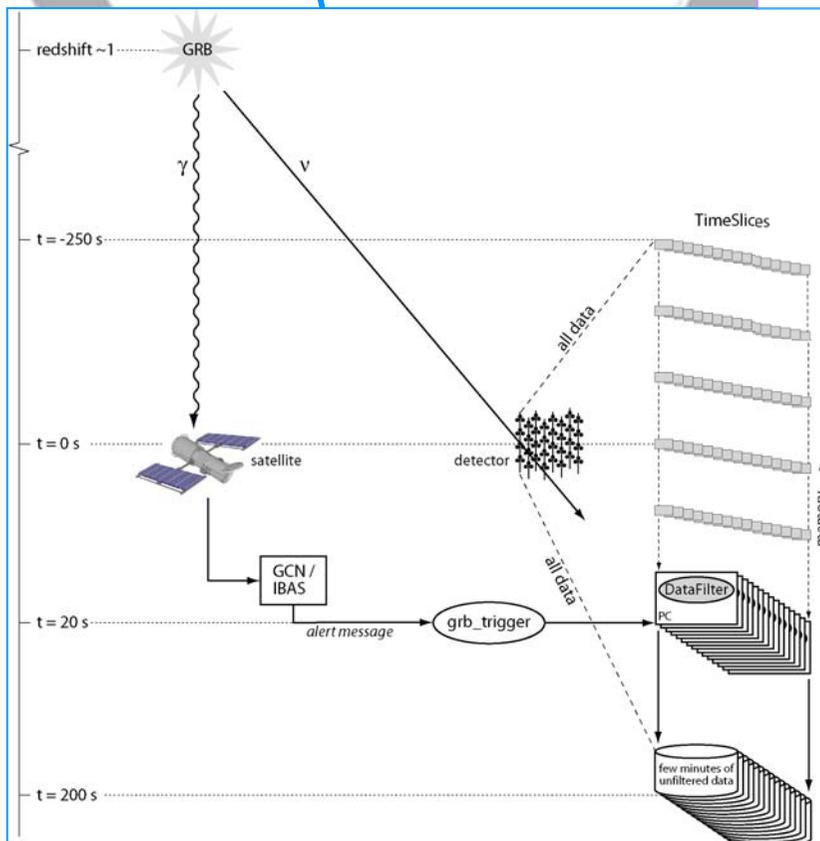
- **Algoritmo di ricostruzione** ottimizzato per fornire risoluzione angolare inferiore a  $0.2^\circ$  ( $E > \text{TeV}$ )  $\rightarrow$  riduzione del fondo di neutrini atmosferici.
- Ottimizzazione dei tagli volta alla riduzione del fondo di muoni atmosferici malricostruiti
- Due tipi di analisi: binned e unbinned.
- **Studio delle sistematiche**, in particolare:
  - efficienza ( $\sim 30\%$  accettazione angolare OM, trasparenza dell'acqua,...)
  - fondo di origine ambientale ( $\sim 10\%$  bioluminescenza,  $^{40}\text{K}$ )
  - risoluzione angolare



Analisi dati 2007-2010 in corso ...

# Neutrini da sorgenti transienti

Triggered search method:  
Ricerca di neutrini di alta energia in correlazione con Gamma Ray Bursts (satelliti)



## Alert types and rates

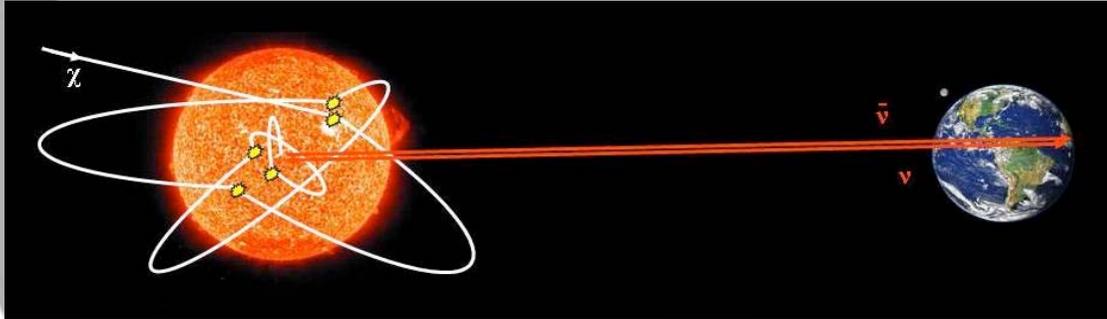
HE singlets: cut on energy (nhits & amp) → expected ~ 2/month

Doublers: 2  $\nu$  events within  $3^\circ$   
 $\Delta t = 15$  min. → expected  $\sim 3.5 \times 10^{-3}$ /yr

Rolling search method:  
optical follow up di eventi di neutrino con telescopi ottici

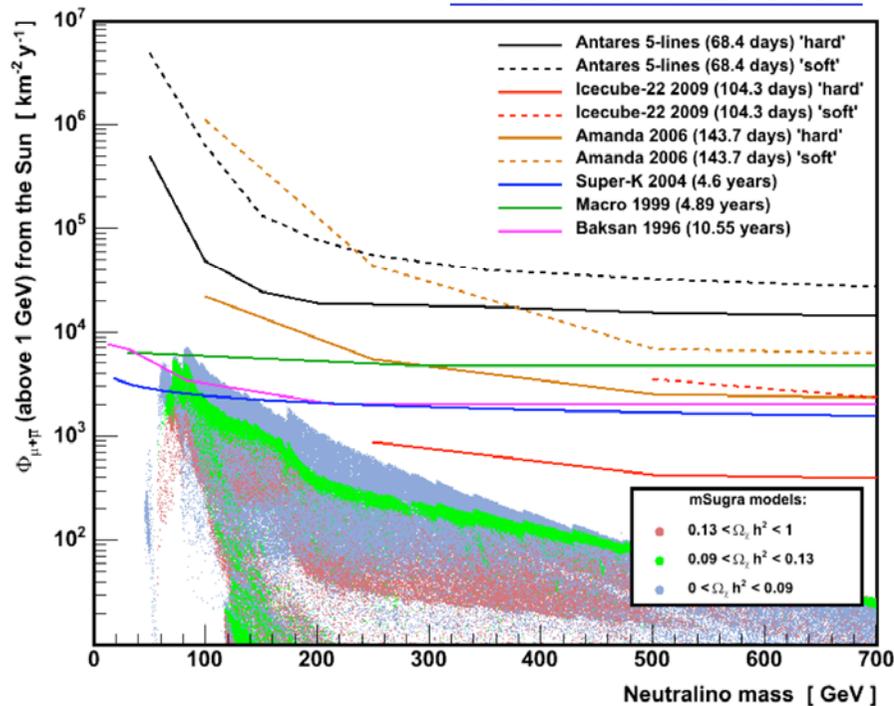
Multimessenger approach !

# Rivelazione indiretta di materia oscura



L'annichilazione di coppie di neutralini (WIMPs) attratti gravitazionalmente verso oggetti massivi, i.e. Sole e/o Centro Galattico, può produrre neutrini rivelabili da ANTARES.

[arXiv:0905.2316v3](https://arxiv.org/abs/0905.2316v3)



Ricerca di un eccesso di neutrini dal Sole con i dati raccolti nel **2007**

- Data sample 68.4 giorni
- No discovery → 90% C.I. Upper limit
- mSugra model predictions
  - green : WMAP favoured relic density
  - red : > WMAP favoured relic density
  - blue : < WMAP favoured relic density

# Conclusioni

- L'esperimento ANTARES è completo e in fase di presa dati.
- Task force dedicata alla comprensione della risposta del rivelatore e alla sua simulazione.
- Primi risultati pubblicati o in fase di pubblicazione. Molte analisi a breve pronte per la pubblicazione.
- Più di 1500 neutrini sono stati rivelati fino ad ora ... *stay tuned* !

- **Performance of the First ANTARES Detector Line**

*M. Ageron et al., Astroparticle Physics, 31 (2009) 277-283*

- **Measurement of the atmospheric muon flux with a 4 GeV threshold in the ANTARES neutrino telescope**

*J.A. Aguilar et al., Astroparticle Physics 33 (2010) 86-90*

- **Zenith distribution and flux of atmospheric muons measured with the 5-line ANTARES detector**  
accepted for publication in *Astrop. Phys.*

- **Rapid subduction in the deep North Western Mediterranean**  
to be published in *Ocean Science*

- **Performances of the front-end electronics of the ANTARES neutrino telescope**  
submitted for publication to *Nucl. Instrum. and Meth.*

- **The ANTARES Neutrino Telescope**  
in preparation

- **Amadeus - the acoustic neutrino detection test system of Antares**  
ready for final proofreading in the ANTARES Publication Committee

- **Timing calibration of the ANTARES neutrino telescope**  
close to final proofreading in the ANTARES Publication Committee

- **Point like sources with 5-line detector**  
under discussion

- **Observation of muon induced electromagnetic showers with the Antares detector**  
some iterations needed