

OPERA Deneyinde Çokluk Dağılımları



Çağın KAMIŞCIOĞLU

*OPERA –ODTÜ Grubu
Ankara Üniversitesi Fizik Mühendisliği Bölümü*



**Ankara YEF Günleri 2015
12 - 14 Şubat 2105
Ulusal Fizik ve Fizik Mühendisliği Çalıştayı**



OPERA'nın Amacı

OPERA: NÖTRİNO SALINIMININ GÖRÜNÜR MODDA DİREK BELİRLENMESİ

3x3 Unitary Mixing Matrix

$$\begin{pmatrix} \nu_e \\ \nu_\mu \\ \nu_\tau \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} U_{e1} & U_{e2} & U_{e3} \\ U_{\mu1} & U_{\mu2} & U_{\mu3} \\ U_{\tau1} & U_{\tau2} & U_{\tau3} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \nu_1 \\ \nu_2 \\ \nu_3 \end{pmatrix}$$

PMNS (Pontecorvo-Maki-Nakagawa-Sakata) Matrix

$$\begin{pmatrix} \nu_e \\ \nu_\mu \\ \nu_\tau \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & c_{23} & s_{23} \\ 0 & -s_{23} & c_{23} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} c_{13} & 0 & s_{13} e^{-i\delta_{CP}} \\ 0 & 1 & 0 \\ -s_{13} e^{i\delta_{CP}} & 0 & c_{13} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} c_{12} & s_{12} & 0 \\ -s_{12} & c_{12} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \nu_1 \\ \nu_2 \\ \nu_3 \end{pmatrix}$$

Atmospheric terms Unknown terms Solar terms

$c_{ij} = \cos\theta_{ij}$, $s_{ij} = \sin\theta_{ij}$



$$P(\nu_\mu \rightarrow \nu_e) \cong \sin^2 2\theta_{13} \sin^2 \theta_{23} \sin^2(1.27 \Delta m_{23}^2 L / E)$$

$$P(\nu_\mu \rightarrow \nu_\tau) \cong \cos^4 \theta_{13} \sin^2 2\theta_{23} \sin^2(1.27 \Delta m_{23}^2 L / E)$$

**Baskın
kanal**



OPERA Deneyi

Oscillation Project with Emulsion tRacking Apparatus

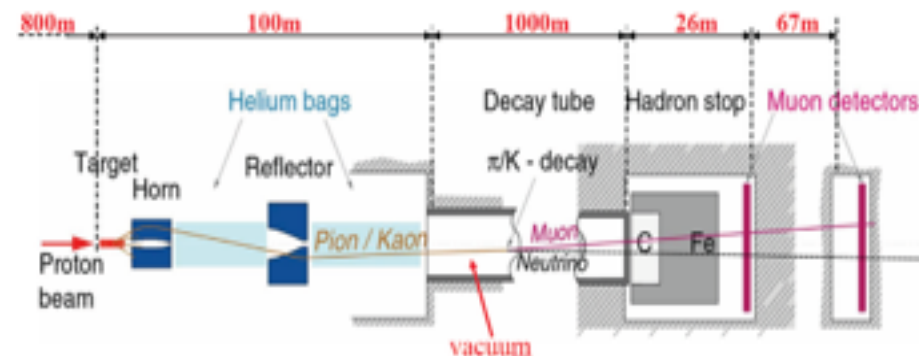
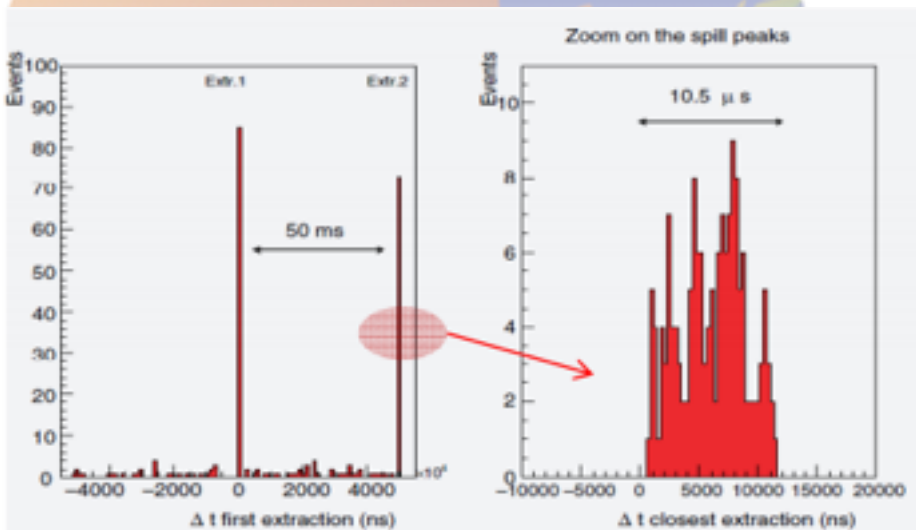
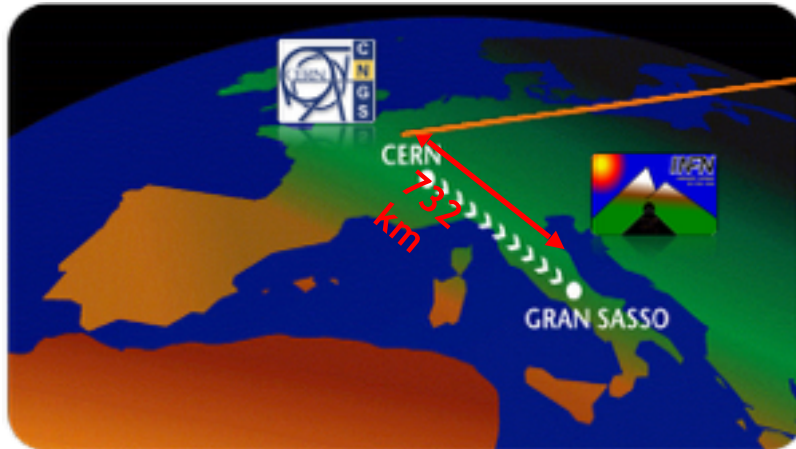
CNGS

CERN Neutrino to Gran Sasso beam

CERN 'den Gran Sasso'ya yönlendirilen yüksek enerjili ν_μ

demeti

- Protonlar SPS: 400 GeV / c
- Periyot uzunluğu: 6 s
- 2 demet arası 50 ms ile ayrılmış ışın yoğunluğu: $2.4 \cdot 10^{13}$ proton / demet

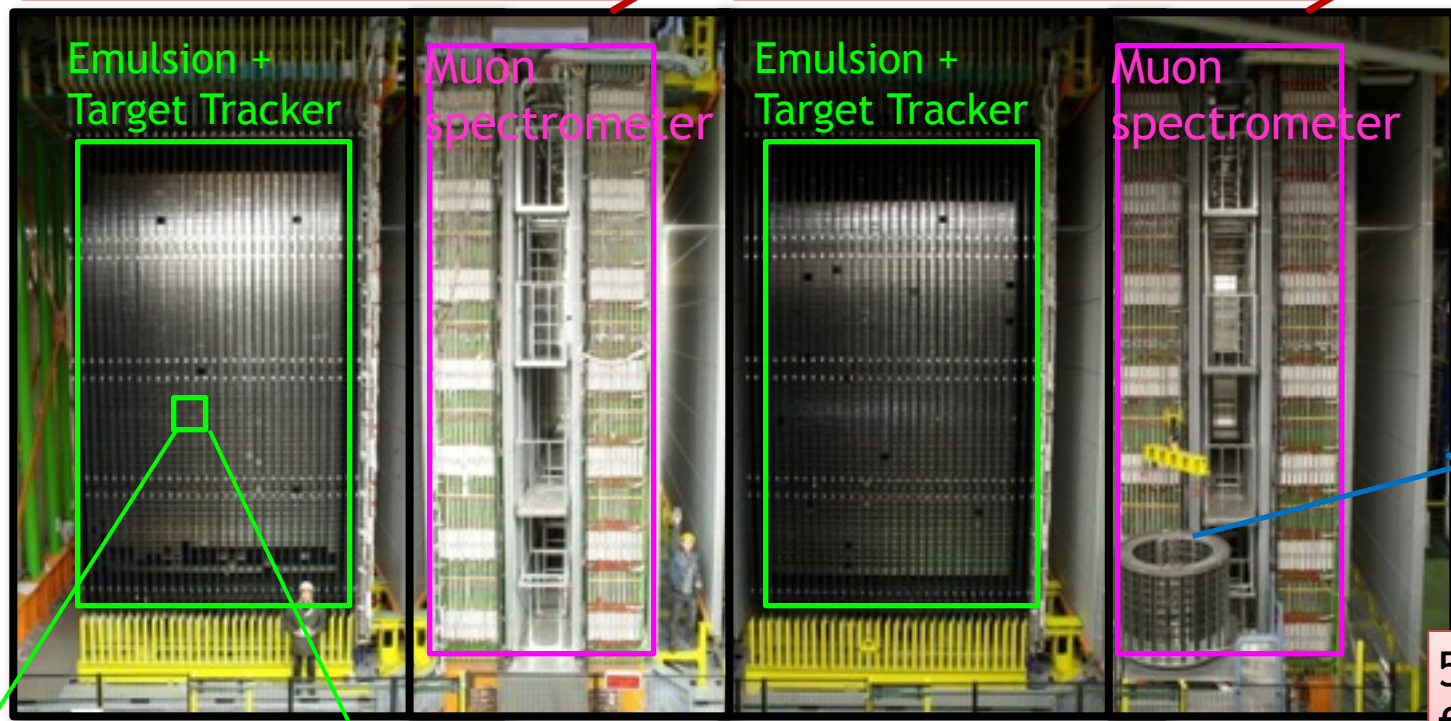




The OPERA Dedektörü

Super Module 1

Super Module 2

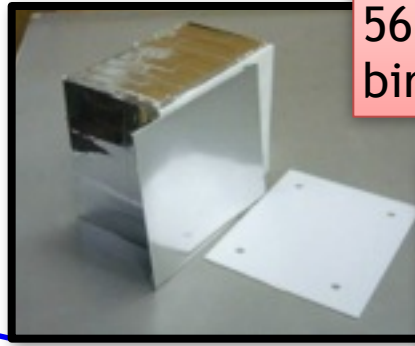
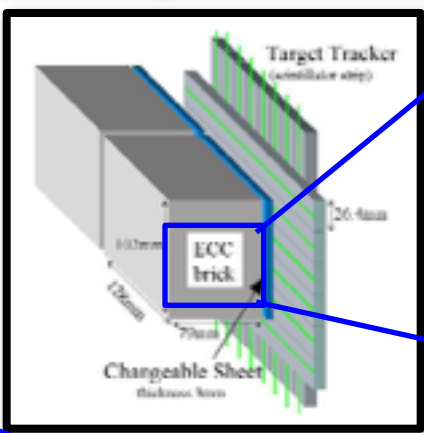
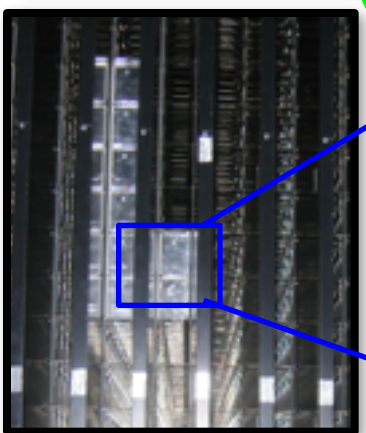


2 supermodule,
31 duvar/SM,
150,000 birim

Hedef kütle:
1.2 kiloton

BMS
Brick Manipulator
System

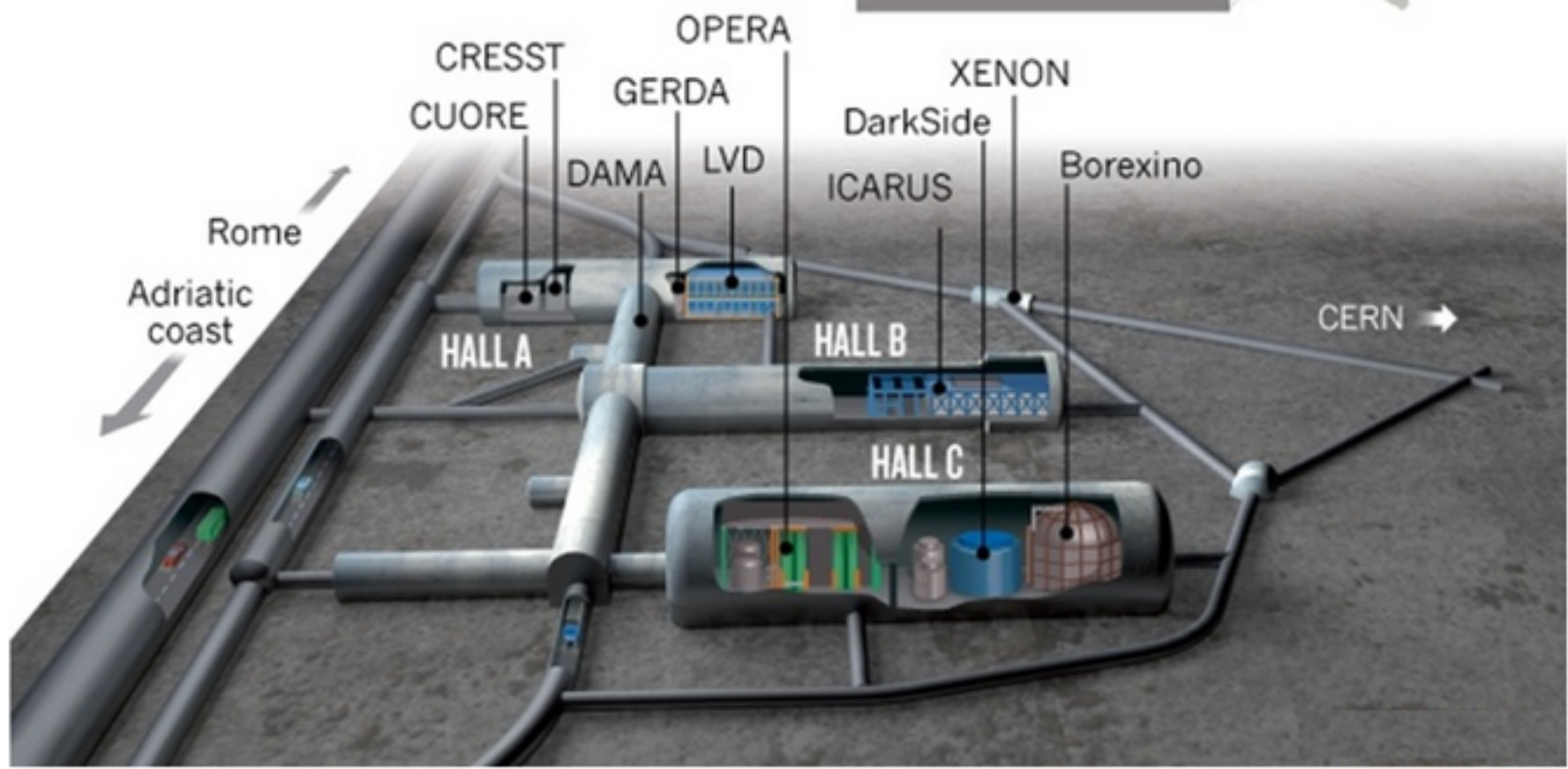
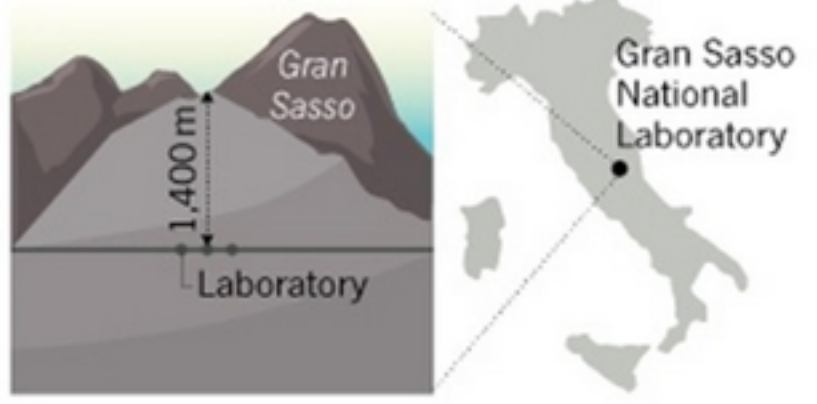
57 emülsiyon
film
56 Pb plaka/
birim





The OPERA Dedektörü

Nötrino Demeti	
L	732 km
<E	17 GeV





200 Fizikçi, 22 enstitü, 11 ülke

Belgium
IIHE-ULB Brussels



Italy
Bari
Bologna
LNF Frascati
LNGS
Naples
Padova
Rome
Salerno



Russia
INR RAS Moscow
LPI RAS Moscow
SINP MSU Moscow
JINR Dubna



Croatia
IRB Zagreb



France
LAPP Annecy
IPHC Strasbourg



Switzerland
Bern



Germany
Hamburg



Japan
Aichi
Toho
Kobe
Nagoya
Nihon



Turkey
METU Ankara



Israel
Technion Haifa



Korea
Jinju

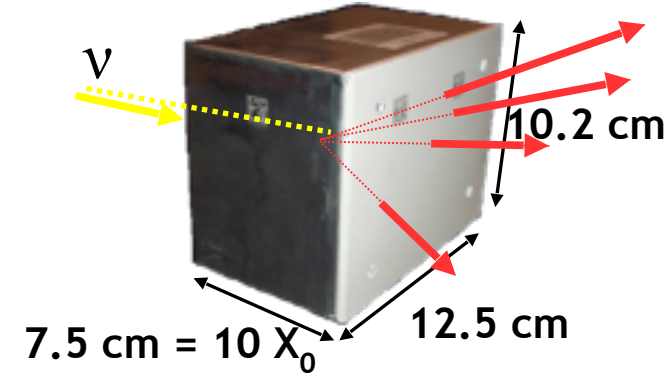


<http://operaweb.lngs.infn.it>

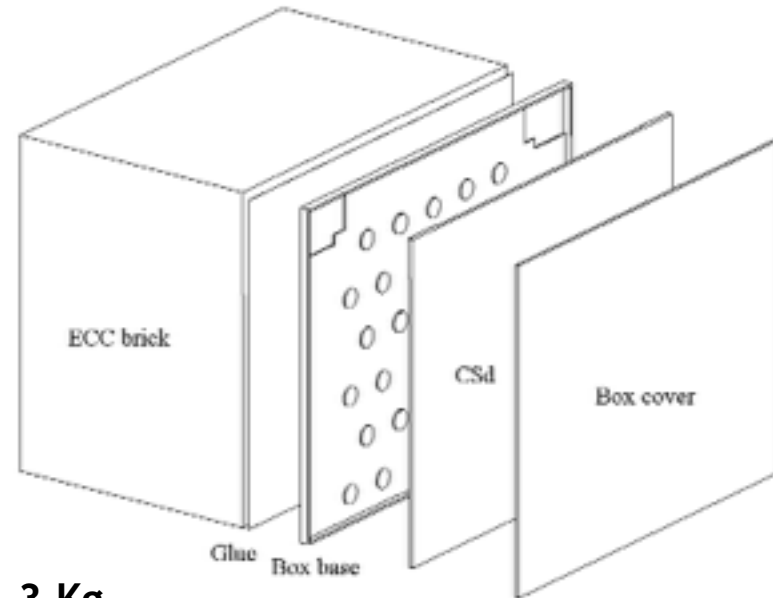


Hedef ilkesi: birim

- Yüksek çözünürlük , büyük kütle, modüler yapı
- Temel yapılar: ECC birimler
- 57 adet nükleer emülsiyon filmleri 1 mm kalınlığında kurşun plakalar ile içiçe dizilmiş
- Değiştirilebilir plakalar

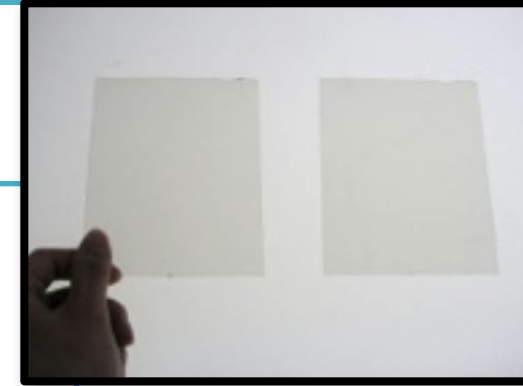


İz oluşturma hassasiyeti;
 $\Delta x \approx 1 \mu m$ $\Delta \theta \approx 2 \text{ mrad}$



8.3 Kg

ECC birimler sayesinde:
-nötrino etkileşim noktasının tespiti
-bozunma topolojisi
-enerji ölçümü

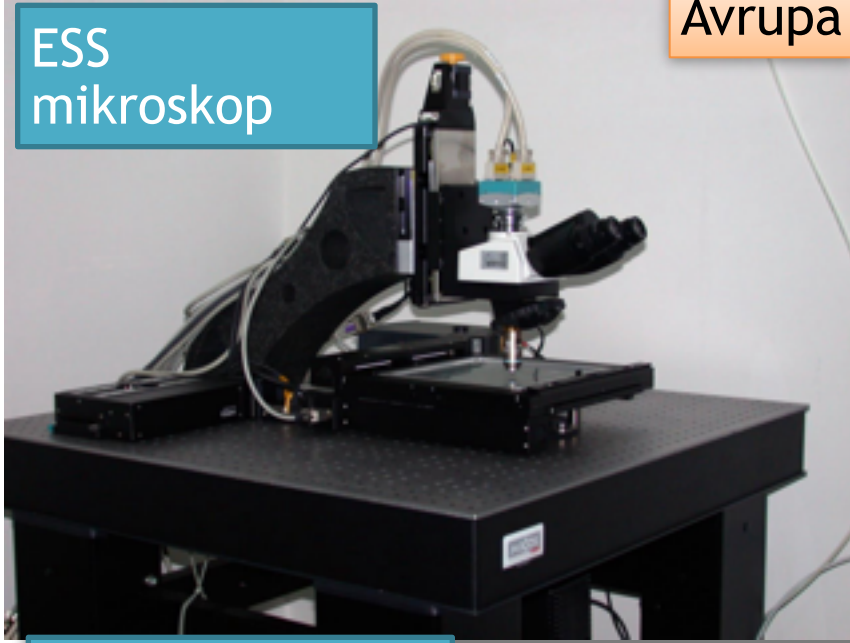


Otomatik Emülsiyon Tarama Mikroskobu



ESS
mikroskop

Avrupa



CMOS kamera

Tarama hızı
20 cm²/h

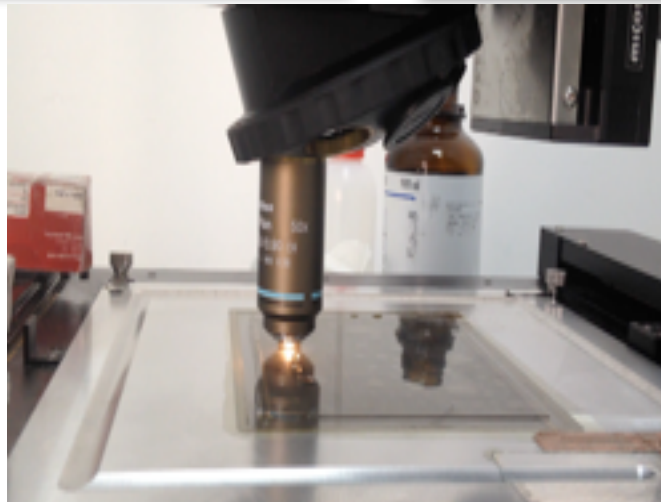
S-UTS
mikroskop

Japonya

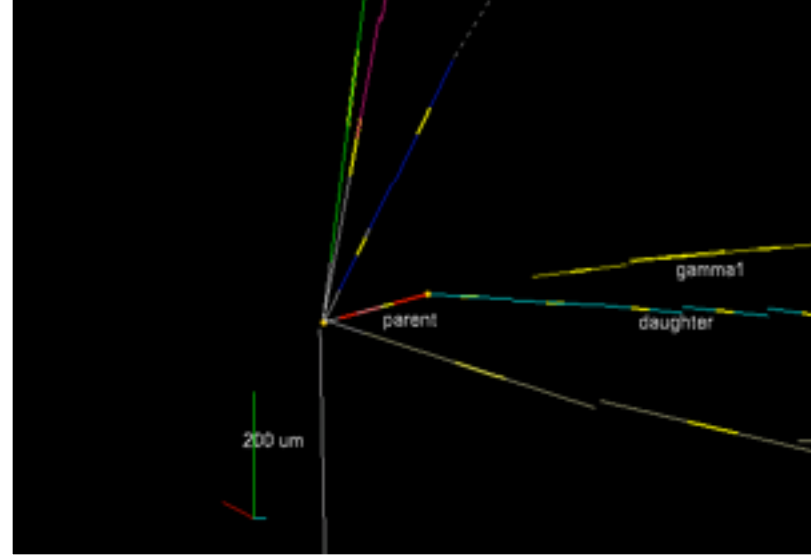


CCD kamera (3
kHz)

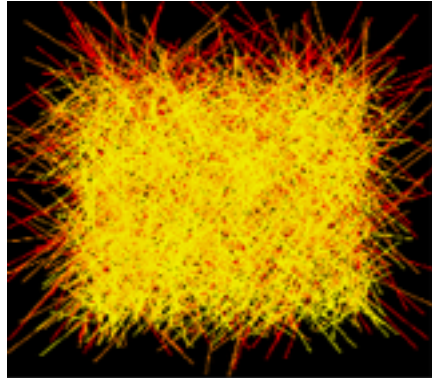
Tarama hızı
75 cm²/h



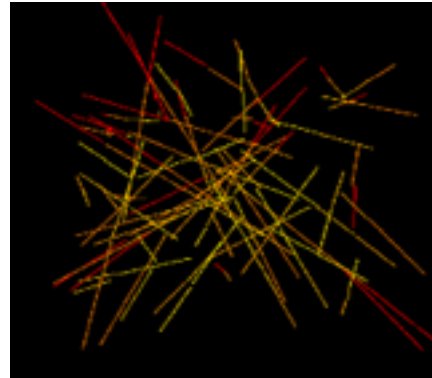
Etkileşim Noktalarının Tespiti



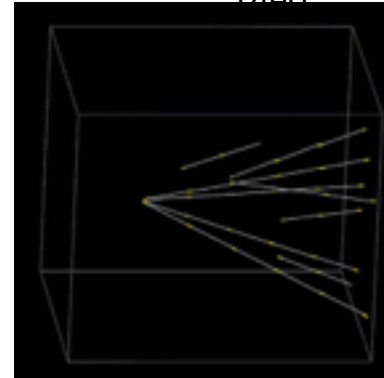
Emülsiyonda yüklü parçacık izleri



Düşük enerjili izleri eledikten sonra



Birimdeki etkileşim noktası ve açığa çıkan yüklü parçacıkların izleri

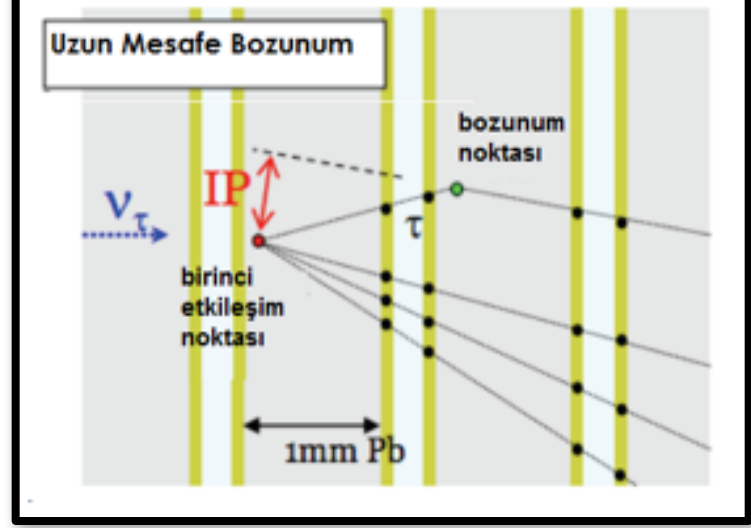
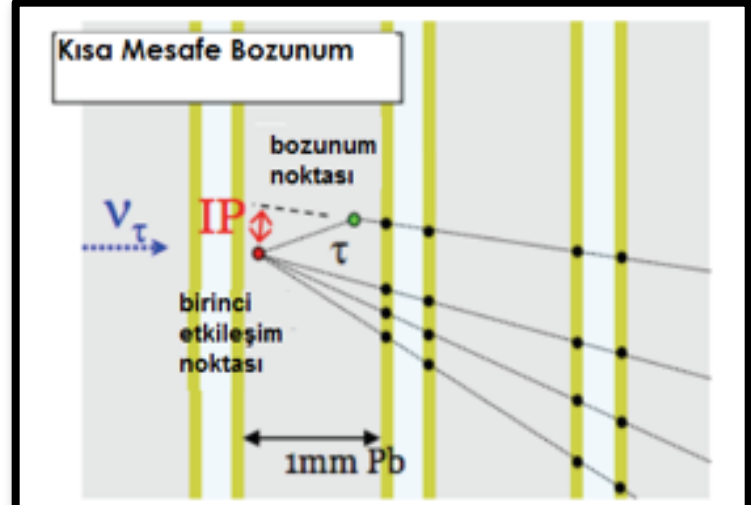
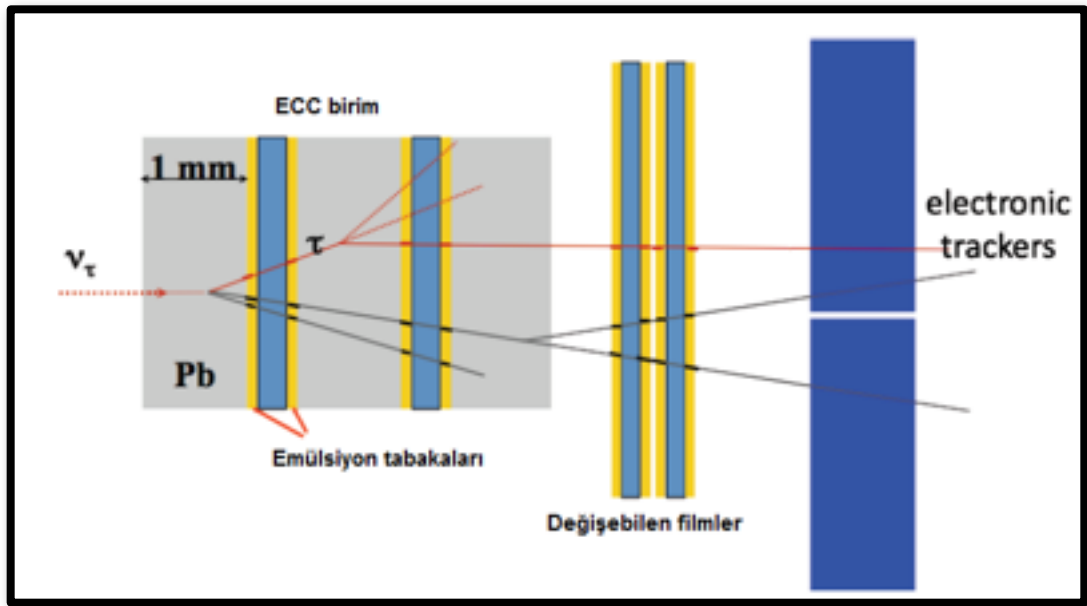




OPERA Deneyi

Prensip: Modüler Yapılı dedektör

τ DECAY CHANNEL	BR (%)
$\tau \rightarrow \mu$	17.7
$\tau \rightarrow e$	17.8
$\tau \rightarrow h$	49.5
$\tau \rightarrow 3h$	15.0





OPERA' da Veri Analizi

Monte Carlo Veri Örneği OpNgen

All Beam Produced as ASCII File

*Dedektör
simülasyonu,
ve etkileşim analizi*

OpEmuIO/OpEmuRec

SYSAL/FEDRA

Alignment

Tracking

Vertexing

*Etkileşimi yeniden
oluşturma*

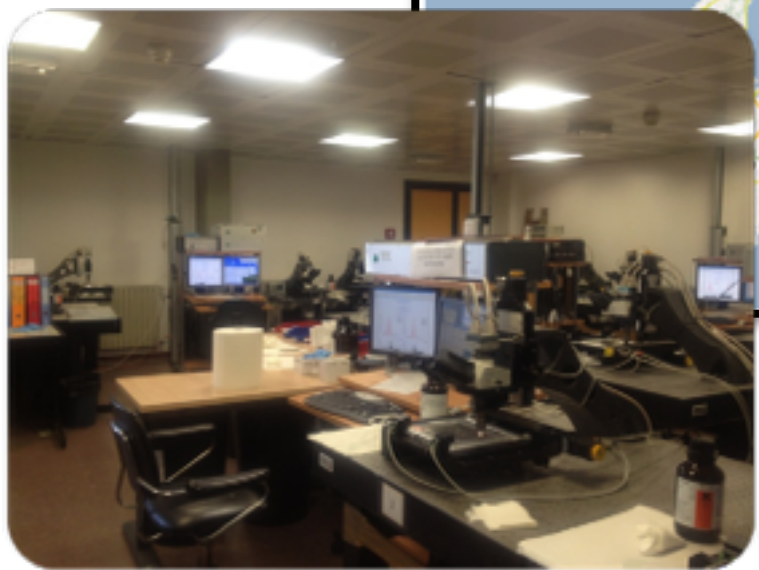
CC etkileşimler

NC etkileşimler

Kullanıcı Analizi



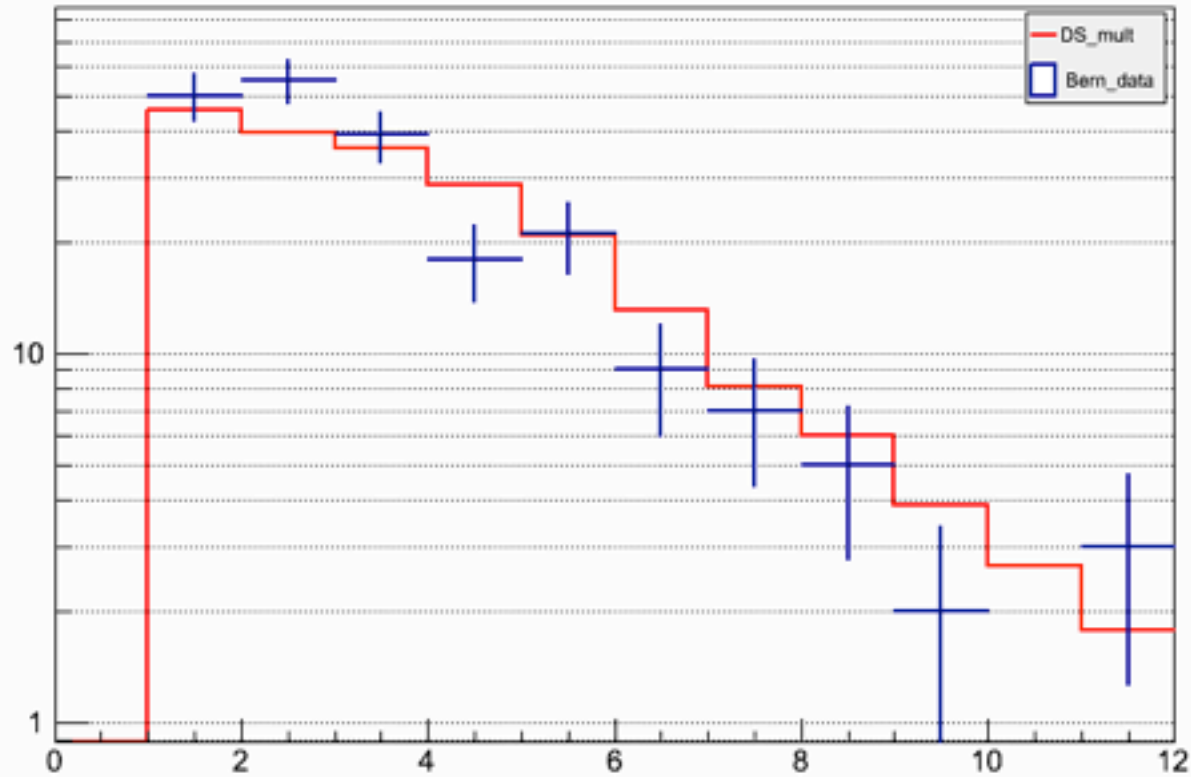
OPERA' da Veri Analizi





Veri Analizi

Bern Cokluk Verileri 2008-2009 /Monte Carlo



CC Etkileşimler

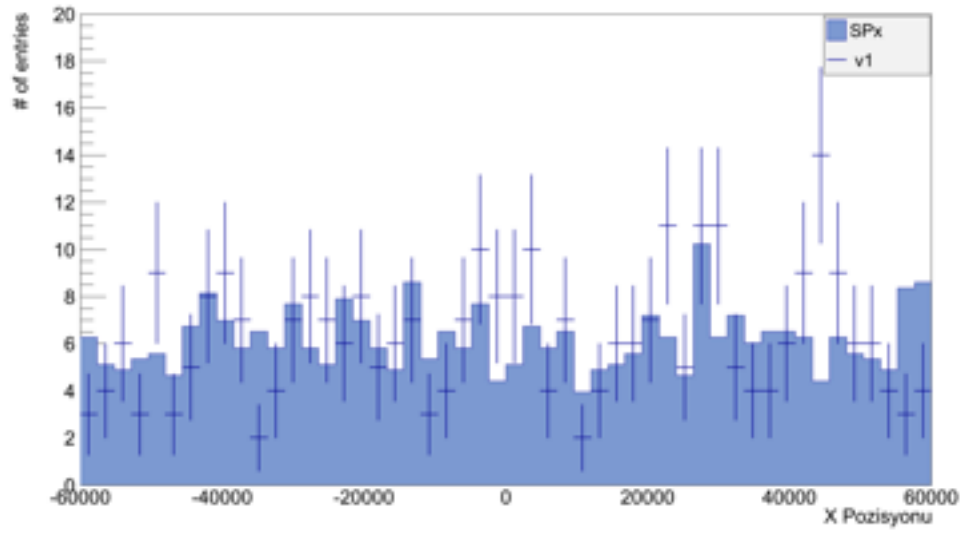
OPERA Bern Laboratuvarı

Ön çalışma



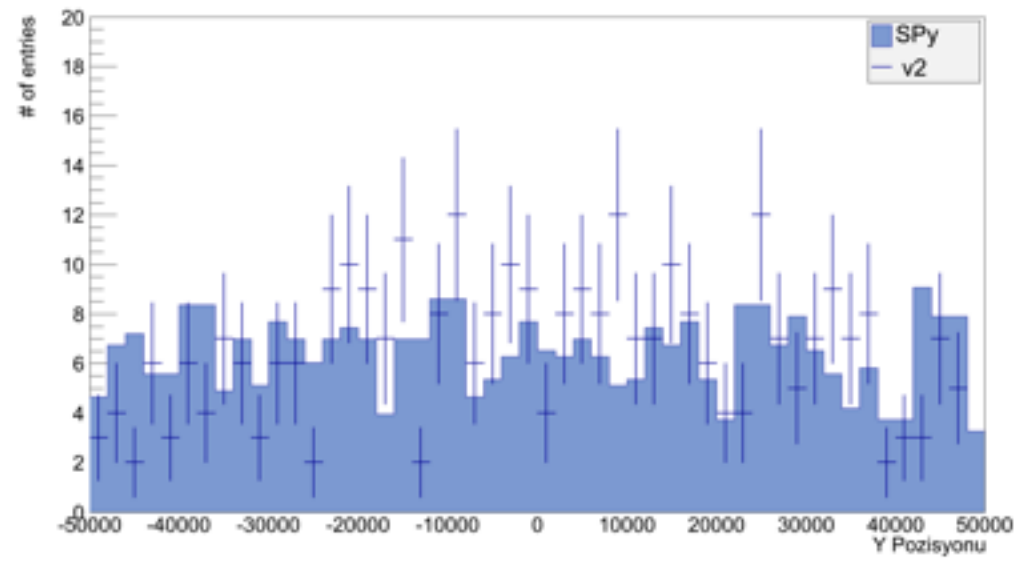
Ön çalışma

Birinci Etkileşim Noktası Karsilastirilmesi-Bern Veri/MC



Etkileşim Noktası
X Doğrultusu

Birinci Etkileşim Noktası Karsilastirilmesi-Bern Veri/MC



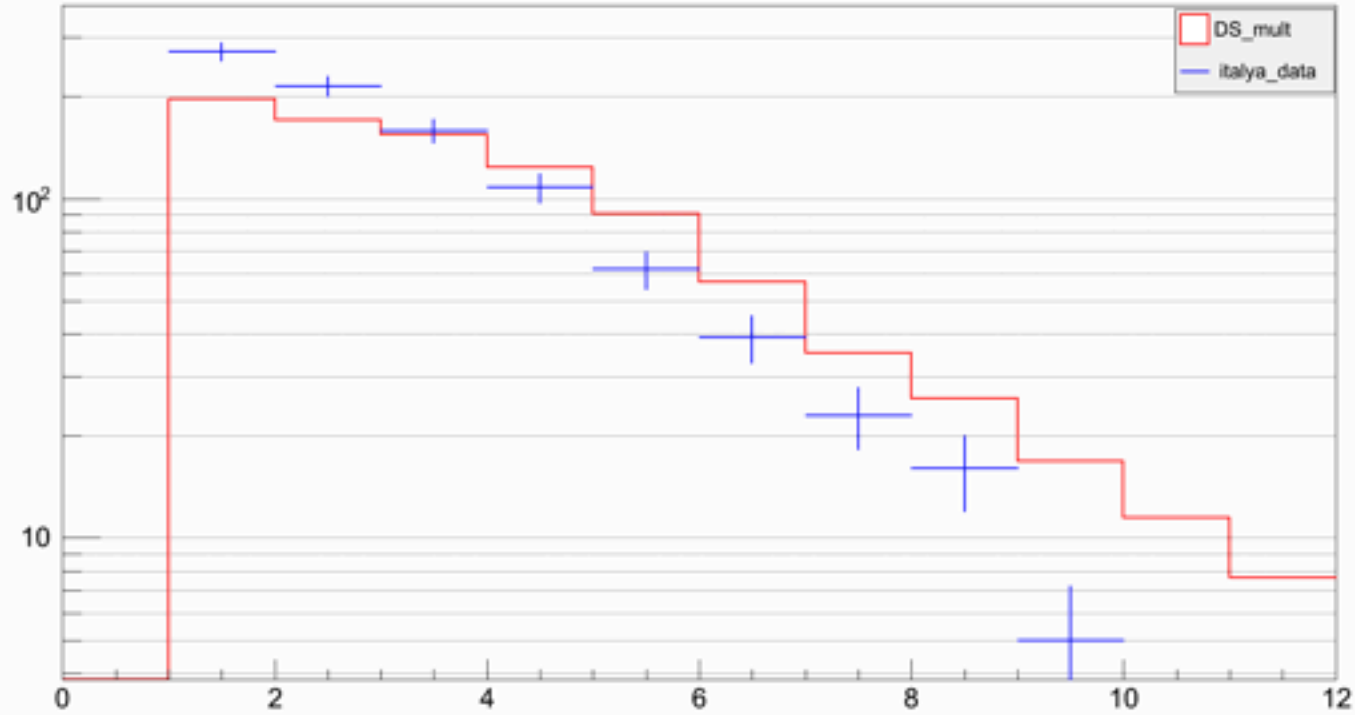
Etkileşim Noktası
Y Doğrultusu

OPERA Bern Laboratuvarı



Ön çalışma

italya Cokluk Verileri 2008-2009 /Monte Carlo

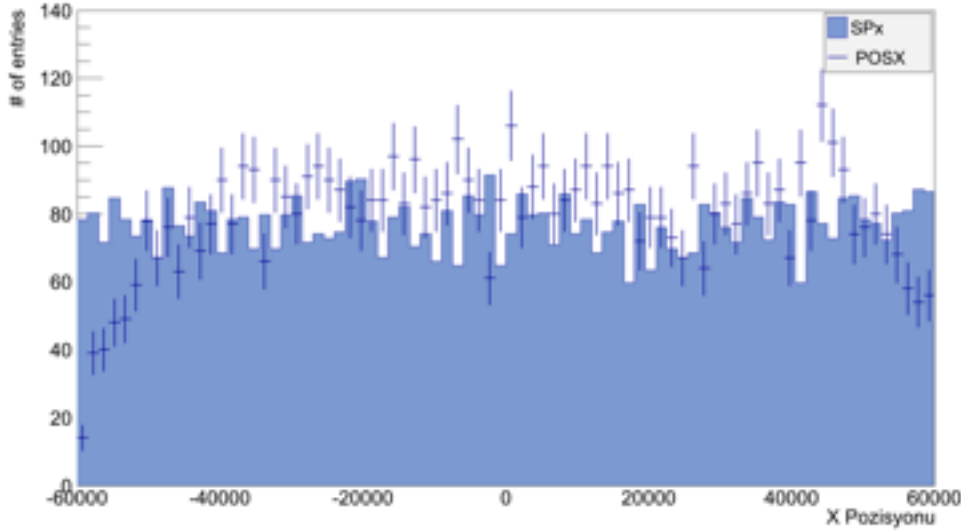


CC Etkileşimler

OPERA İtalya Laboratuvarı



Birinci Etkileşim Noktası Karsilastirilmesi-italya Veri/MC



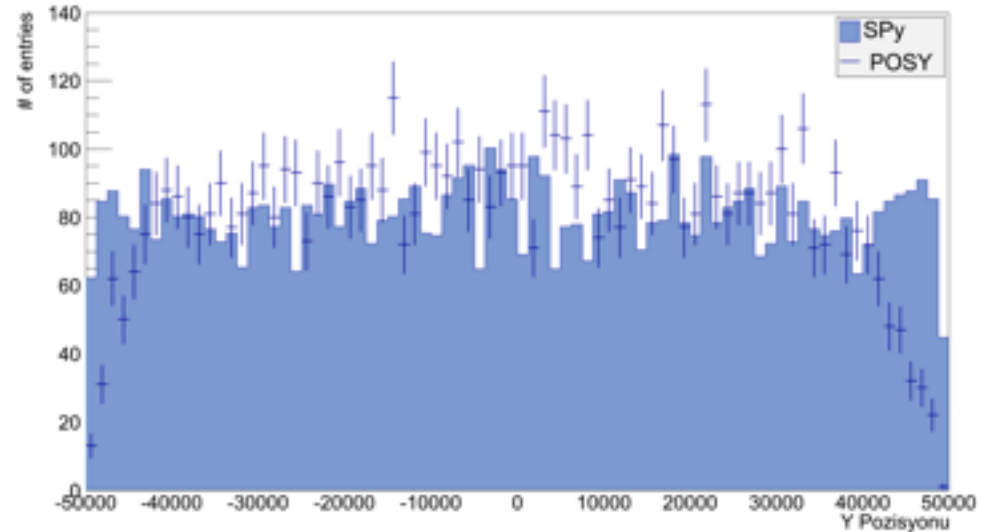
Ön çalışma

Etkileşim Noktası
X Doğrultusu

OPERA İtalya Laboratuvarı

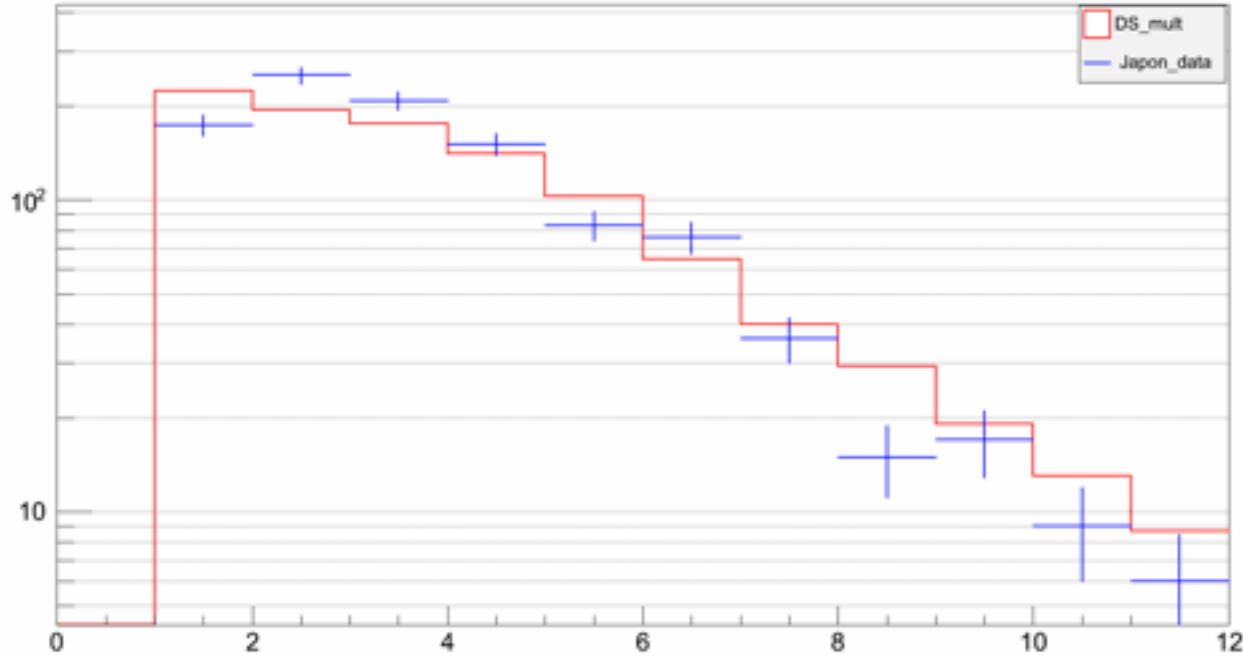
Etkileşim Noktası
Y Doğrultusu

Birinci Etkileşim Noktası Karsilastirilmesi-italya Veri/MC





Japon Cokluk Verileri 2008-2009 /Monte Carlo



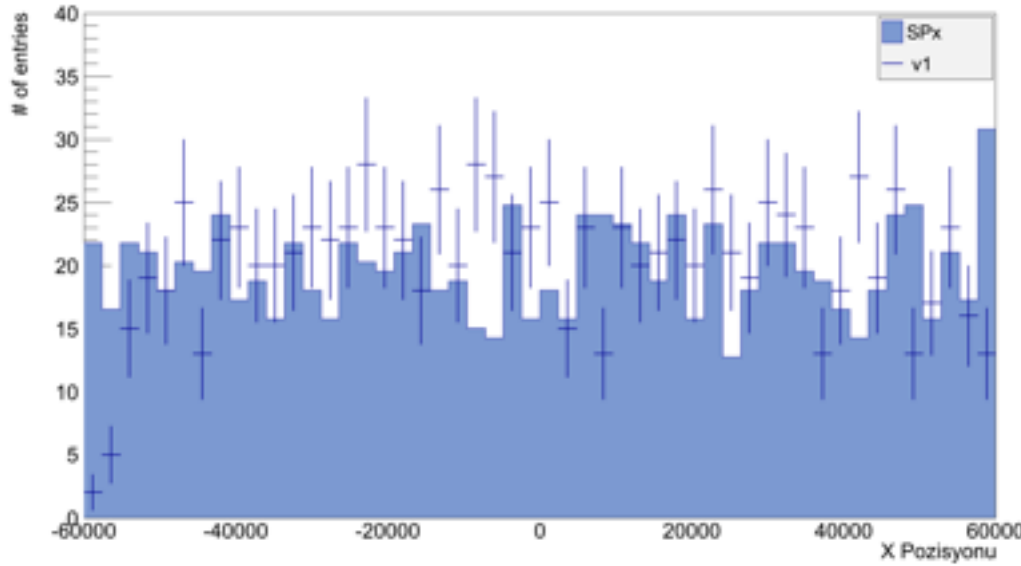
Ön çalışma

CC Etkileşimler

OPERA Nagoya Laboratuvarı



Birinci Etkileşim Noktası Karsilastirilmesi-Japonya Veri/MC



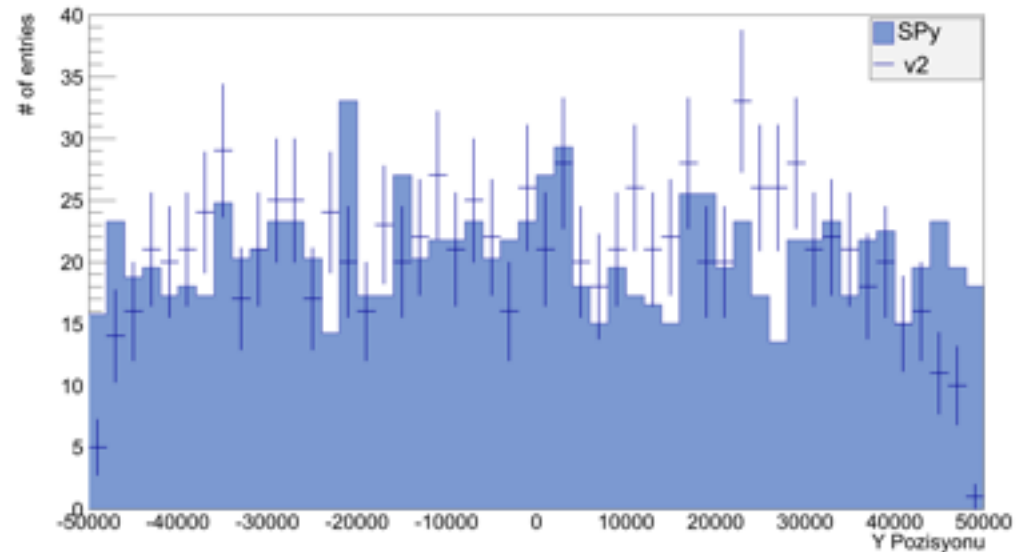
Ön çalışma

Etkileşim Noktası
X Doğrultusu

OPERA Nagoya Laboratuvarı

Etkileşim Noktası
Y Doğrultusu

Birinci Etkileşim Noktası Karsilastirilmesi-Japonya Veri/MC





Sonuç

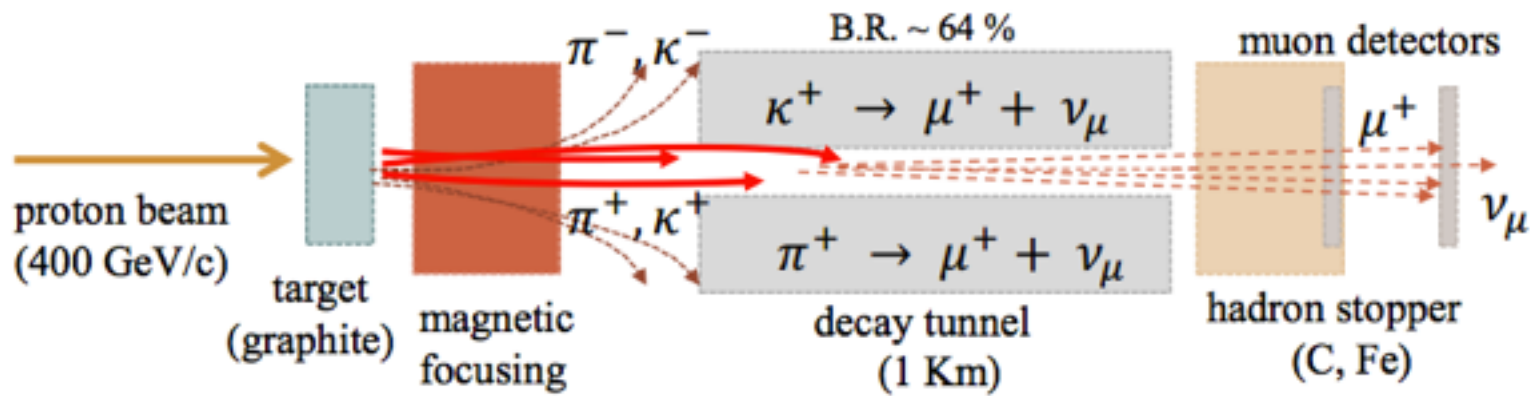
- Bu çalışmada OPERA Deneyindeki emülsiyon hedeflerden elde edilen yüklü parçacıklara ait çokluk dağılımları ile Monte Carlo çokluk dağılımları karşılaştırılmıştır.
- Dağılımlardaki farklılıklar incelenmektedir
- Çalışma devam etmektedir.

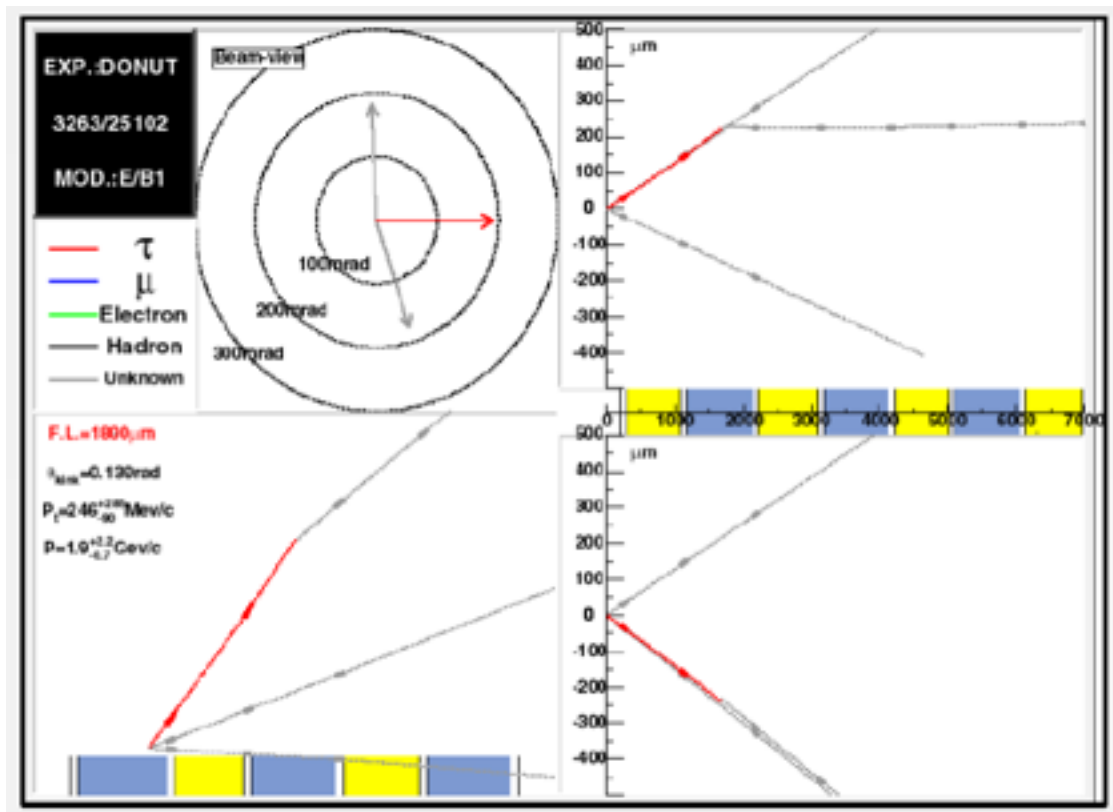
Planlanan

- *Data/MC karşılaştırmasının 2010,2011 ve 2012 verileri içinde yapılması*
- *D_h (dispersion)'nun ortalama çoklukla değişiminin incelenmesi*
- *KNO scaling'in çalışılması*



Dinlediğiniz için teşekkürler

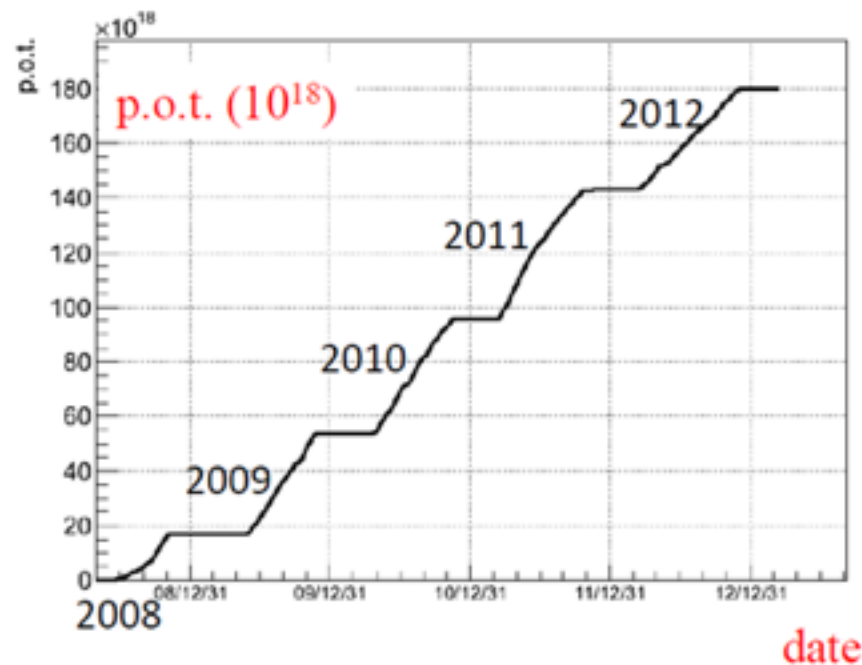




First observation of a tau neutrino
in DONuT experiment

Final performances of the CNGS beam after five years (2008 ÷ 2012) of data taking

Year	Beam days	P.O.T. (10^{19})
2008	123	1.74
2009	155	3.53
2010	187	4.09
2011	243	4.75
2012	257	3.86
Total	965	17.97



Record performances in 2011

Overall 20% less than the proposal value (22.5)