

**T.C.
KAFKAS ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
FİZİK ANABİLİM DALI**

TEZİN ADI

**CMS-HF DEDEKTÖRLERİNİN YENİLENMESİNDE KULLANILACAK
FOTOÇOĞALTICI TÜPLERİN e^- ve π^- SINAMA DEMETLERİ İLE ANALİZİ**

**Sevgi TEKTEN
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**DANIŞMAN
Prof. Dr. Mithat KAYA**

**HAZİRAN – 2012
KARS**

ÖNSÖZ

Bu çalışma Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Anabilim dalında yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Bu çalışmada, 2013'de yenilenecek olan İleri Hadronik Kalorimetre Dedektöründe kullanılması planlanan 4 anodlu foto çoğaltıcıların elektron, piyon ve müon parçacıklarından oluşan sınıma demeti analizleri konu edilmiştir. Bu analizler 2011 Temmuz ve Ekim aylarında CERN Sınıma Demetinden alınan datalar ile yapılmıştır.

Tez çalışmamda en büyük emeği geçen, yoğun çalışmalarından bana zaman ayırarak derin bilgilerinden faydalanma fırsatı veren, öğrencisi olmaktan her zaman gurur duyduğum, değerli bilim adamı, Sayın **Prof. Dr. Mithat KAYA**'ya en içten teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca yine yoğun çalışmalarından bana zaman ayırarak derin bilgilerinden faydalanma fırsatı veren Iowa Üniversitesinden değerli bilim adamı **Dr. Burak BİLKİ**'ye de en içten teşekkürlerimi sunarım.

Kars -2012

.....

İÇİNDEKİLER

ÖZET	vi
ABSTRACT	vii
SİMGELER ve KISALTMALAR	viii
TABLO LİSTESİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi

1. GİRİŞ

Error! Bookmark not defined.

2. GENEL

BİLGİLER

Error! Bookmark not defined.

2.1	Büyük Hadron Çarpıştırıcısı ve CMS Deneyi	2
2.1.1	Büyük Hadron Çarpıştırıcısı (BHÇ-LHC)	3
2.1.2	CMS (Compact Muon Solenoid) Deneyi	5
2.1.2.1	Mıknatıs	6
2.1.2.2	Müon Sistemi	7
2.1.2.3	İz Dedektörü	7
2.1.2.4	Elektromanyetik Kalorimetre (ECAL)	8
2.1.2.5	Hadronik Kalorimetre (HCAL)	10
2.1.2.6	İleri Hadronik Kalorimetre (HF)	13
2.2	Foto Çoğaltıcı Tüpler	14
2.2.1	Foto Katot	16
2.2.2	Elektron Çoğaltıcı (Dinot Bölümü)	17
2.2.3	Anot	18
2.2.4	Pencere Malzemeleri	18
2.2.5	Kuantum Verimlilik	18
3.	ANALİZ VE HESAPLAMALAR	22
3.1	Temmuz 2011 Test Beam Datalarının Analizi	24
3.1.1	Deney Düzenegi ve Data Alımı	25
3.1.2	Elektron Demeti Sınaması	27

3.1.2.1 Dört Kanallı PMT'ler	28
3.1.2.2 İki Kanallı PMT'ler	31
3.1.2.3 Tek Kanallı PMT'ler	37
3.1.3 Piyon Analizi	38
3.2 Ekim 2011 Sınama Demeti Analizi	40
3.2.1 Deney Düzenegi ve Data Alımı	40
3.2.1.1 Lif Demet Karakteristikleri	42
3.2.2. Analiz	45
4. SONUÇ ve TARTIŞMA	51
KAYNAKÇA	52
ÖZGEÇMİŞ	53
EK : ÇALIŞMA KODU	54

ÖZET

CERN’de LHC üzerinde bulunan dört deneyden birisi olan Kompkt Müon Solenoid (Compact Muon Solenoid, CMS) deneyi özellikle Higgs Parçacığını çalışmak için tasarlanmış olup bunun yanında süpersimetri, ekstra boyutlar, ağır iyon fiziği ve standart model ötesi gibi konuları da çalışmayı planlamaktadır.

CMS dedektörü başlıca iç izleyici sistem, elektromanyetik kalorimetre (Electromagnetic Calorimetre, ECAL), hadronik kalorimetre (Hadronic Calorimetre, HCAL) ve müon sistem olmak üzere 4 kısma ayrılmıştır. Hadronik Kalorimetrenin bir parçası olan İleri Hadronik Kalorimetre (Hadronic Forward, HF)’nin foto çoğaltıcı tüpleri, onların okuma kutuları (readout box), yeni ana tahtalar (baseboards) ve yeni kablolama 2011 yaz ve sonbahar döneminde CERN-H2 deney alanında 80 GeV elektron ışını göndererek test edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, bu prototip PMT okuma kutularının bütün okuma seçeneklerini sağlayabildiğini göstermektedir. Farklı okuma seçenekleri ile PMT tepkisi tek düzedir ve elektronik gürültüsü en az düzeydedir. Çok kanallı okuma seçenekleriyle elektronik gürültünün elenmesinde daha fazla olanak sağlamıştır.

2012, 58 sayfa

Anahtar Kelimeler: CERN, LHC, CMS, HCAL, HF, PMT, Test Beam (Sınama Demeti)

ABSTRACT

Compact Muon Solenoid (CMS) one of the four experiments which stand on LHC in CERN; has been designed to study particularly Higgs Particle and furthermore it has planned to study the other topics such as supersymmetry, extra dimensions, heavy ion physics and beyond the standard model.

CMS detector is divided into 4 major segments of which are called internal viewer system, calorimeters and the Muon system. The Hadronic Forward detector (HF) which is a part of Hadronic Calorimeter of the Photo Multiplier Tubes (PMT) and their readout box, new basebord and cabling has been tested with 80 GeV electron of CERN H2 beamline in Summer- Fall 2011. The results indicate that the prototype readout box is capable of providing all readout options. The response of the PMTs with different readout options is uniform and the background response is minimal. Multi-channel readout options further enhance the background elimination.

2012, 58 pages

Key Words: CERN, LHC, CMS, HCAL, HF, PMT, Test Beam

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

1. Simgeler

rad	Radyan
L	Lüminosity
r	Yarıçap
m	Metre
km	Kilometre
cm	Santimetre
sn	Saniye
ns	Nanosaniye
sa	Saat
GeV/c^2	Giga elektrovolt / (ışık hızı) ²
TeV	Teraelektrovolt
GeV	Gigaelektrovolt
T	Tesla
kA	Kiloamper
atm	Atmosfer
X_0	Elektromanyetik duşlar için etkileşme uzunluğu
L_{int}	Hadronik duşlar için etkileşme uzunluğu
Z	Z bozonu
W	W bozonu
S	Spin
R	Parite
γ	Lorentz faktörü
kB	Demet sayısı

2. Kısaltmalar

CMS	Compact Muon Solenoid
ATLAS	A Torodial LHC ApparatuS
LHC	Large Hadron Collider
HCAL	Hadron Calorimeter
ECAL	Electomagnetic Calorimeter
HE	Hadron Calorimeter Endcap
HB	Hadron Calorimeter Barrel
HO	Hadron Calorimeter Outher Barrel
HF	Hadron Calorimeter Forward
EB	Electomagnetic Calorimeter Barrel
EE	Electomagnetic Calorimeter Endcap
SM	Standard Model
RMS	Root Men Square
SUSY	Supersymmetry
MSSM	Minimal Supersymmetric Model
CMSSW	CMS software
QCD	Quantum Chromodynamics
LEP	Large Electron Positron Collider at CERN
CK	Cherenkov sayııcısı
WCE	Wire Chamber
PMT	Photo Multiplier Tube (Foto Çoğaltıcı Tüp)

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.2.1 Hamamatsu'nun ürettiği foto çoğaltıcılardan bazıları ve onların özellikleri	12
Tablo 3.1.1 Her 50 K olaylık sayım numaralarına karşılık elektronların hangi PMT 'de bulunduğu ve Çok Telli Orantılı Sayaçtaki koordinatları	26
Tablo 3.1.2 PMT 1B Foto çoğaltıcılar için ortalama değerleri	28
Tablo 3.1.3 PMT 1B için bulunan düzeltme katsayıları	29
Tablo 3.1.4 PMT 3B Foto çoğaltıcılar için ortalama değerleri	31
Tablo 3.1.5 PMT 4B Foto çoğaltıcılar için ortalama değerleri	33
Tablo 3.1.6 PMT 3C Foto çoğaltıcılar için ortalama değerleri	34
Tablo 3.1.7 PMT 4C Foto çoğaltıcılar için ortalama değerleri	36
Tablo 3.1.8 Piyonların analizi için kullanılan sayım numaraları ve PMT isimleri	38
Tablo 3.2.1 Her 50K ve 100K olaylık sayım numaralarına karşılık elektronların hangi PMT 'de bulunduğunu ve hangi tür liflere dahil olduklarını göstermektedir	44
Tablo 3.2.2 A ve B liflerinin Çok Telli Orantılı Sayaç'taki gözlemlenen koordinatları, yani seçim aralıklarını göstermektedir	44
Tablo 3.2.3 Her bir PMT'nin gaincorr hesabını ve koddaki yerlerini göstermektedir	48

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1.1 Büyük Hadron Çarpıştırıcısı (sağ), Tünelin iç görünümü	2
Şekil 2.1.2 Büyük Patlama Modeli, evrenin tarihi	4
Şekil 2.1.3 CMS Dedektörü	6
Şekil 2.1.4 Piksel İz Dedektörünün Görünümü	8
Şekil 2.1.5 Elektromanyetik Kalorimetrenin dörtte birlik boylamsal görünümü	9
Şekil 2.1.6 Hadronik fiçi (HB), hadronik kapak (HE), hadronik dış (HO) ve İleri Hadronik (HF) Kalorimetrelerinin CMS dedektöründeki boylamsal görünümü	10
Şekil 2.1.7 Soldaki Hadronik fiçi kalorimetresinin kamasının izometrik görünüşü, sağdaki ise $\Delta\phi=20^\circ$ açılara bölünmüş HB'nin görünüşü	11
Şekil 2.1.8 Demir soğurucular içerisine kuartz liflerin yerleştirildiği HF kuleleri	13
Şekil 2.2.1 Bir foto çoğaltıcı tüpün şekli	15
Şekil 2.2.2 Çeşitli tür ve boyutlardaki foto çoğaltıcı tüpler	16
Şekil 2.2.3 2013 Yenilemesinde kullanılacak 4 anot foto çoğaltıcı tüp	19
Şekil 2.2.4 Çeşitli tipteki foto çoğaltıcıların kuantum verimlilikleri ile dalga boyu ilişkisi	19
Şekil 2.2.5 2011 sınama demetlerinde test edilen 4 anodlu foto çoğaltıcının temel diyagramı	21
Şekil 3.1 RBX'm anatomisini ve önceden kurulmuş ana ve ara tahtaların resmi	23
Şekil 3.1.1 Temmuz 2011 Test Beam'de kullanılan Readout kutusu	25
Şekil 3.1.2 80 GeV/c elektron ve piyon demetlerinin gönderildiği düzeneği	25
Şekil 3.1.3 Elektronların çok telli orantılı sayaçtaki yük dağılımları	27
Şekil 3.1.4 Olay seçiminden sonra dört kanallı PMT1B'den elde edilen sinyaller	28
Şekil 3.1.5 PMT1B'nin Diğer Kanallarına Oranı	29
Şekil 3.1.6 PMT 1B'nin dört kanalının toplamından elde edilen sinyal	30
Şekil 3.1.7 PMT 2B'nin Diğer Kanallarına Oranı	30
Şekil 3.1.8 PMT 2B'nin dört kanalının toplamından elde edilen sinyal	31
Şekil 3.1.9 İki Kanallı PMT 3B'den elde edilen sinyaller	31
Şekil 3.1.10 PMT3B_1-4'nin Diğer Kanalına Oranı	32
Şekil 3.1.11 PMT 3B'nin iki kanalının toplamından elde edilen sinyal	32
Şekil 3.1.12 İki Kanallı PMT 4B'den elde edilen sinyaller	33

Şekil 3.1.13 PMT4B_1-4'nin Diğer Kanalına Oranı	33
Şekil 3.1.14 PMT 4B'nin iki kanalının toplamından elde edilen sinyal	34
Şekil 3.1.15 İki Kanallı PMT 3C'den elde edilen sinyaller	34
Şekil 3.1.16 PMT3C_1-4'nin Diğer Kanalına Oranı	35
Şekil 3.1.17 PMT 3C'nin iki kanalının toplamından elde edilen sinyal	35
Şekil 3.1.18 İki Kanallı PMT 4C'den elde edilen sinyaller	36
Şekil 3.1.19 PMT4C_1-4'nin Diğer Kanalına Oranı	36
Şekil 3.1.20 PMT 4C'nin iki kanalının toplamından elde edilen sinyal	37
Şekil 3.1.21 PMT5C, PMT6C, PMT 6B, PMT5B, ve PMT 8B'den elde edilen sinyaller	37
Şekil 3.1.22 Tüm PMT'lerden elde edilen sinyal	39
Şekil 3.1.23 Tüm piyon histogramlarının toplamı	40
Şekil 3.2.1 Demet tarafından görülen RBX içindeki PMT'lerin taslak çizimi	40
Şekil 3.2.2 Elektron ve piyon demetlerinin gönderildiği deney düzeneği	41
Şekil 3.2.3 Parçacıkların seçiminde kullanılan S4 sintilatörün den elde edilen sinyal	42
Şekil 3.2.4 Minik kalorimetreden gelen sinyal	43
Şekil 3.2.5 Lif demetinin A ve B uçları okunduğunda PMT 6B için toplanan yük profili	43
Şekil 3.2.6 PMT 1B'nin Diğer Kanallarına Oranı	45
Şekil 3.2.7 PMT 2B'nin Diğer Kanallarına Oranı	45
Şekil 3.2.8 PMT3B2'nin Diğer Kanalına Oranı	46
Şekil 3.2.9 PMT3C2'nin Diğer Kanalına Oranı	46
Şekil 3.2.10 PMT4B2'nin Diğer Kanalına Oranı	47
Şekil 3.2.11 PMT4C2'nin Diğer Kanalına Oranı	47
Şekil 3.2.12 Tüm PMT 'lerin düzeltme histogramları	49
Şekil 3.2.13 Tüm PMT'lerin ortalama değerleri	50

1. GİRİŞ

Kompakt Müon Selonoid (CMS) dedektörü, fiziğin bir çok bilinmeyenine ışık tutacak parçacıklar olan lepton ve hadronların izlerini ölçmek için dizayn edilmiştir. CMS dedektörünün önemli bir parçası olan Hadronik kalorimetre (HCAL) manyetik bobinin içinde olan en dıştaki dedektördür. HCAL kayıp dik enerjinin ve jetlerin ölçülmesi için tasarlanmıştır.

2011 Temmuz ve Ekim ayları içerisinde ileri hadron kalorimetrelerinde kullanılan ve kullanılacak foto tüplerin CERN' de bulunan H2 deney alanında değişik demetlerle karşılaştırması yapılmıştır. Toplamda 11 tane 4 anodlu PMT kullanılmış olup bu PMT'lerden 2 tanesi 4 kanallı, 4 tanesi 2 kanallı ve diğer 5 tanesi de tek kanalıdır. Tek kanallı PMT 'ler gelen sinyalleri tek bir çıkışta alırken, 4 ve 2 kanallı PMT'ler sinyalleri 4 ve 2 'ye böler. Bu sınaama sonucunda piyon, elektron ve muon gibi farklı demetlerle alınan veriler karşılaştırılarak 2013'de HF dedektörlerine yerleştirilecek yeni PMT 'ler konusunda önemli sonuçlar elde edilmiştir.

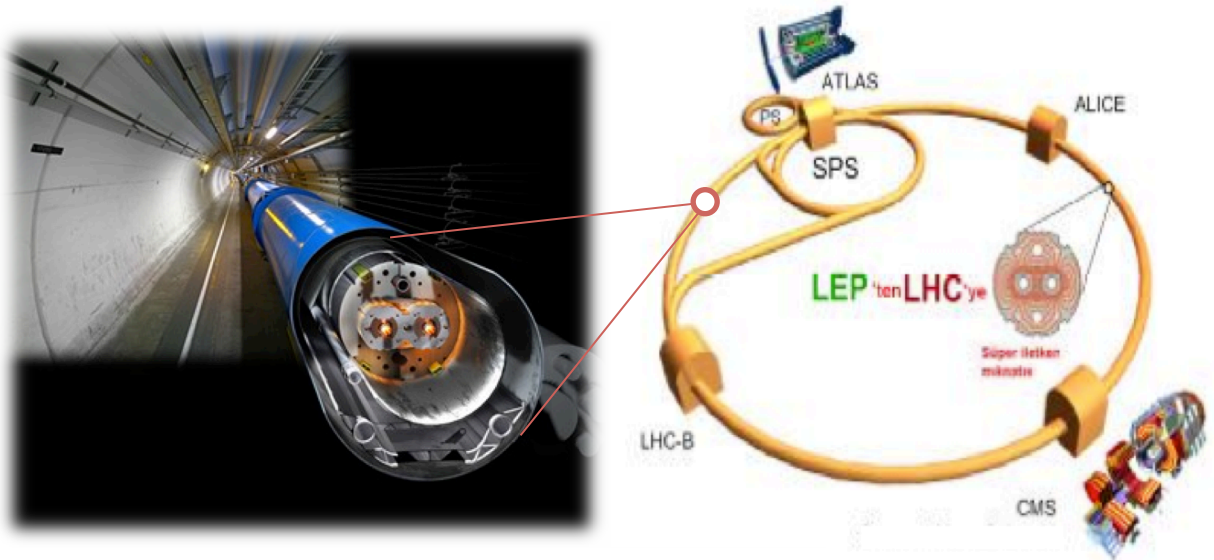
Tezin ikinci bölümünde, Büyük Hadron Çarpıtıcısı (LHC) ve CMS deneyinde kullanılan dedektör sistemleri kısaca tanımlanmıştır. Üçüncü bölüm iki analiz içermektedir: İlk olarak Temmuz 2011 Sınaama Demetinin dataları ele alınmış olup burada 4 ve 2 kanallı PMT' lerin kanallarının birbiriyle karşılaştırmaları yapılmıştır. Daha sonra Ekim 2011 Sınaama Demetinin datalarında ise bu sefer yine 4 ve 2 kanallı PMT 'lerin hem kendi kanallarıyla karşılaştırması yapılmış olup hem de 4 kanallı olan PMT2B'nin diğer çift ve tek kanallı PMT' lerle karşılaştırması yapılmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 Büyük Hadron Çarpıştırıcısı ve CMS Deneyi

2.1.1 Büyük Hadron Çarpıştırıcısı (BHÇ-LHC)

27 km çevreli ve 100 m yerin altında inşa edilen BHÇ tüneli dünyada bulunan en büyük iki tünelden bir tanesidir. İlk tünel Amerika'nın Illinois eyaletinde bulunan Fermi laboratuvarında [1] inşa edilmiştir, ikincisi ise İsviçre'nin Cenevre şehri ile Fransa sınırında 2000 yılında inşa edilmiştir. Bu tünelin yapıldığı laboratuvar Avrupa Nükleer araştırma merkezi-CERN olarak bilinmektedir. Bu laboratuvar da ilk defa iki proton kütle merkezinde 7 TeV enerjide çarpışma gerçekleşmiştir. Protonlar vakum (10^{-13} atm) altında yaklaşık olarak ışık hızının %99.9999991 ine kadar hızlandırılmaktadır. Protonlar 7 TeV enerji ile kafa-kafa'ya çarpışma yaparak kütle merkezinde 14 TeV lik bir enerji elde edilmektedir ve saniyede yaklaşık 600 milyon çarpışma gerçekleştirmektedirler [2]. BHÇ'nin detaylı görüntüsü Şekil 2.1.1'de verilmiştir. Elde edilen bu enerji ile evrenin oluşumu daha iyi anlaşılmasına çalışılacaktır.



Sekil 2.1.1 . Büyük Hadron Çarpıştırıcısı (sağ), Tünelin iç görünümü(sol)

BHÇ 'nin enerjisi 2011 yılının sonuna kadar 7 TeV'e ulaşılmış olup 2012 yılının başlarında ise enerjisini 8 TeV'e çıkarmıştır. Işıklık (Luminosity) $L = 10^{34} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ mertebesinde olacak şekilde dizayn edilmiştir ve bu saniye başına yaklaşık 1 milyar proton-proton etkileşmesi anlamına gelir.

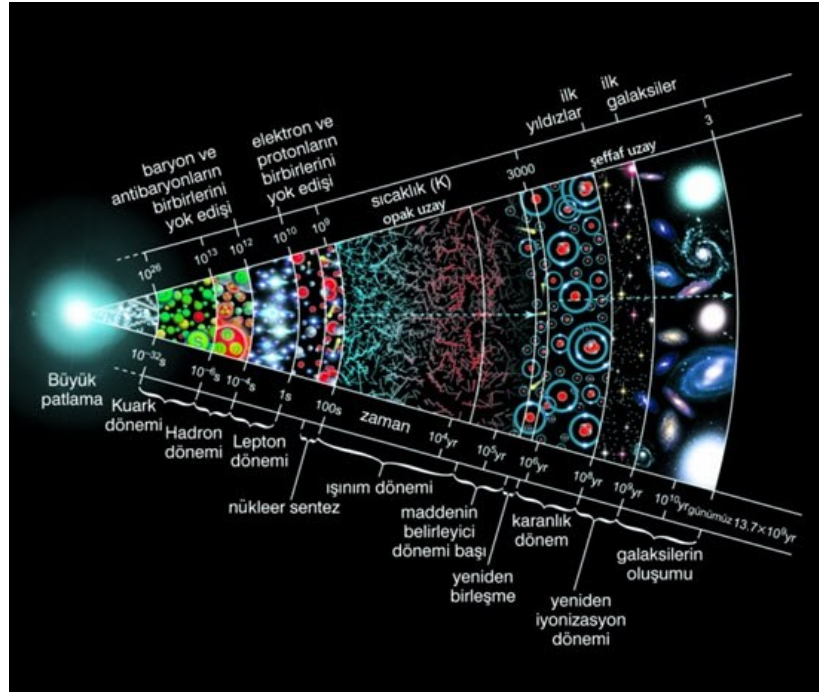
BHÇ 'nin araştırdığı bilinmeyen sorular:

Kütlenin kaynağı nedir? Neden foton(ışık) kütesizdir fakat foton ile aynı özellikleri gösteren W ve Z bozanları kütlelidir? Günümüzde bu sorulara verilmiş bir cevap bulunmamaktadır. En olası açıklama, Standart modelin işleyebilmesi için gerekli olan kayıp parçacık olan Higgs bozunu olacaktır. İlk 1964 de bu hipotez öne sürülmüş olup BHÇ da bu hipotez ile ilgili güçlü kanıtların bulunacağı düşünülmektedir.

Evrenin %96'sı nelerden meydana gelmektedir? Evrende görünen her şey, karıncadan galaksiye kadar, sıradan parçacıklardan oluşmaktadır. Bunlar genel olarak madde diye tabir edilmektedir ve evrenin %4 ünü oluşturmaktadır. Karanlık madde ve karanlık enerjinin kalan kısmı oluşturduğuna inanılmaktadır, fakat gravitasyonel etkileri dışında bunları gözlemlemek ve analiz etmek çok zordur. Karanlık madde ve karanlık enerjinin doğasını araştırmak günümüzde parçacık fiziğinin ve kozmolojinin en popüler alanı olmuştur. ATLAS ve CMS deneyleri karanlık madde oluşumu ile ilgili olası hipotezleri test etmek için süper simetrik parçacıkları aramaktadır.

Neden daha fazla anti madde bulunmamaktadır? Görünen evrenin bütün parçaları maddeden oluşmaktadır. Anti maddenin maddeden tek farkı karşıt elektrik yüküne sahip olmasıdır. Büyük patlama anında eşit miktarda madde ve anti madde oluştuğu düşünülmektedir, fakat madde anti madde ile karşılaşınca birbirini yok edip enerjiye dönüşmesi evrenimizin ilk anlarında neden ışıklı olduğunu açıklamaktadır. Henüz nedeni bilinmeyen bir şekilde şu anda içinde bulunduğumuz evrende her şeyin maddeden oluştuğu ve anti maddenin bir şekilde yok olduğu görülmektedir. Neden Doğa maddenin anti maddeye baskın gelmesine izin vermiş? LHCb deneyi bu soruya cevap vermek için madde ve anti madde arasındaki farkları araştırmaktadır. Önceki deneylerde küçük davranış farklılıkları gözlemlenmiş, fakat şu ana kadar yapılan gözlemler madde –anti madde arasındaki dengesizliği açıklamaya yetmemiştir.

Büyük patlamanın sırrı nedir, evrenin ilk saniyelerinde madde nasıl bir şeye benziyordu? Maddenin, gluonların bir arada tuttuğu kuarkların bir araya gelerek proton ve nötronu oluşturması ve bunların da bir araya gelerek atomları oluşturmasından meydana geldiği bilinmektedir. Gluonlar kuarkları bir arada tutabilmek için çok güçlü bir bağ yaparlar, fakat evrenin ilk anlarında yüksek basınç, yüksek sıcaklık ve yüksek enerjiden dolayı gluon kuarkları bir arada tutacak güce sahip değildi. Bu nedenle büyük patlamanın yaklaşık ilk mikro saniyelerinde Evrenimiz kuark-gluon plazma diye adlandırılan çok sıcak ve yoğun kuark-gluon karışımına sahipti bu Şekil 2.1.2’de gösterildiği kuark dönemi olarak tanımlanmıştır. ALICE deneyi de BHC’yi kullanarak benzer koşulları yerine getirip, kuark-gluon plazmasının özelliklerini araştırmaktadır.



Şekil 2.1.2 Büyük Patlama Modeli, evrenin tarihi

Gerçekten ek boyutlar var mıdır? Einstein göstermiştir ki uzayın üç boyutu zaman ile ilişkilidir. Benzer teoriler iddia etmektedirler ki uzayın diğer gizli boyutları da olabilir, örneğin sicim teorisi (string theory) henüz gözlenememiş ek uzamsal boyutların var olması gerektiğini vurgular. Bunlar ancak çok yüksek enerjilerde gözlenebilme ihtimalleri olduğundan dolayı BHC deneyi extra boyutları çalışmak için uygun bir ortam oluşturmaktadır. [3]

2.1.2 CMS (Compact Muon Solenoid)

CMS deneyi yeni fizik araştırmaları için kurulmuş BHÇ' nin genel amaçlı iki büyük deneyinden birisidir. CMS proton-proton ve ağır iyon çarpışmalarında geniş bir yelpazede parçacıkları ve olayları tespit edebilmek için dizayn edilmiştir. 41 ülkeden 179 üniversiteden ve enstitüden 4300'den fazla bilim insanının katıldığı CMS deneyi tarihin en büyük uluslararası bilimsel işbirlikli deneyinden birisidir. [4]

CMS dedektörünün başlıca görevi fotonların, elektronların, muonların, τ leptonun ve jetlerin enerjilerinin ve yörüngelerinin ölçülmesidir, ayrıca CMS dedektörünün hermitik yapısı kayıp dik enerjinin ölçülmesini de sağlamaktadır.

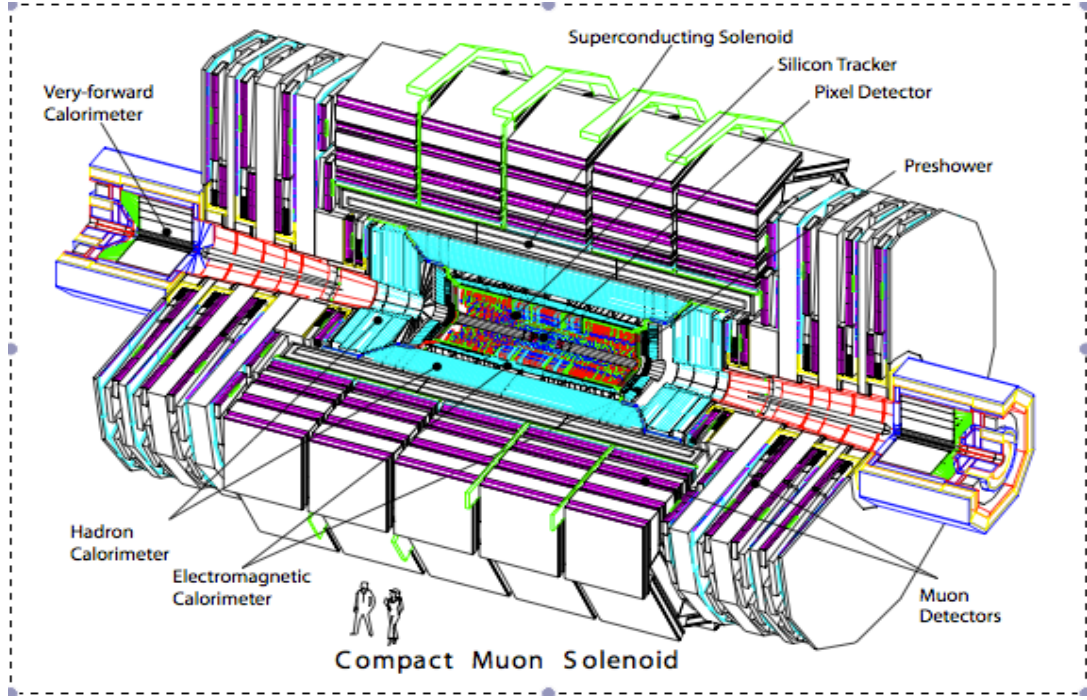
CMS Koordinat Sistemi

CMS dedektörü tarafından benimsenen koordinat sistemi deney içinde sembolik çarpışma noktasında bir orijine sahiptir, y eksenini dikey yukarıyı işaret eder ve x eksenini radyal olarak BHÇ'nin merkezine işaret eder. z eksenini CMS deneyinin bulunduğu BHÇ Point 5'ten Jura dağına doğru demet yönü boyuncadır. Azimutal açı ϕ , x-y düzlemindeki x ekseninden ve bu düzlemdeki radyal koordinat r tarafından belirtilir. Kutupsal açı θ ise z ekseninden ölçülmektedir, ve psüdo-rapidity (η) $\eta = -\ln(\tan\theta/2)$ olarak tanımlanır.

Parçacıkların P_T ile gösterilen dik momentumları ve E_T ile gösterilen dik enerjileri demet yönüne göre tanımlanır ve momentumun x ve y bileşenlerinden hesaplanmaktadır.

CMS dedektörünün uzunluğu 21.6m ve çapı 14.6m'dir ve toplam ağırlığı 12500 tondur. Dedektörde solenoid süper iletken bir mıknatıs bulunmaktadır. Şekil 2.1.3'te CMS dedektörünün genel görünümü gösterilmektedir. Parçacıkların izlerini belirleyen yüksek çözünürlüğe sahip İz Dedektörü, elektronların ve fotonların enerjilerini ve momentumlarını ölçen Elektromanyetik Kalorimetre (ECAL), yüksek çözünürlükteki jetleri belirleyip enerjilerini ölçen Hadronik Kalorimetre (HCAL) ve son olarak

müonların dik momentumlarını hassas bir şekilde ölçen Müon Dedektörü CMS dedektörünün kısımlarını oluşturmaktadır. [5]



Şekil 2.1.3 CMS Dedektörü

2.1.2.1 Mıknatıs

CMS detektörünün en önemli amaçlarından biri müon momentum ölçümüdür ve ölçümün hassas olması gerekliliğinden büyük bir manyetik alana gereksinim duyulmaktadır. Bu yüzden CMS'in kalbinde bir 13m uzunluğunda, 5.9m iç yarıçapında 4T'lık solenoid süper iletken bir mıknatıs bulunmaktadır. Bu büyük solenoidin yarıçapı, kalorimetre ve izleyicinin solenoidin içine yerleşmesine izin verecek şekilde seçilmiştir. Mıknatısın sağladığı alan 1,5m demirin yüklü olmasını sağlayacak kadar büyüktür, bu da 4 muon istasyonunun sağlamlık ve tam geometrik kapsamına olanak vermektedir. Her bir müon istasyonu fiçi bölgesinde alimünyum sürüklenme odasının bir kaç tabakasından ve kapak bölgesinde katot sürüklenme odalarından oluşmaktadır ve dirençli tabakalar tarafından da tamamlanır. Manyetik bobinin oyuğu iç dedektörüne ve kalorimetreye uyum sağlamak için yeterli büyüklüktedir.

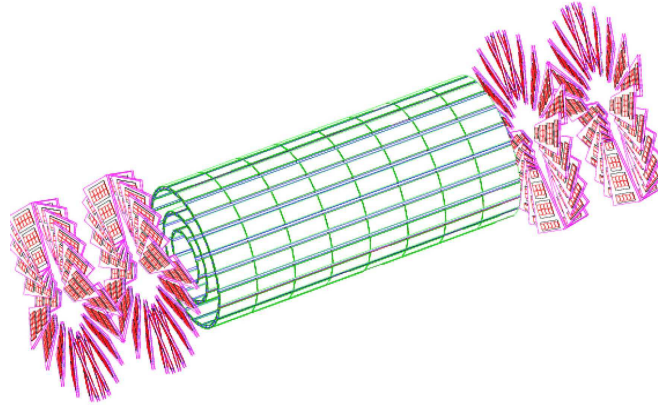
2.1.2.2 Müon Sistemi

İyi bir müon belirleme ve momentum ölçüm sistemi CMS'in temel çalışma ilkesidir. Müonlar, Higgs ve süper simetri araştırmaları için onları keşfetmenin yanı sıra özelliklerini belirlemede de önemli ipuçları sunmaktadır. Merkezi olarak üretilen müonlar, ilk önce iç izleyici içinde, bobinden sonra ve son olarak dönüş akısı (return flux) içinde üç kez ölçülmektedir. Müon sistemi kullanılarak müonların momentumlarının hesaplanması 4T'lık halkanın çıkışındaki müon eğilme açısı belirlenerek yapılmaktadır. Müonları belirlemede, müonların yüksek girişkenliği önemli rol oynamaktadır. Bu nedenden dolayı müon dedektörü yüklü parçacıkların durdurulduğu düşünölen manyetik alanın ve kalorimetrenin dışında yer almaktadır. [6]

2.1.2.3 İz Dedektörü

İz dedektörü $|\eta| < 2.5$ psüdorapidity aralığını kapsamaktadır. İz dedektörü 5.8m uzunluğunda ve 2.6m çapında silindirik bir yapıya sahiptir. Silikon piksel dedektörünün 3 katmanından oluşan izleyici hem yüklü parçacıklarının izlerinin etki parametrelerini hem de ikincil tepelerin konumlarını ölçmek için etkileşme bölgesine yakın yerleştirilmiştir. İz dedektörü, piksel ve şerit iz dedektörü olmak üzere iki farklı detektörden meydana gelmektedir. Silikon piksel dedektörünü izleyicinin yüksek çeşitliliği ile başa çıkabilmek için 10 tabakalı silikon mikro şerit dedektörü takip edecektir.

Şekil 2.1.4'te görüldüğü gibi piksel dedektörü, 3 fiçi katmanla fiçilerin her iki tarafında bulunan 2 kapaklı disklerden oluşmaktadır. 3 fiçi katmanının ortalama yarıçapları 4.4cm, 7.3cm, 10.2cm dir ve 53cm uzunluğuna sahiptir. Yarıçapları 6-15cm arasında olan diskler fiçilerin her iki tarafına $|z| = 34.5$ ve 46.5 'de yerleştirilmiştir.



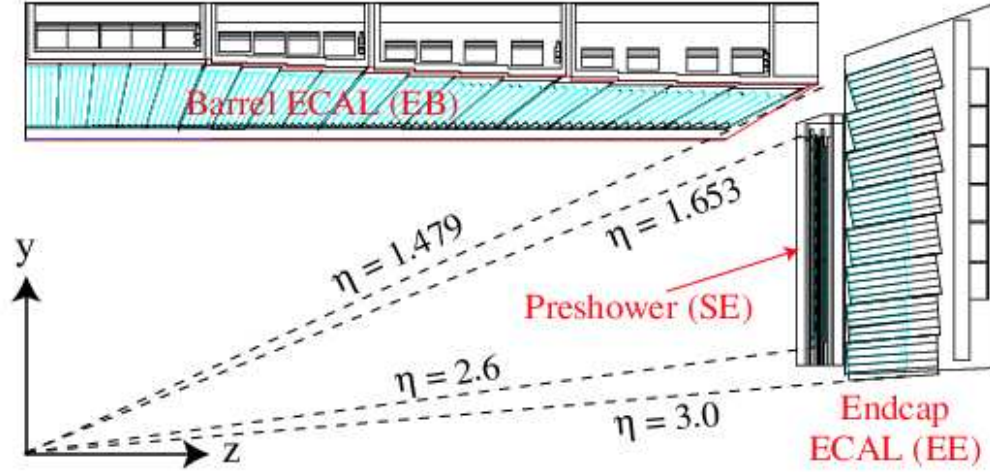
Şekil 2.1.4 Piksel İz Dedektörünün görünümü

En uygun tepe açı pozisyonu çözünürlüğü elde etmek için hem (r, φ) hem de z koordinatlarında $100 \times 150 \mu\text{m}^2$ 'lik neredeyse kare piksel şekilli bir dizayn kabul edilmiştir. Fıçı her biri 4 özdeş birimin yarısına uyarlanmış 768 piksel modül içermektedir. Mekansal çözünürlük (r, φ) ölçümü için $10 \mu\text{m}$ ve z ölçümü için yaklaşık $20 \mu\text{m}$ hesaplanmıştır.

Silikon şerit dedektörü karbon-fiber yapı üzerine monte edilen ve sıcaklık kontrolü dış destek tüpü içinde bulunan yaklaşık 20°C sıcaklığı ile 15400 modülden oluşmaktadır.

2.1.2.4 Elektromanyetik Kalorimetre (ECAL)

Homojen bir kalorimetre olan Elektromanyetik Kalorimetre şekil 2.1.5'te gösterildiği gibi fıçı ve kapak olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Fıçının içine 61200 tane kurşun tungsten (PbWO_4) her iki kapak kısmına da 7324 kristal yerleştirilmiştir.



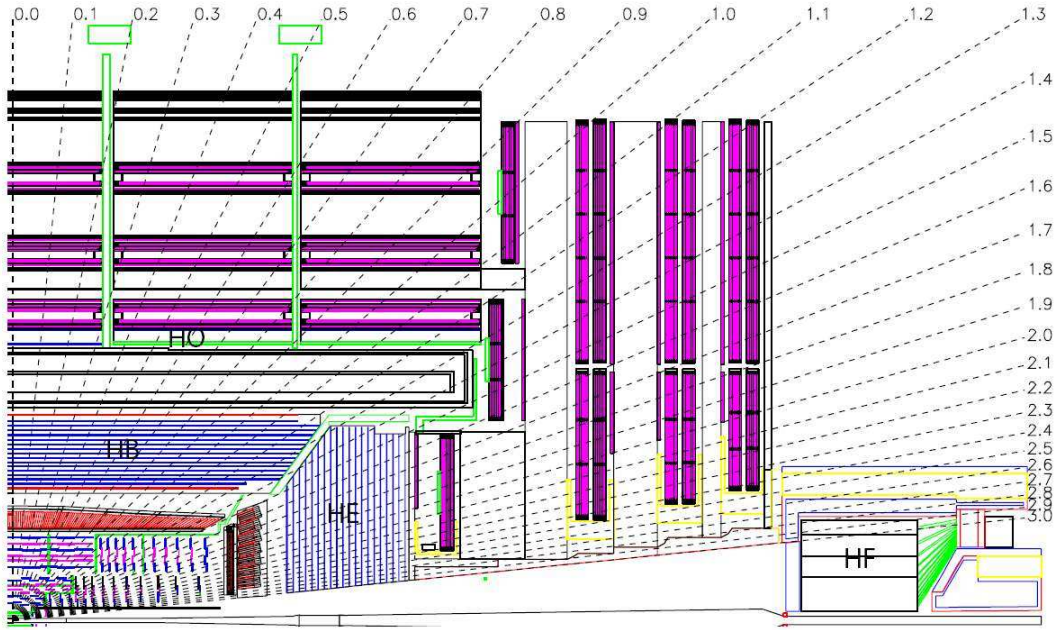
Şekil 2.1.5 Elektromanyetik kalorimetrenin dörtte birlik boylamsal görünümü

Elektromanyetik kalorimetre elektronların ve fotonların enerjilerini ölçmek için tasarlanmıştır. Yüksek enerjili fotonlar ve elektronlar mükemmel tasarlanan bir maddenin içinden geçerken ağırlıklı olarak frenleme ışınımı (Bremsstrahlung), çift oluşum gibi yollarla madde ile etkileşime girerek enerjilerini yitirip tekrar ikincil elektron ve pozitron çiftleri oluşturur. Oluşan bu ikincil elektronlar ve pozitronlar sintilasyon ışığı meydana getirmektedir. Bu sintilasyon ışığı foto çoğaltıcı tüpler tarafından toplanmaktadır. İşte mükemmel madde olan $PbWO_4$ kristalinin özellikleri elektromanyetik kalorimetre için en uygun bir seçim olduğunu göstermektedir. Yüksek yoğunluk (8.28 g/cm^3), kısa radyasyon uzunluğu (0.89 cm) ve küçük Moliere yarıçapına ($R_M = 2.2 \text{ cm}$) sahiptir. Bu yüzden hızlıdır, radyasyona karşı dayanıklıdır ve optik görüntüsü temizdir. Bu kristallerin sintilasyon bozunma zamanı BHC demetinin çapını geçme zamanı ile aynıdır: ışığın yaklaşık %80'i 25 ns de emilmektedir.

Elektromanyetik fiçi (EB) kısmı 129 cm bir iç yarıçapa sahiptir ve $0 < |\eta| < 1.479$ psüdorapidite aralığını kapsamaktadır. Elektromanyetik kapak (EE) ise tepe noktasından 314 cm uzaklıkta bulunmaktadır ve $1.479 < |\eta| < 3.0$ psüdorapidite aralığını kapsamaktadır. [7]

2.1.2.5 Hadronik Kalorimetre (HCAL)

Manyetik bobinin içinde bulunan ve Elektromanyetik Kalorimetreyi çevreleyen Hadronik Kalorimetre CMS'in en önemli kalorimetresinden biridir. HCAL'ın en önemli özelliği enerji çözünürlüğünde Gaussian olmayan kuyukları azaltmak ve E_T^{miss} kayıp dik enerjinin ölçülmesini sağlamaktır. HCAL hadronik jetlerin veya egzotik parçacıkların ölçümleri için önemli bir yere sahiptir. Hadron kalorimetresi Şekil 2.1.6'da gösterildiği gibi HCAL, ileri hadron (HF), hadronik kapak (HE), hadronik dış (HO), hadronik fiçı (HB) olmak üzere 4 tane alt dedektörden oluşmaktadır. [5]

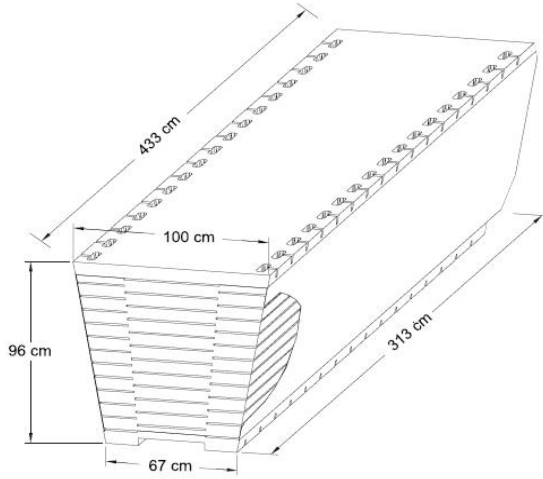


Şekil 2.1.6 Hadronik fiçı (HB), hadronik kapak (HE), hadronik dış (HO) ve İleri hadronik (HF) kalorimetrelerinin CMS dedektöründeki boylamsal görünümü.

Hadronik Fiçı Kalorimetresi (HB)

Hadronik fiçı kalorimetresi - $1.4 < |\eta| < 1.4$ psüdorapidite aralığını kapsar. Bu fiçı 18 kamanın (wedge) bir yarım fiçiyi oluşturduğu çokgen bir yapıya sahiptir. Bütün hadronik fiçiyi oluşturmak için iki yarım fiçı bir araya getirilir. Her bir kama ϕ ekseninde 20° lik bir açı gösterir ve şekil 2.1.7 'de gösterildiği gibi CMS dedektörünün

orta düzleminde 4.33m boyunca uzanır. Her bir kama %70 Cu (bakır) ve %30 Zn (çinko) dan oluşan birbirine civata ile tutturulmuş pirinç soğuruculardan meydana gelir. Bu pirinç soğurucunun radyasyon uzunluğu $X_0=1.49\text{cm}$, hadronik etkileşim uzunluğu 16.42cm ve yoğunluğu 8.53 g/cm^3 tür.



Şekil 2.1.7 Soldaki Hadronik fiçli kalorimetresinin kamasının izometrik görünüşü, sağdaki ise $\Delta\phi=20^\circ$ açılara bölünmüş HB'nin görünüşü.

İç ve dış tabakalar paslanmaz çelikten yapılmıştır ve bu iki paslanmaz tabaka arasında 17 tane açısız boşluk bulunmaktadır ve her bir boşluk içinde 9 mm (ilk ve son tabakalar için), 3.7 mm (kalan tabakalar için) kalınlığında büyük sintilatör karoları ve bunları kaplayan 1 mm 'si iç yüzey 1 mm 'si dış yüzey olmak üzere 2 mm kalınlığında plastikler bulunmaktadır. Buradaki her bir büyük karo ϕ ekseninde 5° 'ye karşılık gelir. 0. ve 1. tabaka arasında 61 mm kalınlığında paslanmaz çelik, sonrasında 9.tabakaya kadar tabakalar arasında 50.5 mm kalınlıkta pirinç ve 15. Tabakaya 56 mm kalınlıkta pirinç vardır. Son tabakada da 75 mm kalınlıkta paslanmaz çelik vardır.

Hadronik Kapak Kalorimetresi (HE)

Hadronik kalorimetrenin kapak kalorimetresi $1.3 < |\eta| < 3.0$ η aralığını kapsamaktadır. Bu kısımlar aynı zamanda plastik sintilatörlü örnekleme katmanlı bakır alaşım soğuruculardan oluşmaktadır. Her bir kapak ϕ düzleminde 18 kat simetriye sahiptir ve

bunlar 35 mm kalınlığındaki 20° ϕ kapsayan düzlem levhalardan oluşmaktadır. Bölüm katmanları, sintilatör girişi için 9 mm pirinç aralayıcılar ile ayrılmaktadır, bunlar 10° ϕ kapsamaktadır. Her bir kapağın ön kısmının üst kenarı HB ve HE'nin arasındaki boşluk açısına göre 53° lik bir eğimi vardır. HB ve HE arasındaki boşluk izleyici, elektromanyetik kalorimetre ve HB için kablo yolu olarak kullanılmıştır. Soğurucu tasarımı HB ve HE arasındaki boşluğu minimize edecek şekilde seçilmiştir.

Plakalar ölü materyal içermeyecek konfigürasyonda birbiriyle çakışmayacak geometride birbirine civata ile tutturulmuştur. Bu tasarım ölü bölge olmadan kendi kendini destekleyen yapı sağlar. Sintilatörler yerleştirmek için 9 mm aralıklı iki sektör levha ve bir aralama parçasının kalınlığına tekabül eden ardışık tabakalar arasındaki pirinç emici kalınlığı 78 mm dir. Her bir sintilatör kalınlığı 3.7 mm dir. Elektromanyetik kristalleri de içeren HE kalorimetre toplam uzunluğu, etkileşim uzunluğunun yaklaşık 10 katı kadardır (λ). HE nin dış katmanlarında foto dedektörler ve ön uç elektronik sistem kurulumu için bir kesme bölgesi vardır. Dış tabakalar, 10 cm kalınlığında paslanmaz çelik destek plakaları üzerine sabitlenmiştir. Emici tamamen monte edildikten sonra optik elemanlar boşluklara yerleştirilir.

Hadronik Dış Kalorimetresi (HO)

HB tek başına merkezi pseudorapidity bölgesinde yeterli hadron duşu birikimi sağlayamamaktadır. $\eta < 1.3$ bölgesinde yeterli örnekleme derinliği sağlamak için, hadron kalorimetre selenoidin dışına kadar uzatılır. Bu kısma HO adı verilir. HO $1.4/\sin \theta$ etkileşim süresine ek, emici olarak selenoid bobin kullanır. Bu geç başlayan duşları tespit etmek ve HB geometrisinin ötesindeki duş enerjilerini ölçmek için kullanılır. Solenoidinin vakum tankı dışında, manyetik alan beş 2.53 m genişliğinde (z-ekseni boyunca) halka şeklinde tasarlanmış bir demir boyunduruk ile döndürülür. HO bu beş halkaların her birine , birinci hassas tabaka/katman olarak yerleştirilir. Bu beş halkanın nominal merkezi z pozisyonları, sırasıyla -5.342 m, -2.686 m, 0, $+2.686$ m ve $+5.342$ m. dir. $\eta = 0$ a yakın bölgelerde HB, pp çarpışmasında üretilen hadronlar için minimum etkileşim uzunluğu sağlar. Bu nedenle, merkezi halka (halka 0), 9,5 mm kalınlığında demir parçası (kuyruk tutucu demir) nin her iki tarafında iki katman HO sintilatörler olan sırasıyla, 3820 mm ve 4070 mm radyal mesafelerde denk düşen

kisimlardan oluşmaktadır. Tüm diğer halkalar 4070 mm radyal mesafede tek bir HO tabakaya sahiptir. Kalorimetre sistemin toplam derinliği fiçı-kapak sınır bölgesinde haricinde, minimum 11.8λ ya kadar uzanır. HO sintilatörler η ve φ uzayında HCAL fiçı kule geometrisine sahiptir. [7]

2.1.2.6 İleri Hadronik Kalorimetre (Hadronic Forward, HF)

İleri hadronik kalorimetre $3 < |\eta| < 5$ psüdorapidite aralığını kapsar. CMS 'in her bir uç kısmına yerleştirilmiş iki tane ileri hadronik kalorimetre bulunmaktadır. HF kalorimetreleri etkileşme noktasından 11 m uzaklığa yerleştirilmiştir. İleri hadronik kalorimetrenin her birinde içerisinde şekil 2.1.8'de gösterildiği gibi lifler yerleştirilmiş demir soğurucular bulunmaktadır. Lifler duş süreçlerini ayırabilmek için iki farklı uzunluğa sahiptir. Uzun lifler (1.65 m) kalorimetrenin elektromanyetik (EM) kısmını oluşturmaktadır ve bu kısım elektromanyetik etkileşim (elektron ve foton) gösteren parçacıkların enerjilerini ölçmeye yarar. Daha kısa lifler (1.43m) kalorimetrenin hadronik (HA) kısmı olup sadece hadronik duşların ölçülmesini sağlar. Bu bölüm elektromanyetik bölüm ile birlikte elektromanyetik etkileşen parçacıkları hadronlardan ayırmaya ve hadronların enerjisini ölçmeye yarar.



Şekil 2.1.8 Demir soğurucular içerisinde kuartz liflerin yerleştirildiği HF kuleleri

Şekil 2.1.8'de toplam 18 tane kamanın soğurucu demir yapı içerisine yerleştirilip bir modül haline getirildiği durumu göstermektedir. Uzun ve kısa lifler dedektörün arka tarafında demetler halinde toplanıp buradaki liflerle foto çoğaltıcı tüpler (PMT) tarafından sinyal okunur.

HF kayıp dik enerjinin ölçülmesini, ileri jetlerin tanımlanmasını ve yeniden oluşturulmasını sağlar. WW ve ZZ füzyon yoluyla ağır Higgs üretimi olduğu takdirde bu jetler bir çok önemli fiziksel süreçlerinin özelliklerini ayırt edebilir.

BHÇ $10^{34} \text{ cm}^{-1} \text{ s}^{-1}$ ışınlık değerinde çalışmaktadır, ve çarpışma başı çarpışma noktası (IP) daki toplam parçacık sayısı 1200 RMS (Root Mean Square) değer ile ortalama 5700 dur. Bu 280 parçacık/ çarpışma/ hız biriminin eş değeri $2.3 \times 10^{11} \text{ s}^{-1}$ oranına karşılık gelir. $4.5 < |\eta| < 5.0$ bölgesindeki akı yaklaşık olarak $6.0 \times 10^6 \text{ cm}^{-1} \text{ s}^{-1}$ dir ve soğurucu bir yılda yaklaşık olarak 100 Mrad 'lık radyasyona maruz kalır. Bu bölge radyasyonu çok yoğun bir bölge olduğundan kullanılacak malzemeler radyasyona çok dayanıklı malzemeler olmak zorundadır. CMS deneyi kuartz lifleri HF bölgesi için aktif madde olarak seçmiştir, çünkü yüksek saflıktaki kuartzın radyasyona karşı çok dayanıklı olduğu bilinir.

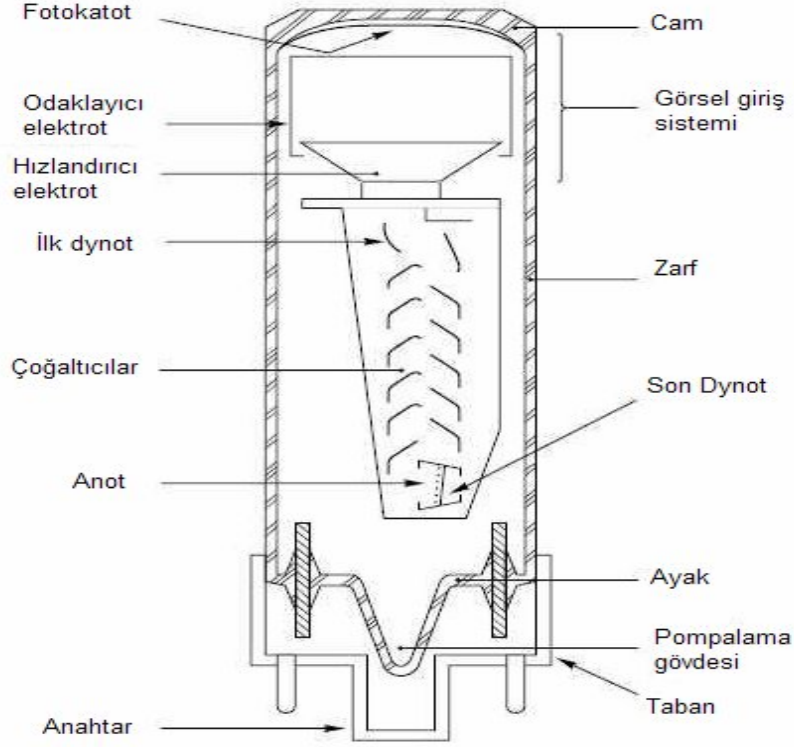
Duşlar içindeki göreceli parçacıkların dağılımı dar bir profil gösterir, hatta buna karşılık gelen Moliere yarıçapı daha da dardır. Çerenkov ışımasıyla oluşan duşlar diğer tekniklerle meydana gelen duşlara kıyasla oldukça dardırlar. O yüzden Kuartz lif içinde Çerenkov ışıması yöntemi ileri hadronik kalorimetre HF'in daha kompakt bir tasarım olmasını gerektirir. Ayrıca bu tür duş tanımlanması Çerenkov ışımasıyla oluşturulmayan parçacıklara göre çok daha hızlıdır. [6]

2.2 Foto Çoğaltıcı Tüpler

Genellikle Foto çoğaltıcı tüpler şu aşamalardan oluşmaktadır: havası alınmış bir tüp(vakum tüp), ön cam, foto katod, odaklayıcı elektrotlar, elektron çoğaltıcı ve anot. Şekil 2.2.1 bir foto çoğaltıcının temel bileşenlerini göstermektedir.

Foto çoğaltıcılar düşük gürültüye, yüksek kazanç ve hızlı tepkiye sahip olup nükleer ve

parçacık fiziği, astronomi, tıp gibi bir çok alanda kullanılmaktadır.



Şekil 2.2.1 Bir foto çoğaltıcı tüpün şekli

Bir foto çoğaltıcı çalışması boyunca katoda, anoda ve dinotlara yüksek voltaj uygulanır. Foto çoğaltıcıya giren bir ışık aşağıdaki aşamalardan geçerek çıkış sinyali oluşturmaktadır:

- 1- Foto katot; üzerine düşen fotonları fotoelektrik etkiyle elektron akımına çevirir.
- 2- Elektron-optik giriş sistemi; uygulanan yüksek voltaj sayesinde katottan gelen elektron akımını hızlandırır ve ilk dinota odaklar.
- 3- Elektron çoğaltıcı sistemi; ikincil yayılım elektrotlarının (dinotlar) bir serisinden meydana gelir, böylece bir elektron şelalesi oluşturur ve bu katot akımının yükseltilmesi için kullanılır.

4-Anot; son dinotlara çarparak yayılan elektron şelalelerini toplar.

Şekil 2.2.2’de bugün çeşitli alanlarda kullanılan foto çoğaltıcı tüplerden bir kaç örnek gösterilmektedir.



Şekil 2.2.2 Çeşitli tür ve boyutlardaki foto çoğaltıcı tüpler

2.2.1 Foto Katot

Foto çoğaltıcı tüpler fotoelektrik metoduna dayanarak çalıştıklarından dolayı vakum tüp içerisinde katot(-) ve anot(+) olmak üzere iki elektrot bulunmaktadır. Elektronlar katoda düşen ışık yardımıyla foto katottan sökülürler, gelen ışığın enerjisi katodun iş fonksiyonundan daha büyük ise elektronlar foto katottan koparlar ve kalan enerjileri ile de harekete geçerler. Daha sonra bu elektronlar foto katotun hemen karşısında bulunan toplayıcı olarak düşünüle bilinen pozitif yüklü bir anot tarafından çekilirler. Foto elektronların sayısı, dolayısıyla fotoelektrik akımı, ışık akısı ile doğru orantılıdır. Işık akısı arttıkça sökülen elektronların sayısı da artar.

Bir çok foto katot düşük iş fonksiyonlu alkali metallere oluşan yarı iletken maddelerden yapılmıştır. Pratik uygulamalarda kullanılan foto katotların yaklaşık olarak 10 çeşidi bulunmaktadır. Her bir foto katot farklı malzeme özelliklerinden dolayı bir

iletim (yarı saydam) veya bir yansıma (saydam olmayan) tipi olarak tanımlanır.

Foto katotlar için kullanılan bazı malzemeler:

Cs-I : Güneş ışınlarına karşı hassas değildir ve bu yüzden güneş körü olarak da adlandırılır. Onun duyarlılığı sadece 200 nanometreden daha uzun dalga boylarına düşer ve sadece mor ötesi tespiti için kullanılır.

Sb-Cs : Bu foto katot mor ötesinde, görünür bölge duyarlılığına sahiptir ve yaygın olarak bir çok uygulamada kullanılmaktadır. Çünkü Sb-Cs foto katodunun direnci bialkali foto katodunun direncinden daha düşük olduğu için ölçülecek ışık yoğunluğunun görece yüksek olduğu uygulamalar için uygundur, böylece katotta büyük bir akım olur.

Bialkali (Sb-Rb-Cs, Sb-K-Cs) : Alkali metallerin iki türü kullanılmasından dolayı bu foto katotlar bialkali olarak adlandırılır. Bu foto katodun iletim tipiyle Sb- Cs foto katoduyla benzer spektral tepki aralığına sahiptir, fakat bialkali'nin daha yüksek duyarlılığı ve daha düşük karanlık akımı vardır.

Multialkali (Sb-Na-K-Cs) : Alkali metalin üç veya daha fazla çeşidi kullanıldığından bu foto katotlar multialkali olarak adlandırılır. 850 nm bölgesi etrafında mor ötesi bölgesinden kızıl ötesi bölgesine kadar geniş bir spektral tepki duyarlılığına sahip olduğu için duyarlılığı yüksektir. Bu yüzden bu foto katot geniş band spektrometresinde yaygın bir şekilde kullanılır.

2.2.2 Elektron Çoğaltıcı (Dinot Bölümü)

Bir foto çoğaltıcı tüpün elektrot yapısı ve potansiyel dağılımı en uygun performans alınabilecek şekilde tasarlanmıştır. Foto katottan yayılan foto elektronlar ilk dinottan son dinoda kadar sürekli olarak çoğaltılırlar. Dinot sayısı da foto çoğaltıcı tipine göre değişkenlik gösterip 10 ile 20 arasında değişmektedir. Foto katottan çıkan 1 foto elektron akımının artması ile sayısını 10^7 'ye kadar çıkarabilmektedir ve en nihayetinde anoda gönderilmektedir.

Dinotlar için alkali antimonide, berilyum oksit (BeO), magnezyum oksit (MgO), galyum fosfor (GaP), galyum arsenit fosfor (GaAsP) gibi malzemeler kullanılır. Bu malzemeler nikel, paslanmaz çelik veya bakır berilyum alaşımından yapılan bir yüzeye sarılır.

2.2.3 Anot

Bir foto çoğaltıcı tütün anodu çok katmanlı dinot tarafında oluşturulan elektronların ve elektrik akımı olarak aktarıldığı bir elektrottur. Anod toplanacak elektronların yörüngeleri için en uygun şekilde tasarlanmalıdır, genellikle çubuk, levha ya da ızgara şeklindedirler. Bir anodun tasarlanması için en önemli faktörlerden biri boşluk yük etkilerinin engellenmesi ve büyük çıkış akımı elde etmek için son dinot ile anot arasında yeterli bir potansiyel farkının kurulmasıdır.

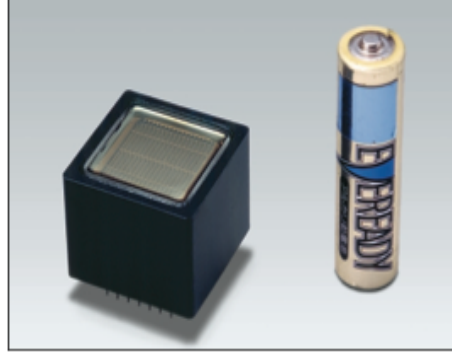
2.2.4 Pencere Malzemeleri

Bir çok foto katot mor ötesi bölgenin altında yüksek duyarlılık göstermektedir. Bununla birlikte mor ötesi ışınımı pencere malzemesi tarafından soğrulabildiğinden kısa dalga boyu limiti pencere malzemesinin iletimi ile belirlenir. Foto çoğaltıcı tüplerin camları genellikle MgF_2 kristali, safir Al_2O_3 , sentetik silika, UV cam, borosilikat 'den yapılmaktadır.

2.2.5 Kuantum Verimlilik

Kuantum verimlilik foto katottan salınan foto elektronların sayısının foto katoda gelen fotonların sayısına oranıdır. Kuantum verimliliği genellikle yüzdeler olarak ifade edilir. Foto çoğaltıcı tüplerde bu verimlilik ortalama % 20 olmasına rağmen farklı foto çoğaltıcılarda bu oran değişmektedir.[8]

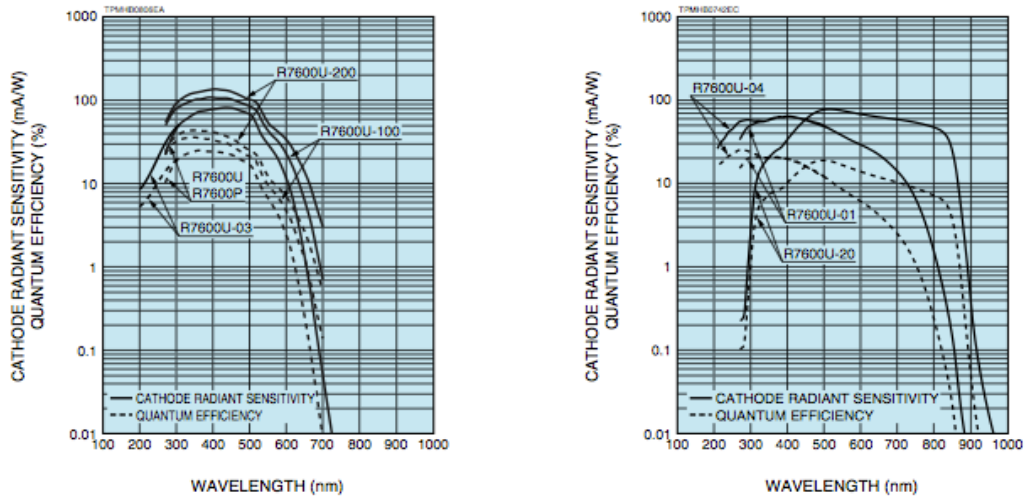
Bu tezde kullanılan Foto çoğaltıcı tüplerinin özellikleri (Hamamatsu'nun Ürettiği R7600U Serili PMT'lerin Özellikleri):



Şekil 2.2.3 2013 Yenilemesinde kullanılacak 4 anot foto çoğaltıcı tüp

Etkileşim bölgesi 18mm x18mm olan Şekil 2.2.3'te gösterildiği gibi bir kalem pilden daha küçük boyuttaki bu yeni foto çoğaltıcılar kompakt bir yapıya sahiptir, yaklaşık olarak 33g ağırlığındadır. Yüksek katod duyarlılığına, geniş dinamik aralığına (wide Dyanmic Range) ve hızlı tepkiye sahiptirler. Bu tür foto çoğaltıcılar Yüksek enerji fiziği, kan hücrelerinin sayımı, DNA düzeni, çevre kirliliğini izleme gibi alanlarda kullanılmaktadır.

Gelen ışığın dalga boyu ile foto katot arasındaki ilişkiye spektral tepki denir. Şekil 2.2.4 değişik tipteki foto çoğaltıcıların spektral tepki özelliklerini göstermektedir. Görüldüğü gibi R7600U-200 tipli foto çoğaltıcının kuantum verimliliği en yüksektir.



Şekil 2.2.4 Çeşitli tipteki foto çoğaltıcıların kuantum verimlilikleri ile dalga boyu ilişkisi

Tablo 2.2.1 Hamamatsu'nun ürettiği foto çoğaltıcılardan bazıları ve onların özellikleri

Tip No	Foto Katot Metaryali	Kuantum Verimlilik	Dalga boyu	Çalışma Voltajı	Kazanç
R7525-HA	Bialkali	%26	420 nm	1750V	$5 \cdot 10^5$
R7600U-100	Super bialkali	%35	350 nm	800V	$1,0 \cdot 10^6$
R7600U-200	Ultra bialkali	%43	350 nm	800V	$1,0 \cdot 10^6$
R7600U-100-M4	Super bialkali	%35	350 nm	800V	$1,3 \cdot 10^6$
R7600U-200-M4	Ultra bialkali	%43	350 nm	800V	$1,3 \cdot 10^6$

Tablo 2.2.1 'de gösterilen Foto çoğaltıcılardan en üstteki R7525-HA şu an hala CMS İleri Hadron(HF) kalorimetrelerinde kullanılmakta olan ve 2013 yenilemesine kadar da kullanılmaya devam edilecek olan foto çoğaltıcıdır. Görüldüğü gibi kazancı, verimliliği oldukça düşük olup çalışma voltajı da oldukça yüksektir. R7600U-200-M4 ultra bialkali foto çoğaltıcı olup hem kazancı hem kuantum verimliliği yüksektir ayrıca da çalışma voltajı düşüktür, 2011 sına demetlerinde de bu foto çoğaltıcı test edilmiş olup, 2013 yenilenmesinde bu foto çoğaltıcının kullanılmasına karar verilmiştir. [9]

3. ANALİZ ve HESAPLAMALAR

CMS HF yenileme programının taslağında bir kaç PMT tipi test edilmiştir ve dört anodlu PMT, Hamamatsu tarafından R7600U-200_M4 Yenileme için yedek PMT seçilmiştir. Bu yeni PMT sadece elektronik gürültünün temel düzeyini düşürmeyecek, aynı zamanda elektronik gürültünün tespit edilip yok edilmesini sağlayacak ve gelecekte kullanacak olan multi anotlarla da temel sinyalleri kaydedebilecektir.

Bir Readout Box (RBX) prototipi yeni dört anotlu PMT'ler için farklı readout seçeneklerini test edebilmek için dizayn edilmiştir. Yeni Readout tahtaları(boards) dört anodlu PMT'lerin tek kanallı, iki kanallı ve dört kanallı readout sistemleri arasında değişim esnekliği sağlayabilmektedir, ki bu durumda dört kanal readout seçeneği full multi-anod işlevini sağlamaktadır. RBX'in hem dış hem de iç kablosu spesifik bir şekilde dizayn edilmiş ve seçilmiştir, bu yüzden prototipin bir parçasıdır.

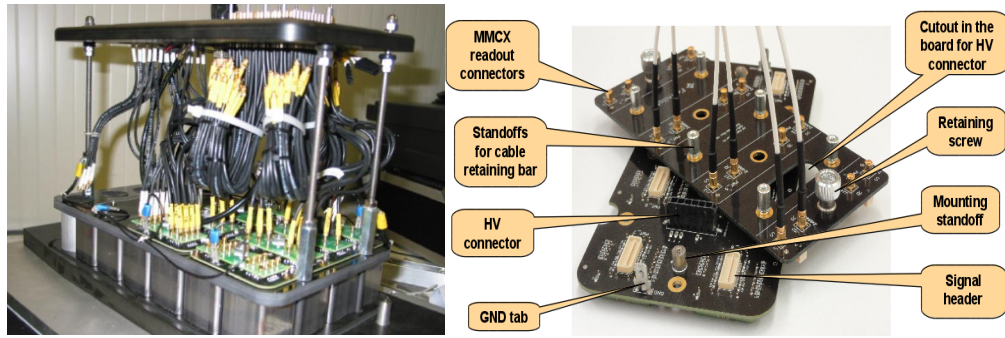
Bu prototip RBX Yaz-Sonbahar 2011'de CERN'de bulunan H2 deney alanından sırasıyla kalorimetreye ve elektronik gürültü tepkisini taklit etmek için elektron ve muon demetleriyle test edildi. Burada RBX'in belli performansı testlerin detaylarını tanımlanıp yeni RBX'in uyumluluğu hakkında CMS HF yenilenmesine rapor edilmektedir.

Prototip RBX iki readout tahtasına dört anotlu 11 PMT ile kuruldu. Readout tahtaları iç kablolama ve bağlantı telleri yardımıyla farklı readout seçenekleri sağlayabilir. Bu öncelikle iki tahta yaklaşımı ile elde edilir: PMT'lerin bağlı olduğu ana temel tahta ve farklı anodlardaki sinyallerin kombine edildiği ara tahta (adapter board), istenen readout seçeneğini üretmek için birleştirilir.

Şekil 3.1 (a) 'da iç kablolama ile birlikte ara ve temel tahtalar ve tahtalara monte edilmiş PMT'i resimleri gösterilmiştir. RBX üç tane readout tahtasını destekler, ancak sinama demetlerinde iki tanesi kullanılmıştır.

Readout tahtası 3 temel bileşenden oluşur: Bunlar ana tahta ile yüksek voltaj bölücü, güç ve güvenli toprak bağlantıları; bypass (atlama) edilmiş bölgesel (lokal) dinodlarla PMT girişleri ve her istenilen readout planı için ara tahtadan oluşur. Şekil 3.1(b)'de readout tahtasının bileşenleri gösterilmiştir.

Ana tahta Hamamatsu'nun tavsiyesi gereğince $2.75 \text{ M}\Omega$ 'luk toplam bölücü direnç ile dizayn edilmiştir. Maksimum PMT çalışma voltajı 900 V 'dur (8 PMT için $330 \mu\text{A}$). Daha yüksek sinyal performansı için son iki dinotun güç kaynağı girişi artırılır: Yüksek çalışma voltajının %8 ve %16 sı kadar artırılır. Düşük sinyal oranlarında çalıştırmak için sadece foto katod voltajına ihtiyaç vardır.



Şekil 3.1 RBX 'ın anatomisi ve ana ve ara tahtaların resmi. (a) Resim RBX'ın anatomisini prototipini göstermektedir. PMT'ler masanın üzerinde ters bir şekilde durmaktadır. Ana tahtalar, ara tahtalar ve iç kablolar görülebilir. (b) Önceden kurulmuş ana ve ara tahtaların resmi. Tahtaların önemli kısımları işaretlenmiştir.

Ana tahta üzerindeki 8 PMT'nin her birine bir PMT ile diğer PMT arası kaçak sinyali ve temel döngü etkileşimini düşürmek için bir sanal topraklama uygulanır. Bütün 4 PMT dinodlar ve onlardan gelen sinyaller bir sinyal başlığına (header) yönlendirilir. Anod ve referans devreleri yüksek voltaj yüklenmesini engellemek için kaçak (boşaltıcı) dirence sahiptir. Referans sinyalleri PMT anodunun sığıması, girişler ve temel çalışma voltajı için eşitlenir. (ilave olarak 9 pf).

PMT soketi alt bir ünite olarak yüksek kaliteli altın kaplama tek bir soketten yapılmıştır ve PMT anahtar deliği ile bir devre tahtası içine yerleştirilmiştir. Her bir PMT soketi dinotlar arasına yerleştirilmiş bir atlama kapasitörüne sahiptir. Son üç dinot seri sönüm dirençlerine sahiptir. (50Ω , 50Ω ve 4.7Ω).

Yenileme programının farklı gereksinimlerine uyum sağlamak, farklı readout seçenekleri arasında uygun geçişleri sağlamak için ara tahta dizayn edilmiştir. Ara kart delik boyunca oturtulan MMCX sinyal bağlantıları ile kullanılır. Ana kart ek parçası

için vidalı tutucular vardır.

Sonuçta readout tahtasının dizaynı, kritik ağlar için mümkün olan en kısa bağlantılar düşük serili bobinlerde kullanılır. Farklı toprak örtüşmesine ait iletken madde yoktur. Bu topraklar arasındaki AC bağlantısını düşürür. Temel yüzeyler iç tabakalardadır.[11]

3.1 Temmuz 2011 Test Beam Datalarının Analizi

2011 Temmuz ayı içerisinde ileri hadron kalorimetrelerinde kullanılan ve kullanılacak foto tüplerin CERN'de bulunan H2 deney alanında değişik demetlerle karşılaştırması yapılmıştır. Toplamda 11 tane 4 anodlu PMT kullanılmış olup bu PMT'lerden 2 tanesi 4 kanallı, 4 tanesi 2 kanallı ve diğer 5 tanesi de tek kanalıdır. 4 kanallı PMT'ler sinyalleri 4 kanala bölerken, tek kanallı PMT'ler ise tek bir kanaldan almaktadırlar. Bu sınav sonucunda piyon, elektron ve muon gibi farklı demetlerle alınan veriler karşılaştırılarak 2013'de HF dedektörlerine yerleştirilecek yeni PMT'ler konusunda önemli sonuçlar elde edilmiştir.

3.1.1 Deney Düzenegi ve Data Alimi

Şekil 3.1.1 de Test Beam’de kullanılan foto çoğaltıcıların yerleri (koordinatları) bulunmaktadır. Şekil 3.1.2 ‘de elektron ve piyon demetlerinin gönderildiği deney düzenegi gösterilmektedir.

Arkadan görüntü
Isin sayfanin disina dogru

CLI

x	x	x	x
x	x	x	x
2B	4B	6B	8B
1B	3B	5B	x
x	4C	6C	x
x	3C	5C	x

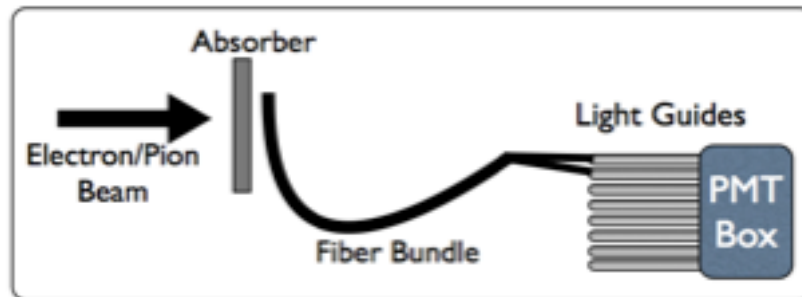
39,67,1	39,67,2	41,67,1	41,67,2
38,67,1	38,67,2	37,67,1	37,67,2
36,67,1	36,67,2	35,67,1	35,67,2
34,67,1	34,67,2	33,67,1	33,67,2
32,67,1	32,67,2	31,67,1	31,67,2
30,67,1	30,67,2	29,67,1	29,67,2

1-Kanal : 5B, 6B, 8B, 6C, 5C

2-Kanal : 3B, 4B, 3C, 4C

4-Kanal : 1B, 2B

Şekil 3.1.1 Temmuz 2011 Test Beam’de kullanılan Readout kutusu. Soldaki (Yeni RBX) şekilde PMT’lerin isimleri belirtilmiştir, sağdaki (Eski RBX) şekilde ise PMT lerin koordinatları eta cinsinden belirtilmiştir.



Şekil 3.1.2 80 GeV/c elektron ve piyon demetlerinin gönderildiği düzenegi göstermektedir. Parçacık demeti önce soğurucuya çarpmaktadır.

Bu çalışma İleri Hadronik Kalorimetrelerinin geliştirilmesi için yapılan Temmuz 2011 Sınama demetinin çalışmalarını ve 2013 LHC Yenilenmesinde kullanılacak foto çoğaltıcılardan aldığımız dataların analizlerini içermektedir.

Şu anda dedektörlerde hala kullanılan foto çoğaltıcılar (Hamamatsu R7525-HA) standart foto çoğaltıcı olup ön yüzlerindeki camların kalınlığından dolayı cama doğrudan çarpan parçacıklar camda Çerenkov ışını oluşmasına neden olmaktadır ve böylece gerçek ölçülecek sinyallerle karışmaktadır. Bundan dolayı ön camları daha ince olan ve bu çalışmada sınıdıklarımız arasında olan yeni tip 4-anot'lu foto çoğaltıcılar ile değiştirilecektir.

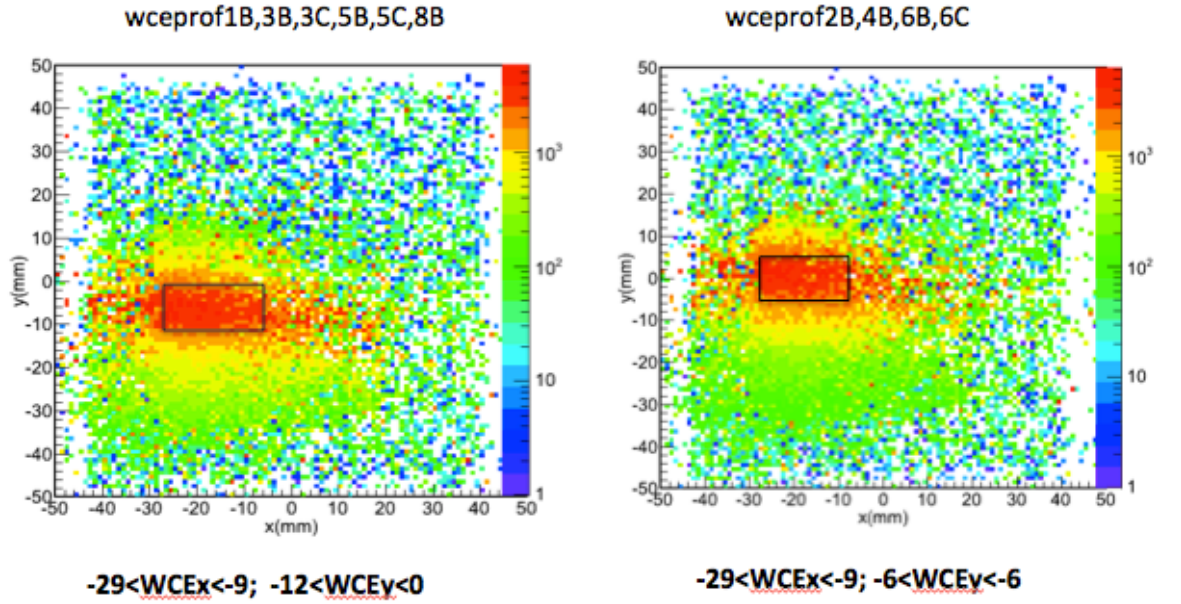
3.1.2 Elektron Demeti Sınaması

Soğurucunun (absorber) kalınlığına, sayısına, soğurucu ile lif kabloların arasındaki açığa bağlı olarak farklı düzenekler kurulmuştur. Tablo 3.1.1 sayım numaralarına karşılık gelen PMT'leri ve bunların seçim koordinatlarını göstermektedir.

Tablo 3.1.1 Her 50 K olaylık sayım numaralarına karşılık elektronların hangi PMT 'de bulunduğunu ve de Çok Telli Orantılı Sayaç (Wire Chamber) 'taki gözlemlenen koordinatları.

170294	50K	PMT5C	X:(-29,9),Y:(-12,0)	PMT 6C	X:(-29,9),Y:(-6,6)
170295	50K	PMT5C	X:(-29,9),Y:(-12,0)	PMT 6C	X:(-29,9),Y:(-6,6)
170296	50K	PMT3C	X:(-29,9),Y:(-12,0)	PMT 4C	X:(-29,9),Y:(-6,6)
170297	50K	PMT3C	X:(-29,9),Y:(-12,0)	PMT 4C	X:(-29,9),Y:(-6,6)
170300	50K	PMT1B	X:(-29,9),Y:(-12,0)	PMT 2B	X:(-29,9),Y:(-6,6)
170301	50K	PMT1B	X:(-29,9),Y:(-12,0)	PMT 2B	X:(-29,9),Y:(-6,6)
170302	50K	PMT3B	X:(-29,9),Y:(-12,0)	PMT 4B	X:(-29,9),Y:(-6,6)
170305	50K	PMT3B	X:(-29,9),Y:(-12,0)	PMT 4B	X:(-29,9),Y:(-6,6)
170306	50K	PMT5B	X:(-29,9),Y:(-12,0)	PMT 6B	X:(-29,9),Y:(-6,6)
170308	50K	PMT5B	X:(-29,9),Y:(-12,0)	PMT 6B	X:(-29,9),Y:(-6,6)
170312	50K	PMT8B	X:(-29,9),Y:(-6,6)		
170314	50K	PMT8B	X:(-29,9),Y:(-6,6)		

Bu çalışma lif demetinin arkasında 6 demir ve 3 kurşun soğurucu (absorber) olan 80 GeV'luk elektron demeti çözülmesini içermektedir. Her bir PMT ile gözlenen parçacığın konumu Çok Telli Orantılı Sayaç (Wire Chamber) ile belirlenir. Şekil 3.1.3'te kutu içerisindeki bölgeler gözlemlenen elektronların bulunduğu yerleri göstermektedir.

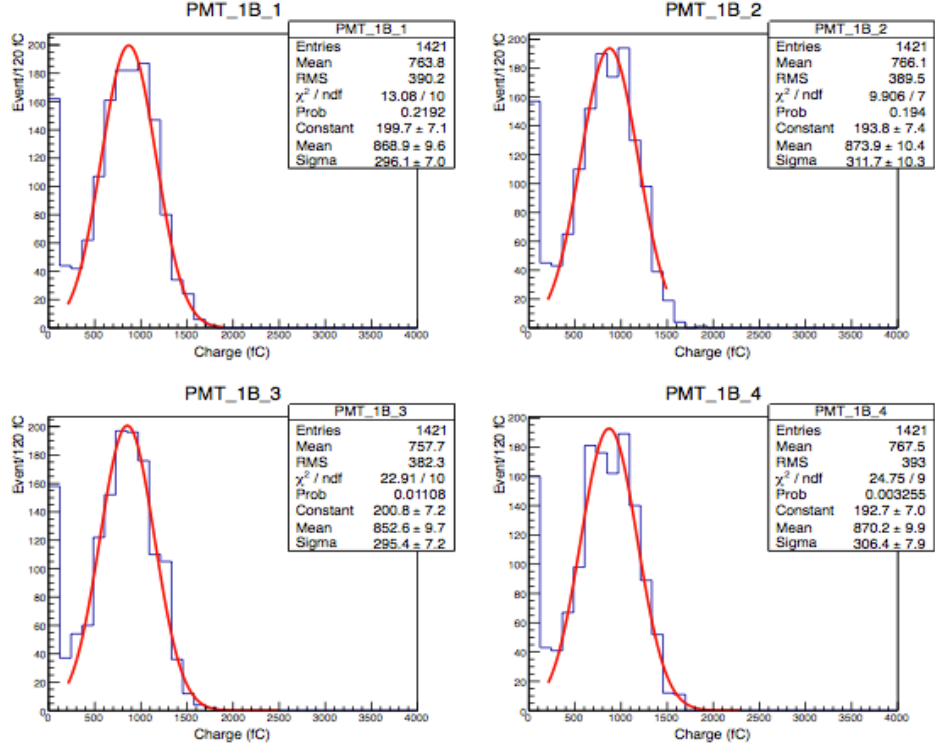


Şekil 3.1.3 Elektronların çok telli orantılı sayaçtaki yük dağılımları

Çalışma alanının sınırlarını bu şekilde belirledikten sonra 2 ve 4 kanallı PMT'lerin her bir kanalının ortalama değerlerine bakıp bunları birbiriyle karşılaştırdı. Tek kanallı PMT'lerde herhangi bir karşılaştırma yapılmasına gerek yoktur.

3.1.2.1 Dört Kanallı PMT'ler

a) PMT1B dört kanallı bir PMT olup, her bir kanalından alınan sinyaller Şekil 3.1.4 'te gösterilmektedir.



Şekil 3.1.4 Olay seçiminden sonra dört kanallı PMT1B'den elde edilen sinyaller. Histogramlar gaussian ile fit edilmiştir.

Bu PMT kanallarından elde edilen ortalama değerler Tablo 3.1.2' de gösterilmiştir:

Tablo 3.1.2 PMT 1B Foto çoğaltıcılar için ortalama değerleri

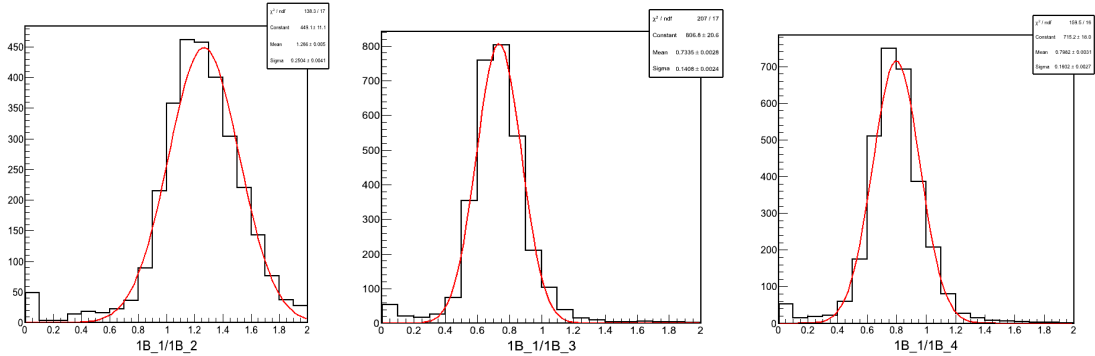
PMT İsimleri	PMT Ortalama Değerleri
1B1	763.7
1B2	766.1
1B3	757.7
1B4	767.5

PMT1B1'in ortalama değerinin diğer kanallarına oranlayarak elde edilen d¼zeltme katsayıları Tablo 3.1.3'de g¼sterilmektedir:

Tablo 3.1.3 PMT 1B için bulunan d¼zeltme katsayıları

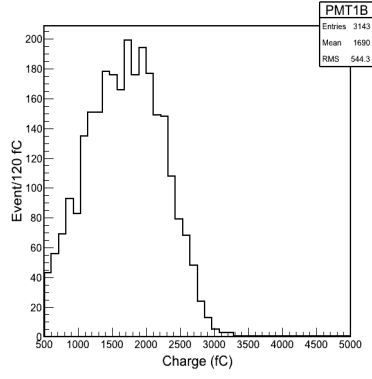
PMT Oranları	D¼zeltme Katsayıları
PMT1B1/PMT1B2	1.26
PMT1B1/PMT1B3	0.74
PMT1B1/PMT1B4	0.80

Her bir histogramda 16 nokta (bin) bulunmakta yani nokta başına d¼řen ortalama y¼k miktarı 120 fC'dur. Her kanal için elde ettiğimiz histogramların birbirleriyle toplanabilmesi için bir kanalı seçip diğer kanalların kalibrasyonunun g¼receli olarak o kanala g¼re ayarlanması gerekmektedir. PMT1B_1 kanalını diğer kanallara oranladığında bu d¼zeltme katsayıları (Tablo 3.1.3) elde edilmektedir.



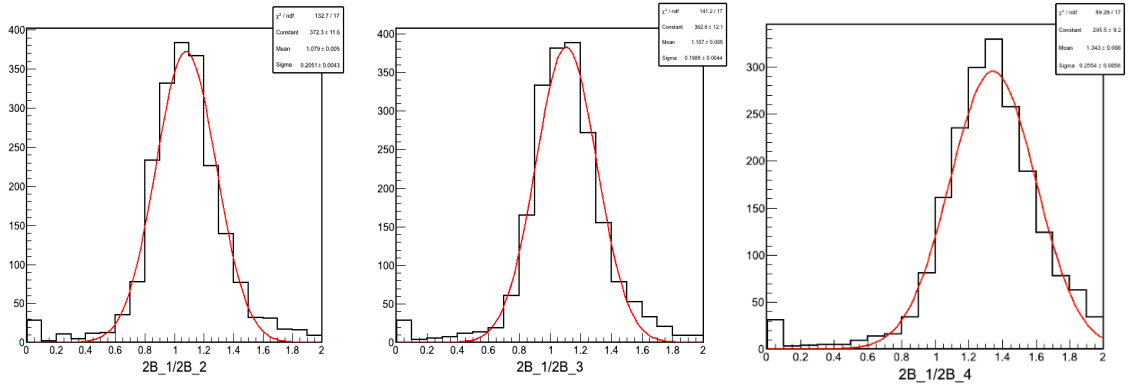
şekil 3.1.5 PMT1B'nin Diğer Kanallarına Oranı. Histogramlar gaussian ile fit edilmiştir.

D¼zeltilen kanallarla birlikte PMT1B'nin d¼rt kanalı toplanır: $PMT1B = PMT1B_1 + 1.264 * PMT1B_2 + 0.74 * PMT1B_3 + 0.780 * PMT1B_4$ B¼ylece şekil 3.1.6'daki histogramı elde edilir.



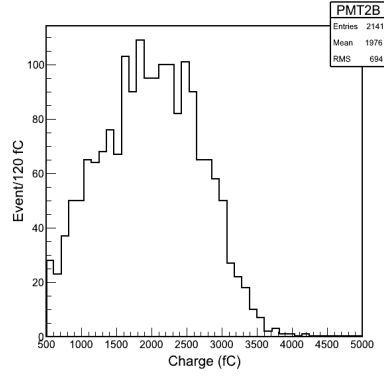
Şekil 3.1.6 PMT1B'nin dört kanalının toplamından elde edilen sinyal

b) **PMT2B** de aynı PMT1B gibi dört kanallı bir foto çoğaltıcıdır. PMT2B için de öncelikle her kanalından sinyal alınıp, ardından PMT2B_1 baz alınıp, diğer kanallarına bölünmesiyle düzeltme katsayıları elde edilir. Şekil 3.1.7 PMT2B_1'in diğer üç kanalına oranını göstermektedir:



Şekil 3.1.7 PMT 2B'nin Diğer Kanallarına Oranı. Histogramlar Gaussian ile fit edilmiştir.

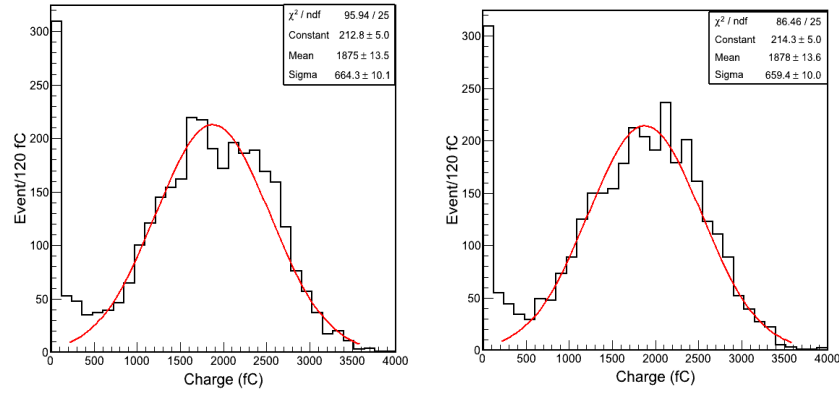
Aynı şekilde düzeltilen kanallarla birlikte PMT1B'nin dört kanalı toplanır: $PMT2B = PMT2B_1 + 1.06 * PMT2B_2 + 1.08 * PMT2B_3 + 1.32 * PMT2B_4$ Böylece Şekil 3.1.8'deki histogram elde edilir.



Şekil 3.1.8 PMT2B'nin dört kanalının toplamından elde edilen sinyal

3.1.2.2 İki Kanallı PMT'ler

a) PMT3B iki kanallı bir foto çoğaltıcı olup, her bir kanalından alınan sinyal Şekil 3.1.9'da gösterilmektedir.



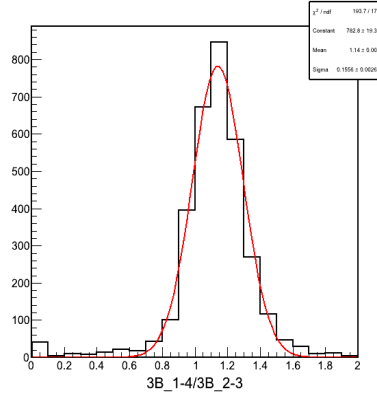
Şekil 3.1.9 İki Kanallı PMT 3B'den eldilen sinyaller. Histogramlar Gaussian ile fit edilmiştir.

Tablo 3.1.4 PMT3B'nin kanallarının ortalama değerlerini göstermektedir:

Tablo 3.1.4 PMT3B Foto çoğaltıcılar için ortalama değerleri

PMT İsimleri	PMT Ortalama Değerleri
3B_1-4	1875
3B_2-3	1878

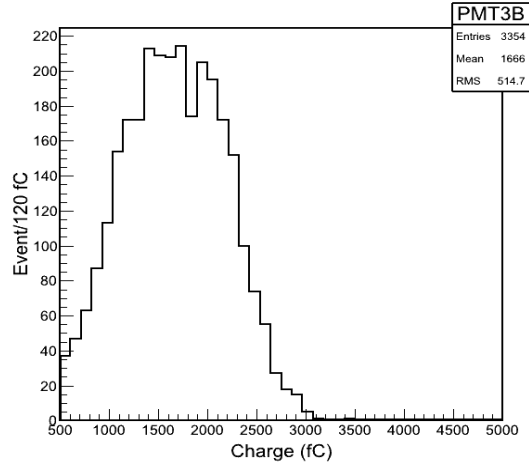
PMT3B_1-4 ortalama değerinin 3B_2-3 'ün ortalama değerine bölünmesiyle Şekil 3.1.10 elde edilmektedir.



Şekil 3.1.10 PMT3B_1-4'nın Diğer Kanalına Oranı, Gaussian ile fit edilmiştir.

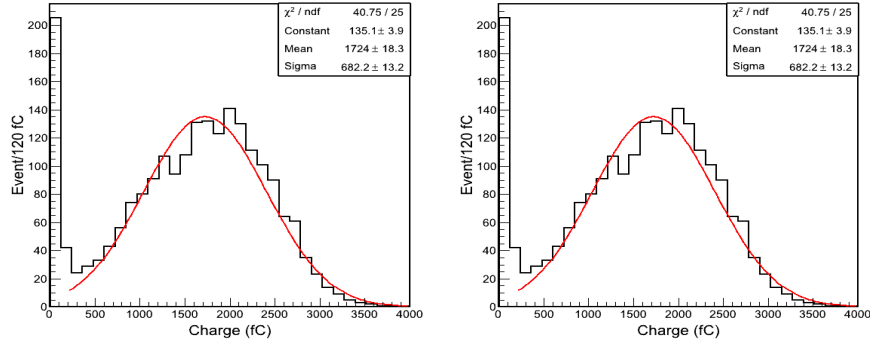
PMT 3B İçin Düzeltme Katsayısı:1.15 olarak hesaplanmıştır.

Düzeltilen kanalla birlikte PMT3B'nin iki kanalı toplanır: $PMT3B = PMT3B_{1-4} + 1.15 * PMT3B_{2-3}$ Böylece Şekil 3.1.11'deki histogram elde edilir.



Şekil 3.1.11 PMT 3B' nin iki kanalının toplamından elde edilen sinyal

b) **PMT4B** de iki kanallı bir foto çoğaltıcı olup, her bir kanalından alınan sinyaller Şekil 3.1.12’de gösterilmektedir.



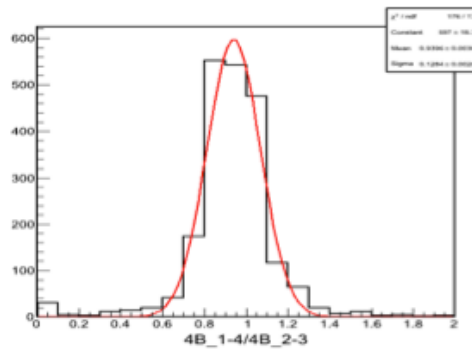
Şekil 3.1.12 İki Kanallı PMT4B’den eldilen sinyaller. Histogramlar Gaussian ile fit edilmiştir.

Tablo 3.1.5 PMT4B’nin kanallarının ortalama değerlerini göstermektedir:

Tablo 3.1.5 PMT4B Foto çoğaltıcılar için ortalama değerleri

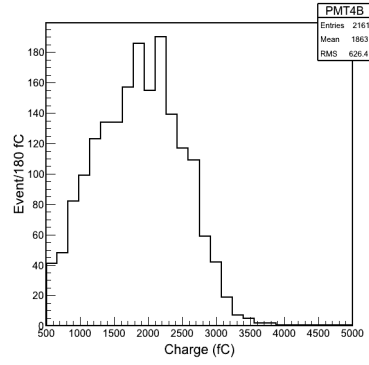
PMT İsimleri	PMT Ortalama Değerleri
4B_1-4	1716
4B_2-3	1724

PMT4B_1-4 ortalama değerinin 4B_2-3 ‘ün ortalama değerine bölünmesiyle Şekil 3.1.13 elde edilir. PMT 4B İçin Düzeltme Katsayısı:0.94 olarak hesaplanmıştır.



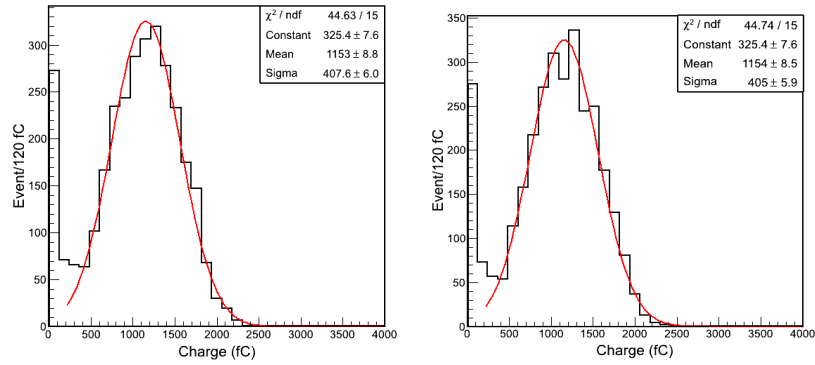
Şekil 3.1.13 PMT4B_1-4’nın Diğer Kanalına Oranı

Düzeltilen kanalla birlikte PMT4B’nin iki kanalı toplanır: $PMT4B = PMT4B_{1-4} + 0.94 * PMT4B_{2-3}$. Böylece Şekil 3.1.14’teki histogram elde edilir.



Şekil 3.1.14 PMT 4B'nin iki kanalının toplamından elde edilen sinyal

c) PMT3C'de iki kanallı bir foto çoğaltıcı olup, her bir kanalından alınan sinyaller Şekil 3.1.15'te gösterilmektedir.



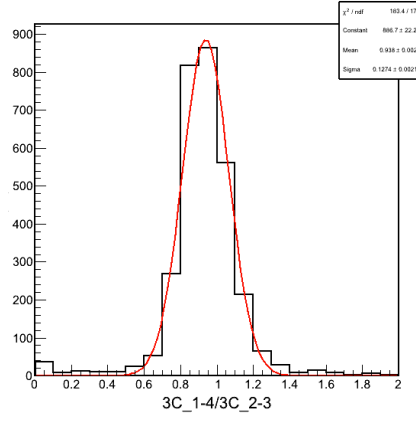
Şekil 3.1.15 İki Kanallı PMT3C'den elde edilen sinyaller. Gaussian ile fit edilmiştir.

Tablo 3.1.6 PMT3C'nin kanallarının ortalama değerlerini göstermektedir:

Tablo 3.1.6 PMT3C Foto çoğaltıcılar için ortalama değerleri

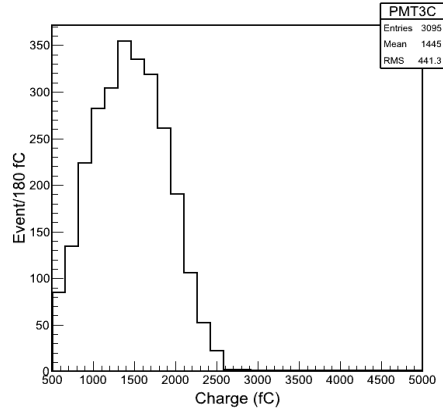
PMT İsimler	Ortalama Değerleri
3C_1-4	1153
3C_2-3	1154

PMT3C_1-4 ortalama değerinin 3C_2-3 'ün ortalama değerine bölünmesiyle Şekil 3.1.16 elde edilmektedir. PMT3C için Düzeltme Katsayısı:0.99 olarak hesaplanmıştır.



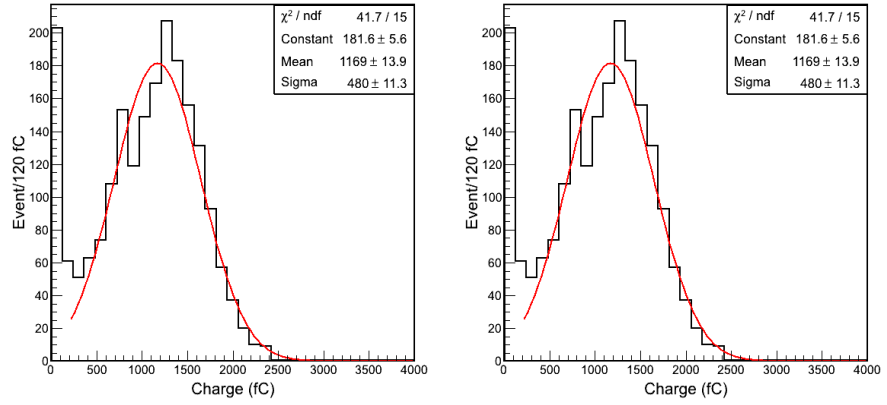
Şekil 3.1.16 PMT3C_1-4'nın Diğer Kanalına Oranı. Gaussian ile fit edilmiştir.

Düzeltilen kanalla birlikte PMT3C'nin iki kanalını toplanır: $PMT3C = PMT3C_{1-4} + 0.99 * PMT3C_{2-3}$ Böylece Şekil 3.1.17'deki histogram elde edilir.



Şekil 3.1.17 PMT3C'nin iki kanalının toplamından elde edilen sinyal

d) PMT4C de iki kanallı bir foto çoğaltıcı olup, her bir kanalından alınan sinyaller Şekil 3.1.18'de gösterilmektedir.



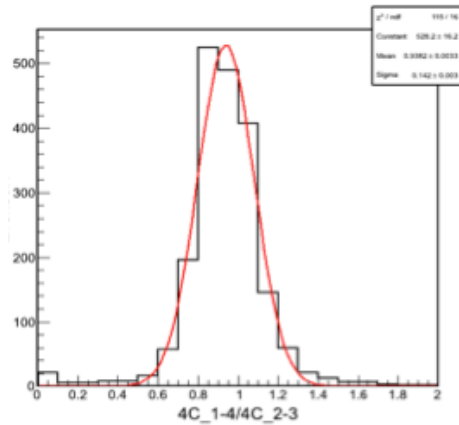
Şekil 3.1.18 İki Kanallı PMT4C’den elde edilen sinyaller. Histogramlar Gaussian ile fit edilmiştir.

Tablo 3.1.7 PMT4C’nin kanallarının ortalama değerlerini göstermektedir:

Tablo 3.1.7 PMT4C Foto çoğaltıcılar için ortalama değerleri

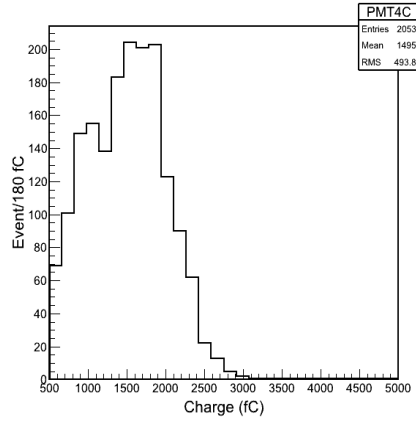
PMT İsimleri	PMT Ortalama Değerleri
4C_1-4	1169
4C_2-3	1146

PMT4C_1-4 ortalama değerinin 4C_2-3 ‘ün ortalama değerine bölünmesiyle Şekil 3.1.19 ‘daki 4C_2-3 için düzeltme katsayısı elde edilmektedir. PMT4C için Düzeltme Katsayısı:0.94 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 3.1.19 PMT4C_1-4’nın Diğer Kanala Oranı. Gaussian ile fit edilmiştir.

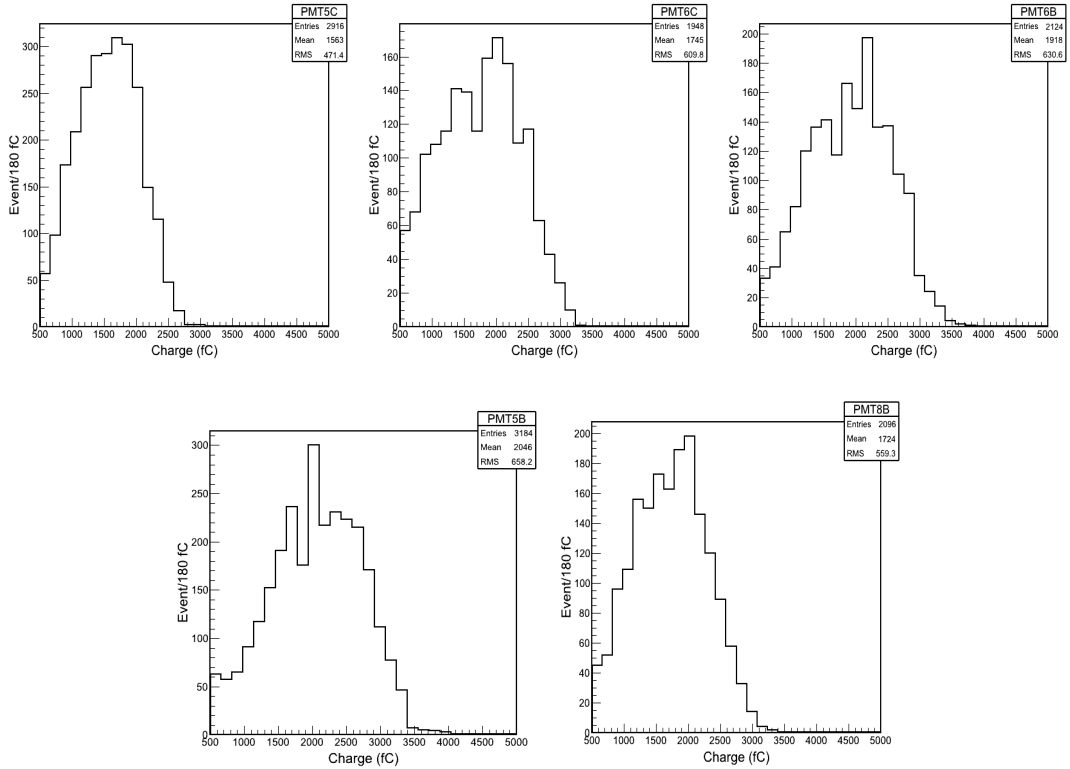
Düzeltilen kanalla birlikte PMT4C’nin iki kanalı toplanır: $PMT4C = PMT4C_1-4 + 0.94 * PMT4C_2-3$. Böylece Şekil 3.1.18’deki histogram elde edilir:



Şekil 3.1.20 PMT4C'nin iki kanalının toplamından elde edilen sinyal.

3.1.2.3 Tek Kanallı PMT'ler

Bunlar tek kanallı olduklarından birbiriyle karşılaştıracak değerler olmayacağından, düzeltme de yapılmadan direk PMT 'ler çizilir. Tek kanallı PMT ler ile ilgili elde edilen sinyaller Şekil 3.1.21'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1.21 Sırasıyla yukarıdan aşağı doğru PMT5C, PMT6C, PMT 6B, PMT5B, ve PMT 8B'den elde edilen sinyaller.

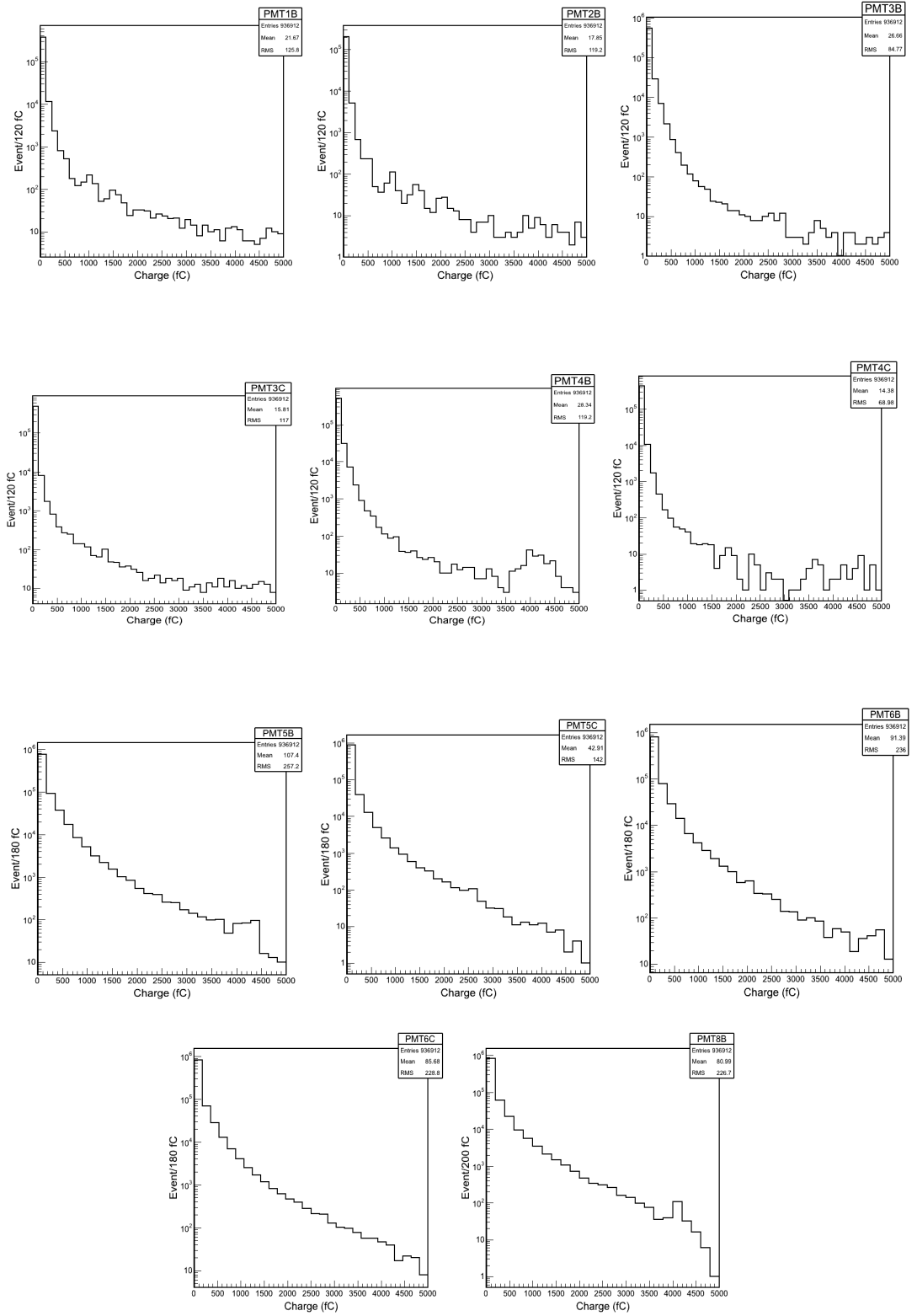
3.1.3 Piyon Analizi

Parçacık fiziğinde **piyon** (**pi mezonunun** kısaltılmış hali) π^0 , π^+ ve π^- 'den oluşan üç atom altı parçacığın ortak adıdır. Piyonlar kütlesi en hafif mezonlardır, kütlesi elektronunkinden 270 kat büyük olup yarı ömrü 10^{-8} saniyedir.

Tablo 3.1.8 Piyonların analizi için kullanılan sayım numaraları, olay sayıları ve PMT isimleri verilmiştir. Piyonların yarı ömürleri çok kısa olduğu için onlar bir çok telli orantılı sayaçta gözlemlenemez.

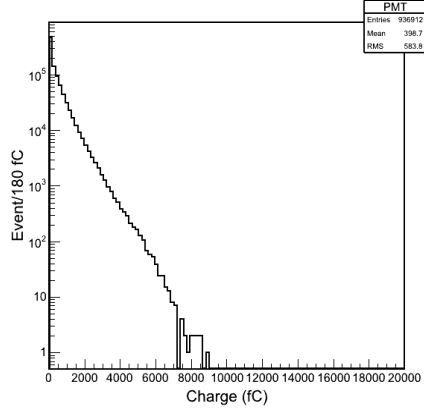
170362	50K	PMT_8B	170384	50K	PMT_6B
170363	50K	PMT_8B	170385	50K	PMT_4B
170366	50K	PMT_7B	170386	50K	PMT_4B
170367	50K	PMT_7B	170387	50K	PMT_3B
170368	50K	PMT_8C	170389	50K	PMT_3B
170369	50K	PMT_8C	170392	50K	PMT_4C
170370	50K	PMT_7C	170394	50K	PMT_4C
170373	50K	PMT_6C	170398	50K	PMT_3C
170374	50K	PMT_6C	170399	50K	PMT_3C
170377	50K	PMT_5B	170400	50K	PMT_2B
170379	50K	PMT_5B	170399	50K	PMT_3C
170383	50K	PMT_6B	170400	50K	PMT_2B

Piyonları analiz etmek için yapılan düzenek şu şekildedir: Soğurucunun kalınlığı 29 cm ve RBX ise ışının içinde, bu düzenekle soğurucunun arkasında 16 PMT pozisyonu için yüzey taraması yapılmıştır. Her data için analiz yapılmış olup aynı PMT' ler bir histogramda toplanmıştır ve böylelikle olasılık artırılmıştır. Her bir PMT'den elde edilen piyon histogramları Şekil 3.1.22'de gösterilmektedir:



Şekil 3.1.22 Tüm PMT'lerden elde edilen sinyal.

Her PMT kanalından elde edilen piyon sinyalleri toplanmasıyla Şekil 3.1.23'te verilen tek bir histogram elde edilmiştir.



Şekil 3.1.23 Tüm piyon histogramlarının toplamı

3.2 Ekim 2011 Sınama Demeti Analizi

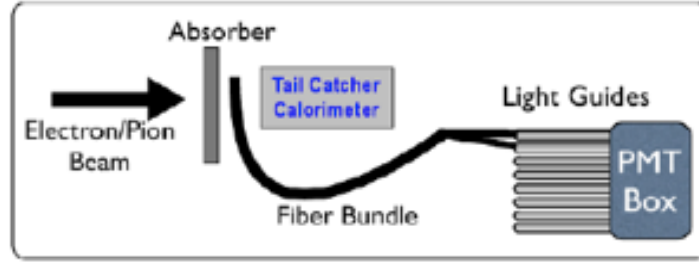
3.2.1 Deney Düzenegi ve Data Alımı

RBX'in içindeki PMT'lerin onların etiketleri ile beraber burada Şekil 3.2.1'de 5B, 6B, 8B, 5C ve 6C tek kanallı (siyah); 3B, 4B, 4C ve 3C iki kanallı (mavi); 1B ve 2B dört kanallı (kırmızı) gösterilmektedir.

RBX 2011 Yaz-Sonbahar CERN H2 demetinin 80 GeV ile elektron demetleri ile test edildi. Şekil 3.2.2 RBX 'ın elektronik gürültü tepkisini ve kalorimetrik performansını ölçmek için kurulan deney düzenegini göstermektedir.

8B	6B	4B	2B
X	5B	3B	1B
X	6C	4C	X
X	5C	3C	X

Şekil 3.2.1 Demet tarafından görülen RBX içindeki PMT'lerin taslak çizimi. Etiketler metin içinde kullanılan PMT isimlerini içermektedir. Renk kodları tek-kanallı (siyah), iki-kanallı (mavi) ve dört-kanallı (kırmızı) readout seçeneklerini gösterir.



Şekil 3.2.2 Elektron ve piyon demetlerinin gönderildiği deney düzeneğini göstermektedir.

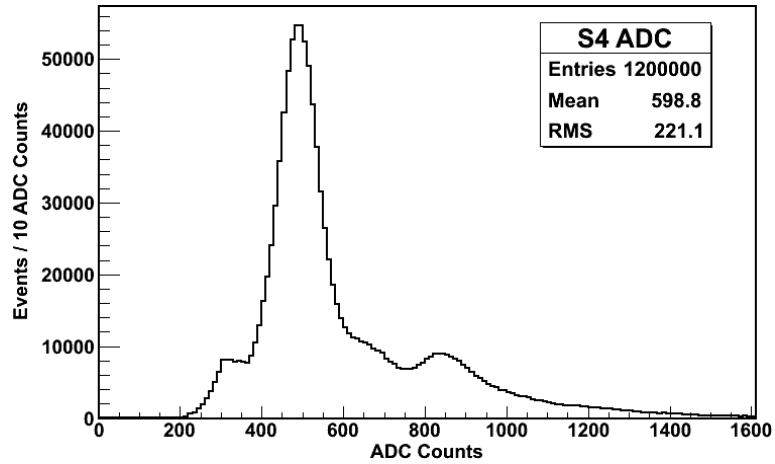
Elektron ve piyon demetleri öncelikle soğurucuya ardından fiber demetleri ve ışık yolları aracılığıyla PMT'lere iletilmektedir. Ayrıca fiber demetlerinin ardında piyonları yakalamak için de bir minik kalorimetre bulunmaktadır.

80 GeV elektron ışını lif demetleri boyunca Çerenkov ışınları oluşmasına yol açarlar. Demetlerin içindeki lifler şu anda deney alanında HF için kullanılan lifler ile aynıdır. Elektromanyetik duş yaklaşık olarak 10 cm ($6 X_0$) demir soğurucu ile başlatılır. Deste-duş geçişi 45° lik açıyla soğurucunun alt akış kısmında yer alır. RBX'in ışık yoluna yerleştirilen okuma kısmında (readoutend) deste iki kısma bölünmüştür. Demet RBX'lerin ışık yoluna yerleştirilen readoutlar da iki kısma ayrılmıştır. Buradan iki PMT eş zamanlı olarak okunabilir. Okuma kutu (Readout box) girişi ışığı sızdırmayacak şekilde yapılmıştır. 2009 Test ışını için yapılan Kuartz lif kalorimetresi elektron demeti içindeki piyonları etiketlemek için yakalayıcı bir kalorimetre olarak kullanılır. Kalorimetre HF'in çubukları arasında benzer özellikte kuartz liflerden ve 20x20cm lik 6 mm çapta 45 cm uzunluğunda çelik çubuk dizisinden oluşturmaktadır. Lifler sistem çıkışının sonunda demetlenmiştir ve dört kanal modunun bir dört anodlu PMT ile okunması gerçekleştirilmiştir. PMT'lerin RBX için çalışma voltajı HF'in gerçek çalışma koşullarını yeniden üretmek için 600 V olarak alınmıştır.

150 GeV müon demeti PMT pencerelerinde background olayları oluşturmak için kullanılır. Bu amaç için, ışık yolu RBX'dan çıkarılmıştır ve RBX'ı hassas bir şekilde ölçümler yapabilmek için çok telli orantılı sayacın önüne, doğru bir şekilde yerleştirilmiştir.

Data okunması yük toplanması (charge integration) ile ve kodlama üniteleri (encoding units) ile (QIEs) yapılarak CMSSW (CMS bilgisayar programı) data formatında depolama işlemi gerçekleştirilmiştir. Her QIE kanalı her biri 25 ns'lik 10 zaman dilimi

içinde okunur. Tetikleme (trigger) işlemi, 14 cm x 14 cm ve 4 cm x 4 cm boyutlarında iki sintilatör sayacının çakışmasıyla elde edilmiştir. Eğer bu iki sintilatörde aynı anda büyük bir sinyal varsa tetikleme işi gerçekleşmiş olur ve data alımını başlatan adım bu olmaktadır. Diğer 14 cm x 14 cm lik sintilatörü birden fazla parçacık ölçüm alanına girerse onu tespit etmek için kullanılır, çoklu parçacıkları bu sintilatör ile veto edilebilir. Bu sayacın ADC(Analog to Digital Converter) sinyal dağılımı Şekil 3.2.3 'te gösterilmektedir. Yani bu sayaç tetikleyici olarak kullanılmamaktadır ve 650 ADC 'den büyük bir sinyal çoklu parçacıklar içereceğinden dolayı buna benzer olaylar analize dahil edilmemiş kabul edilir. Böylelikle <650 seçimi ile tek parçacık seçimi yapılmış olunur.

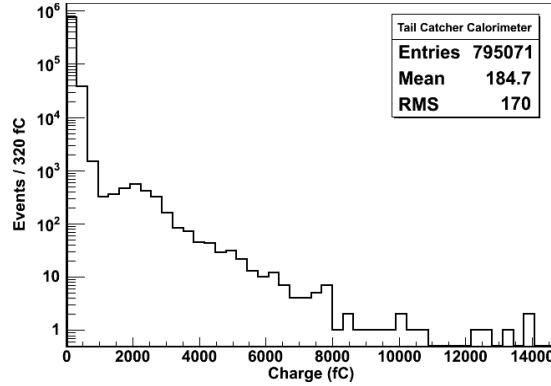


Şekil 3.2.3 Parçacıkların seçiminde kullanılan S4 sintilatör'ünden elde edilen sinyal.

3.2.1.1 Lif Demet Karakteristikleri

İlk testler eşdeğer sinyali sağlamak için lif demetlerinin üzerine yerleştirilir, ki bu sinyal demet içinde üretilir ve iki okuma ucuna iletilir. Işın-lif kesişiminden sonra da minik bir kalorimetre bulunmaktadır. Eğer istenilen elektron demetinin içinde piyonlar da varsa onlar bu kalorimetrenin olduğu yere kadar ulaşıp orada düş oluştururlar. Dolayısıyla piyonların kalorimetrede sinyali büyük olup, elektron ile müon sinyalleri piyona göre oldukça küçüktür. Bu yüzden piyonları elemek için sinyal 1000 fC' dan itibaren kesilir ve dağılım 1000 fC civarında 1000 kat küçülmüş olur. Bu seçim, elektron demeti

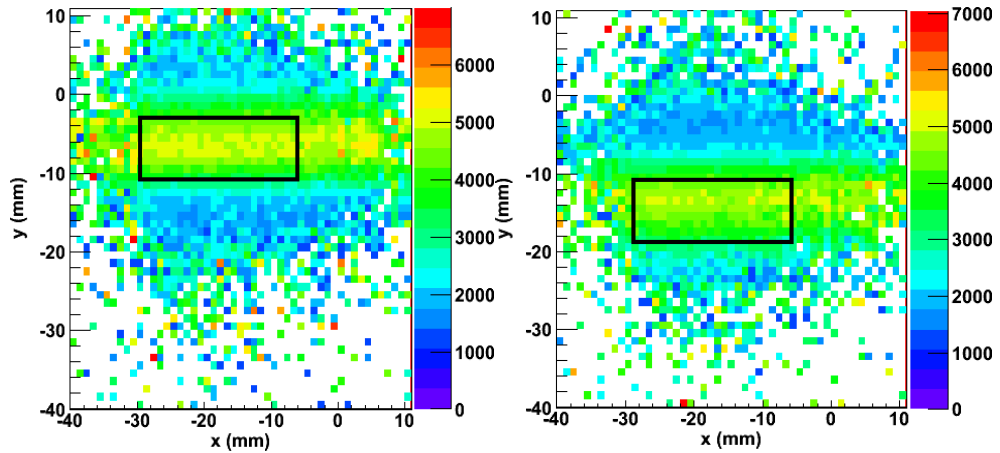
içindeki piyon kombinasyonunu %1 'den daha az hale getirir. Şekil 3.2.4 minik kalorimetreden gelen sinyali göstermektedir.



Şekil 3.2.4 Minik kalorimetreden gelen sinyal.1000 fC da bir seçim tırpanı piyonları tanımlar (>1000fC).

Sadece lifler içinde etkilenmiş elektronlar ile ilgilenildiğinden çok telli orantılı sayaç tırpanları (cutları) konulur. Ayrıca bu seçimlerin içine müonların sinyalleri de karışmış olabilir. Müon sinyali düşük olacağından onlar da sinyal>300 fC ile elenir. Bu 300 seçimini kaldırılırsa tüm PMT'lerde 0 fC civarında bir sürü olay gözlemlenir, tabi ki bu istenilen bir durum değildir [12].

Şekil 3.2.5 PMT6B için yapılan A ve B olarak etiketlenmiş iki lif ucundan toplanan yük profillerini çok telli orantılı sayaçtaki koordinatlarının bir fonksiyonu olarak göstermektedir. Dikdörtgenler demet konumları için seçili bölgeleri göstermektedir. Yük profillerinden de görüleceği gibi demet etkileşiminin sonunda iki farklı bölge vardır.



Şekil 3.2.5 Lif demetinin A ve B uçları okunduğunda PMT6B için toplanan yük profili. Dikdörtgenler demet bölgeleri için seçili bölgelerdir.

Enerjisi 80 GeV olan elektronların sayım numaralarına karşılık gelen olay sayılarını ve hangi lifte bulunduğunu Tablo 3.2.1 göstermektedir.

Tablo 3.2.1 Her 50K ve 100K olaylık sayım numaralarına karşılık elektronların hangi PMT 'de bulunduğunu ve bunlara hangi tür liflere dahil olduklarını göstermektedir.

Enerjisi	Sayım Numarası	Olay Sayısı	PMT 'ler ve Lifler
80 GeV	178634, 178635	50K	6B (lif A); 8B (lif B)
80 GeV	178638, 178639	50K	6B (lif B); 8B (lif A)
80 GeV	178640, 178641	50K	2B (lif A); 4B (lif B)
80 GeV	178643, 178647	50K	3B (lif A); 5B (lif B)
80 GeV	178651, 178653	50K	4C (lif A); 6C (lif B)
80 GeV	178657	100K	4C (lif A); 6C (lif B)
80 GeV	178664, 178665	100K	3C (lif A); 5C (lif B)
80 GeV	178668	100K	3B (lif A); 5B (lif B)
80 GeV	178674	100K	2B (lif A); 4B (lif B)
80 GeV	178676	100K	2B (lif A); 1B (lif B)

A ve B liflerinin koordinatlarını Tablo 3.2.2 göstermektedir:

Tablo 3.2.2 A ve B liflerinin Çok Telli Orantılı Sayaç'taki gözlemlenen koordinatları, yani seçim aralıklarını göstermektedir

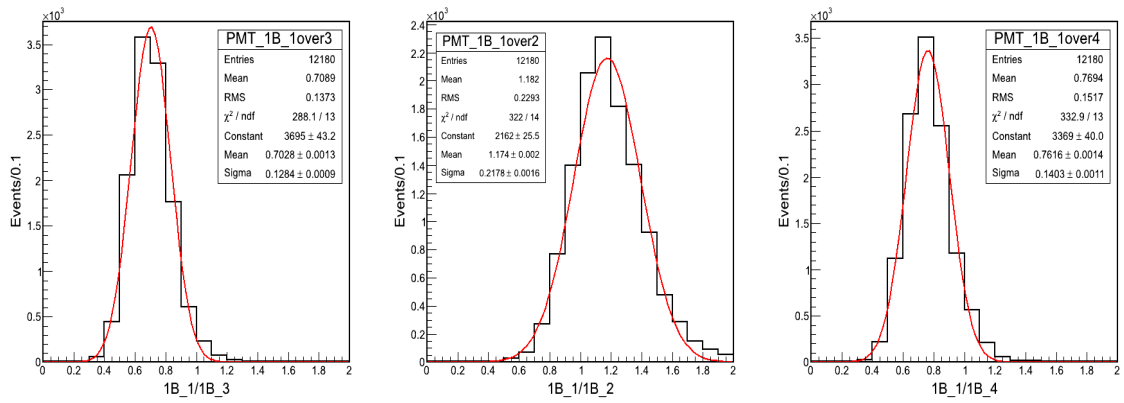
Lif A Koordinatları:	A: x:-29->-5; y:-11->-3
Lif B Koordinatları:	B: x:-29->-5; y:-19->-11

3.2.2 Analiz

Analizin ikinci kısmında PMT 'lere göre tablo 3.2.1'de verilen sayım numaralarına karşılık, o PMT nin ekte verilen koda dizideki yerleri belirterek sınırlar belirlenir. Analizin bu kısmı üç bölümde tamamlanıp tüm histogramları tek seferde elde edilmiştir.

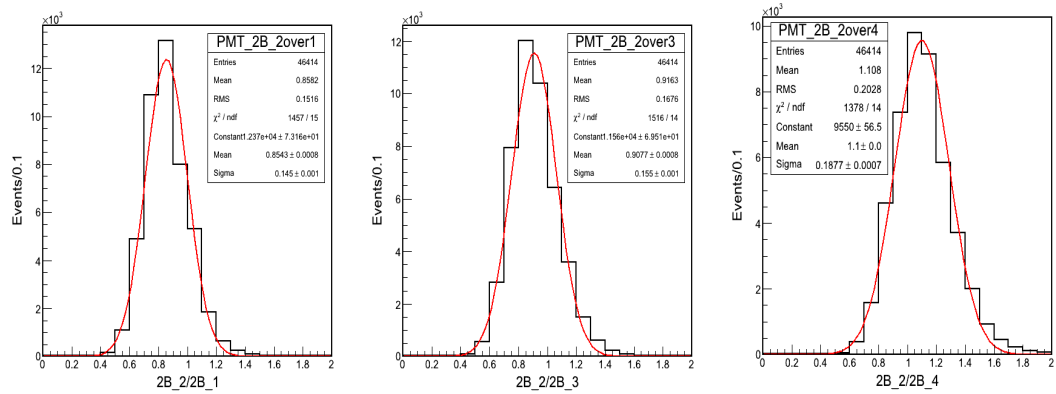
I.Bölüm :

İlk bölümde her bir PMT nin oranları elde edildi. Şekil 3.2.6 PMT1B_1'in diğer kanallarına oranlarını göstermektedir ve bu değerleri koddaki (Ekte verilmiştir.) doublecorr [48] dizisinin içine yerleştirildi.



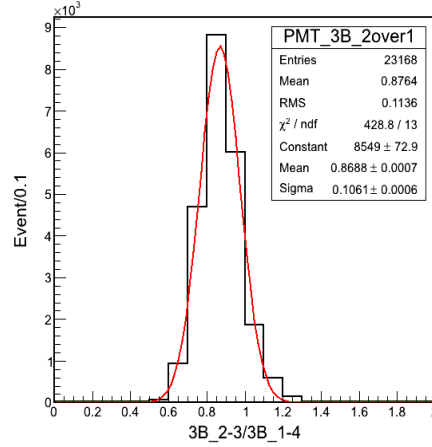
Şekil 3.2.6 PMT1B'nin Diğer Kanallarına Oranı, Gaussian ile fit edilmiştir.

PMT1B için double corr [48] dizisine yerleşimi şu şekildedir: corr[7]=1 (1B1over1), corr[8] =1.182 (1B1over2), corr[9]= 0.7089(1B1over3), corr[10]=0.7694 (1B1over4). Şekil 3.2.7 PMT2B_2'nin diğer kanallarına oranlarını göstermektedir.



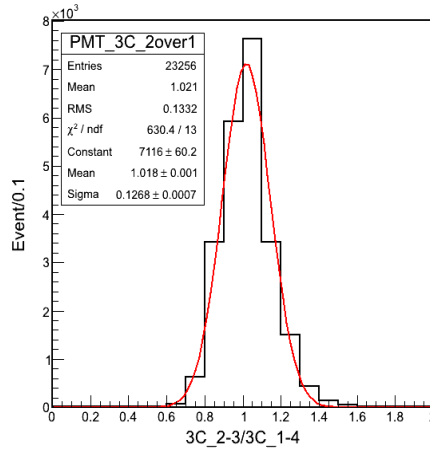
Şekil 3.2.7 PMT2B'nin Diğer Kanallarına Oranı, Gaussian ile fit edilmiştir.

PMT2B için double corr [48] dizisine yerleşimi şu şekildedir: corr[13]=1 (2B2over2), corr[15] =0.8582 (2B2over1), corr[16]= 0.9163(2B2over3), corr[14]=1.108 (2B2over4). Şekil 3.2.8 PMT3B'nin diğer kanalına oranını göstermektedir.



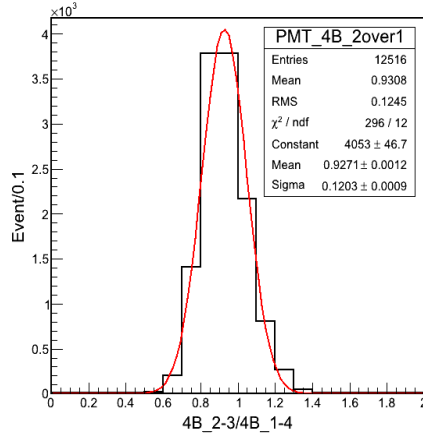
Şekil 3.2.8 PMT3B2'nin Diğer Kanalına Oranı, Gaussian ile fit edilmiştir.

PMT3B için double corr [48] dizisine yerleşimi şu şekildedir: corr[6]=1 (3B2over2), corr[11] =0.8764 (3B2over1). Şekil 3.2.9 PMT3C_2'nin diğer kanalına oranını göstermektedir.



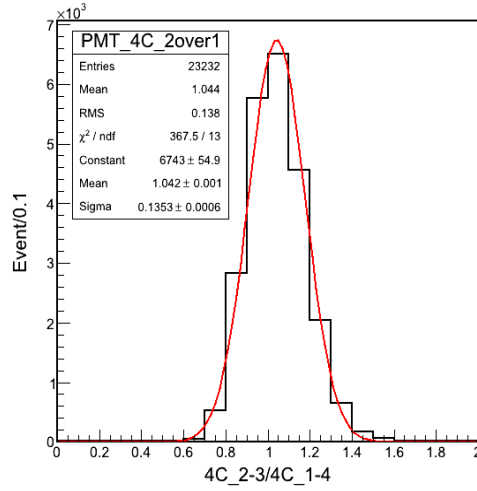
Şekil 3.2.9 PMT3C_2'nin Diğer Kanalına Oranı, Gaussian ile fit edilmiştir.

PMT3C için double corr [48] dizisine yerleşimi şu şekildedir: corr[1]=1 (3C2over2), corr[20] =1.021 (3C2over1). Şekil 3.2.10 PMT4B_2'nin diğer kanalına oranını göstermektedir.



Şekil 3.2.10 PMT4B_2'nin Diğer Kanalına Oranı, Gaussian ile fit edilmiştir.

PMT4B için double corr [48] dizisine yerleşimi şu şekildedir: corr[12]=1 (4B2over2), corr[17] =0.9308 (4B2over1). Şekil 3.2.11 PMT4C_2'nin diğer kanalına oranını göstermektedir.



Şekil 3.2.11 PMT4C_2'nin Diğer Kanalına Oranı, Gaussian ile fit edilmiştir.

PMT4C için double corr [48] dizisine yerleşimi şu şekildedir:corr[3]=1 (4C2over2), corr[4] =1.044 (4C2over1).

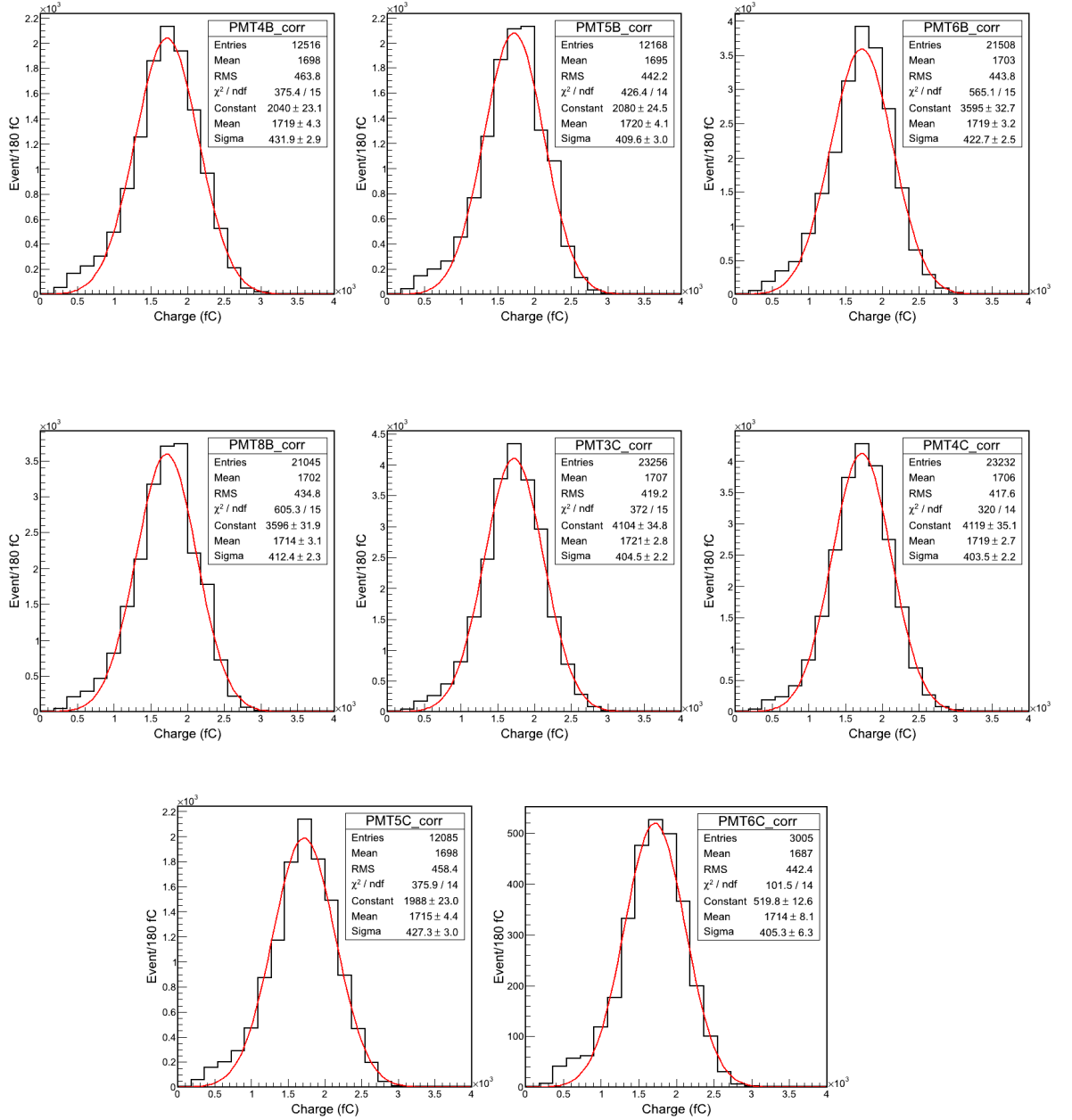
II.Bölüm :

Yukarıdaki histogramlar çizdirildikten sonra gaincorr katsayıları hesaplanıp doldurulur. Gaincorr katsayısı da tüm fitlerin ortalama değerlerini PMT2B baz alınıp 2B'nin ortalama değerine bölerek elde edilir. Elde edilen katsayılar da double gaincorr[48] dizisine yerleştirilir. Tablo 3.2.3 PMT'lerin PMT2B düzeltme ortalama değerine bölünerek elde edilen düzeltme katsayılarını ve koddaki yerlerini göstermektedir. sig2b_corr fitinin ortalaması =1718

Tablo 3.2.3 Her bir PMT'nin gaincorr hesabını ve koddaki yerlerini göstermektedir.

gaincorr hesabı yapılan PMT İsimleri	PMT2B nin ortalamasına bölümü	Düzeltilme Katsayısı	Kodda double gaincorr Dizisindeki Yerleri
sig1bgaincorr	1622 / 1718	0.944	7,8,9,10. dizideler
sig3bgaincorr	1499 / 1718	0.872	6,11. dizideler
sig4bgaincorr	1803 / 1718	1.049	12,17. dizideler
sig3cgaincorr	1529 / 1718	0.889	1,20. dizideler
sig4cgaincorr	1629 / 1718	0.948	3,4. dizideler
sig5bgaincorr	1979 / 1718	1.152	2. dizide
sig5cgaincorr	1488 / 1718	0.866	0. dizide
sig6bgaincorr	2024 / 1718	1.178	19. dizide
sig6cgaincorr	1857 / 1718	1.081	5. dizide
sig8bgaincorr	1782 / 1718	1.037	20. dizide

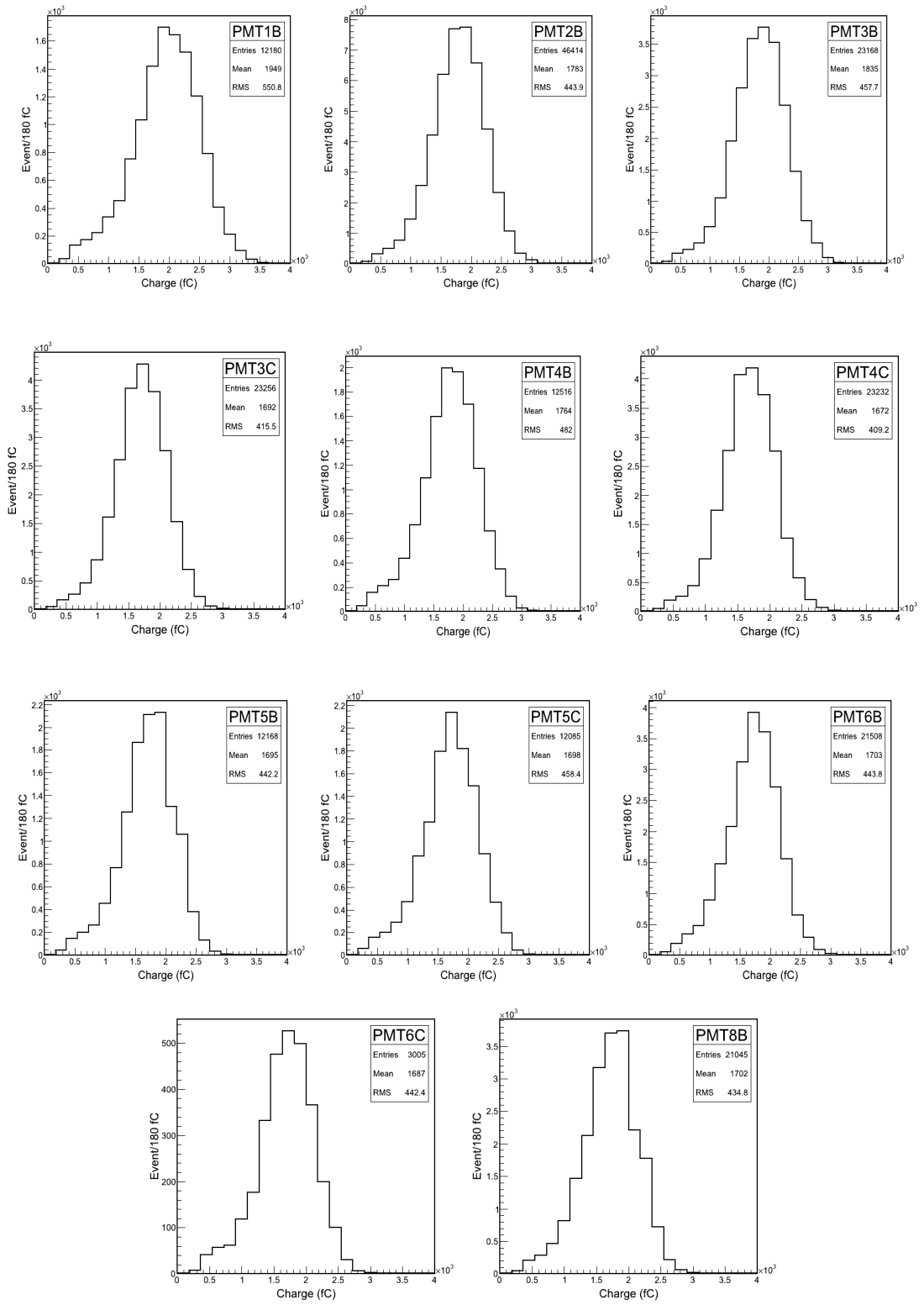
Bu yukarıda ki değerleri dizide yerleştirdikten sonra her bir PMT'nin (2B hariç) düzeltme histogramları Şekil 3.2.12'de gösterilmiştir:



Şekil 3.2.12 Tüm PMT 'lerin düzeltme histogramları, Gaussian ile fit edilmiştir.

III. Bölüm :

Bir önceki bölümde elde edilen değerleri yerleştirdikten sonra yani tüm düzeltmeler yapıldıktan sonra kod tekrar çalıştırılarak tüm PMT'lerden elde edilen sinyaller bulunur. Bu Sinyaller Şekil 3.2.13' te gösterilmiştir.



Şekil 3.2.13 Tüm PMT' lerin ortalama değerleri.

4. SONUÇ ve TARTIŞMA

Şu anda dedektörlerde hala kullanılan foto çoğaltıcılar tek anodlu standart foto çoğaltıcı olup ön yüzlerindeki camların kalınlığından dolayı cama doğrudan çarpan parçacıklar camda Çerenkov ışını oluşmasına neden olmaktadır ve böylece gerçek ölçülecek sinyallerle karışmaktadır. 2011 Temmuz ve Ekim sınama demetinde kullanılan yeni tip foto çoğaltıcıların ön camları daha incedir ve bu yeni foto çoğaltıcıların camlarında çok kanallı foto çoğaltıcılar sayesinde istenilmeyen Çerenkov sinyali bulunabilmektedir. Bu şekilde elektronik gürültü tespit edilip yok edilmektedir. Ayrıca bu foto çoğaltıcılardan alınan dataları okumak için kurulan yeni elektronik sistem de test edilmiştir.

Toplamda 11 tane 4 anodlu foto çoğaltıcı kullanılmış olup, bunlardan 5 tanesi tek kanaldan, 4 tanesi 2 kanaldan ve 2 tanesi de 4 kanaldan sinyalleri okumak üzere deney düzeneği test edilmiştir. Alınan datalar analiz edilerek 2013 HF foto çoğaltıcı yenilenmesi için en verimlisinin seçimi üzerine çalışmalar yapılmıştır. Ön camların olay etiketlemesi ve sinyal kurtarması için çeşitli algoritmalar iki kanallı ve dört kanallı foto çoğaltıcılar için okuma durumları geliştirilmiştir. Ortalama olarak dört kanallı foto çoğaltıcının algoritması %98 ve iki kanallı foto çoğaltıcının algoritması %92 verimlidir.

Yeni deney düzeneğinin genel performansı sağlam ve güvenilirdir. Sınama demetinin test dönemlerinde readout kutusunun üzerinde yapılan tüm elektronik, mekanik ve fizik testleri başarılı olmuştur. Readout kutusu gösterge seçeneklerini genişletmek için istenen verimlilik özellikleri ve esneklik ile yenileme döneminde HF işlemlerini sağlayan yeteneğine sahiptir.

KAYNAKÇA

[1] <http://www.fnal.gov>

[2] <http://public.web.cern.ch/public/en/lhc/Facts-en.html>

[3] <http://public.web.cern.ch/public/en/LHC/WhyLHC-en.html>

[4] <http://public.web.cern.ch/news/cms-experiment-cerns-lhc>

[5] CMS Physics: Technical Design Report. CMS Collaboration (G.L. Bayatian (Yerevan Phys. Inst) et al). 2006. 521 pp. CERN-LHCC-2006-001, CMS-TDR-008-1

[6] Akgun, Ugur. "CMS HF calorimeter PMTS and Ξ +C lifetime measurement." dissertation, University of Iowa, 2003. <http://ir.uiowa.edu/etd/122>.

[7] Elgammal, Sherif. "Detection of high energy electrons in the CMS detector at the LHC", dissertation, Universite Libre de Bruxelles, 2009.

[8] Hamamatsu Photonics K.K. "Hamamatsu Photomultiplier Tubes, Basics and Applications",2006.

http://sales.hamamatsu.com/assets/applications/ETD/pmt_handbook_complete.pdf

[9] http://sales.hamamatsu.com/assets/pdf/catsandguides/UBA_SBA_TPMH1305E06

[10] http://jp.hamamatsu.com/resources/products/etd/pdf/R7600U-M4_TPMH138E02

[11] Burak BİLİKİ on be half of CMS Collaboration, "Study of various photomultiplier tubes with muon beams and Cherenkov light produced in electron showers", CERN-CMS-NOTE-2010-003.

[12] Burak BİLİKİ on be half of CMS Collaboration, "Tests of CMS Hadron Forward Calorimeter Upgrade Readout Box Prototype", CERN-CMS-NOTE-2012-001.

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Sevgi TEKTEN

Doğum Yeri : Giresun /ALUCRA

Doğum Tarihi : 27.04.1984

Medeni Hali :Bekar

Yabancı Dili :Almanca, İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Şehit Temel Cingöz Lisesi (Adana Baraj Lisesi)

Lisans : Hacettepe Üniversitesi

Yüksek Lisans: Kafkas Üniversitesi

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl: Kafkas Üniversitesi Fen Fen-Edebiyat Fakültesi
Fizik Bölümü 2008-

Ek: Çalışma Kodu

```
#include <stdio.h>
#include <string>
#include <iostream>
#include <vector>
#include <stdlib.h>
#include <fstream>
#include "TRandom3.h"
#include "TH1F.h"
#include "TH2F.h"
#include "TF1.h"
#include "TCanvas.h"
#include "TFile.h"
#include "TTree.h"
#include "TMath.h"
#include "TStyle.h"
using namespace std;
const unsigned int MAXHIT = 10;
static const float adc2fC[128]={-
0.5,0.5,1.5,2.5,3.5,4.5,5.5,6.5,7.5,8.5,9.5, 10.5,11.5,12.5,
13.5,15.,17.,19.,21.,23.,25.,27.,29.5,32.5,35.5,38.5,42.,46.,50.,54.5,
59.5,64.5,59.5,64.5,69.5,74.5,79.5,84.5,89.5,94.5,99.5,104.5,109.5,114
.5,119.5,124.5,129.5,137.,147.,157.,167.,177.,187.,197.,209.5,224.5,23
9.5,254.5,272.,292.,312.,334.5,359.5,384.5,359.5,384.5,409.5,434.5,459
.5,484.5,509.5,534.5,559.5,584.5,609.5,634.5,659.5,684.5,709.5,747.,79
7.,847.,897.,947.,997.,1047.,1109.5,1184.5,1259.5,1334.5,1422.,1522.,1
622.,1734.5,1859.5,1984.5,1859.5,1984.5,2109.5,2234.5,2359.5,2484.5,26
09.5,2734.5,2859.5,2984.5,3109.5,3234.5,3359.5,3484.5,3609.5,3797.,404
7.,4297.,4547.,4797.,5047.,5297.,5609.5,5984.5,6359.5,6734.5,7172.,767
2.,8172.,8734.5,9359.5,9984.5};

typedef struct TBData
{double CH[48][20];int ADC[48][20]; }TBData;
typedef struct RunData{int run;
int event;int beamTrigger;int fakeTrigger;
double triggerTime; double ttcllaTime;
}RunData;
typedef struct WChambers{int WCDxsize;int WCDysize; int WCEysize; int
WCEysize;double WCDx;double WCDy; double WCEx; double WCEy;
int RunNo=-1;int
RUNS[17]={178634,178635,178638,178639,178640,178641,178643,178647,1786
51,178653,178657,178664,178665,178668,178674,178676,178678};

string channelnames[48]={"5C","3C_2-3","5B","4C_2-3","4C_1-
4","6C","3B_2-3","1B_1","1B_2","1B_3","1B_4","3B_1-4","4B_2-
3","2B_2","2B_4","2B_1","2B_3","4B_1-4","8B","6B","3C_1-
4","A","B","C","D","E","F","G","H","I","EMCAL_1","","EMCAL_2","EMCAL_3
","","EMCAL_4","","","","","","","EMCAL","1B","2B","3B","4B","3C","4C"};

int plotOK[48]={1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,0,0,0,0,0,0,0
,0,0,1,0,1,1,0,1,0,0,0,0,0,1,1,1,1,1,1,1};
double gains[48]={1.66e5,1.59e5,2.43e5,1.58e5,1.58e5,1.38e5,2.24e5,1.97
e5,1.97e5,1.97e5,1.97e5,2.24e5,1.86e5,1.88e5,1.88e5,1.88e5,1.86
e5,2.53e5,2.24e5,1.59e5,1.,1.,1.,1.,1.,1.,1.,1.,1.,1.e5,1.,1.e5,1.e5,1
.,1.e5,1.,1.,1.,1.,1.,1.,1.97e5,1.88e5,2.24e5,1.86e5,1.59e5,1.58e5};
```



```

for(int evNo=0;evNo<bc->GetEntries();evNo++)
    {bc_ia->GetEntry(evNo);
bc_rd->GetEntry(evNo);
bc_wc->GetEntry(evNo);
if(evNo%1000000==0) cout<<evNo<<"/"<<bc->GetEntries()<<endl;
WCE->Fill(wc.WCEx,wc.WCEy);

double SIG[48]={0.};double PE[48]={0.};double
PEp[48][10]={0.};double ADC[48][10]={0.};double
Charge[48][10]={0.};
for(int i1=0;i1<48;i1++)
    {if(plotOK[i1]==0 || i1>40) continue;
int indmax[2]={0};
for(int i2=0;i2<10;i2++)
    {ADC[i1][i2]=((double)tb.ADC[i1][i2]);
Charge[i1][i2]=tb.CH[i1][i2];
if(ADC[i1][i2]>ADC[i1][indmax[0]]){indmax[0]=i2;}}
if(indmax[0]<=2 || indmax[0]>=7) continue;
if(ADC[i1][indmax[0]-1]>ADC[i1][indmax[0]+1]) indmax[1]=indmax[0]-1;
else indmax[1]=indmax[0]+1;
double bkg=(tb.CH[i1][0]+tb.CH[i1][1])/2.;
double sig=tb.CH[i1][indmax[0]]+tb.CH[i1][indmax[1]]-2.*bkg;
SIG[i1]=sig;SIG[i1]=sig*1e5/(gains[i1]*gaincorr[i1]);
if(SIG[i1]<0.) SIG[i1]=0.;
double EMCAL=SIG[30]+SIG[32]+SIG[33]+SIG[35];
emCAL->Fill(EMCAL);

if(!(sc.S4Adc<650&& EMCAL<1000)) continue;

if(((RunNo==178676 || RunNo==178678)&& (wc.WCEx>=-29&& wc.WCEx<=-
5)&&(wc.WCEy>=-19&& wc.WCEy<=-11))&& SIG[7]>0&& SIG[8]>0&& SIG[9]>0&&
SIG[10]>0&& (SIG[7]+SIG[8]+SIG[9]+SIG[10])>300)
{ h1B2_ratio->Fill(SIG[7]/SIG[8]);
h1B3_ratio->Fill(SIG[7]/SIG[9]);h1B4_ratio->Fill(SIG[7]/SIG[10]);
sig1b->Fill(SIG[7]+SIG[8]+SIG[9]+SIG[10]);
sig1b_corr->Fill
(corr[7]*SIG[7]+corr[8]*SIG[8]+corr[9]*SIG[9]+corr[10]*SIG[10]); }
if((RunNo==178640 || RunNo==178641 || RunNo==178674 || RunNo==178676 ||
RunNo==178678) && (wc.WCEx>=-29&& wc.WCEx<=-5)&&(wc.WCEy>=-11&&
wc.WCEy<=-3) && SIG[13]>0&& SIG[14]>0&& SIG[15]>0&& SIG[16]>0&&
(SIG[13]+SIG[14]+SIG[15]+SIG[16])>300)
{h2B1_ratio->Fill(SIG[13]/SIG[15]);
h2B3_ratio->Fill(SIG[13]/SIG[16]);
h2B4_ratio->Fill(SIG[13]/SIG[14]);
sig2b->Fill(SIG[13]+SIG[14]+SIG[15]+SIG[16]);
sig2b_corr-> Fill(corr[13]*SIG[13]+corr[14]*SIG[14]+corr[15]*SIG[15]+
corr[16]*SIG[16]); }

if((RunNo==178643 || RunNo==178647 || RunNo==178668 )&&(wc.WCEx>=-29&&
wc.WCEx<=-5)&&(wc.WCEy>=-11&& wc.WCEy<=-3) && SIG[6]>0&& SIG[11]>0&&
(SIG[6]+SIG[11])>300)
{ h3B_ratio->Fill(SIG[6]/SIG[11]);
sig3b->Fill(SIG[6]+SIG[11]);
sig3b_corr->Fill(corr[6]*SIG[6]+corr[11]*SIG[11]);}

if(((RunNo==178640 || RunNo==178641 || RunNo==178674)&&(wc.WCEx>=-29&&
wc.WCEx<=-5)&&(wc.WCEy>=-19&& wc.WCEy<=-11)&& SIG[12]>0&& SIG[17]>0&&

```

```

(SIG[12]+SIG[17])>300)
    {h4B_ratio->Fill(SIG[12]/SIG[17]);
sig4b->Fill(SIG[12]+SIG[17]);
sig4b_corr->Fill(corr[12]*SIG[12]+corr[17]*SIG[17]);}

if((RunNo==178643 || RunNo==178647 || RunNo==178668 )&&(wc.WCEX>=-29&&
wc.WCEX<=-5)&&(wc.WCEy>=-19&& wc.WCEy<=-11)&& SIG[2]>300)
    {sig5b->Fill(SIG[2]);sig5b_corr-> Fill(corr[2]*SIG[2]);}

if((RunNo==178664 || RunNo==178665)&&(wc.WCEX>=-29&& wc.WCEX<=-
5)&&(wc.WCEy>=-11&& wc.WCEy<=-3)&& SIG[20]>0&& SIG[1]>0&&
(SIG[1]+SIG[20])>300)
    { h3C_ratio->Fill(SIG[1]/SIG[20]);
sig3c->Fill(SIG[1]+SIG[20]);
sig3c_corr->Fill(corr[1]*SIG[1]+corr[20]*SIG[20]);}

if((RunNo==178651 || RunNo==178653 ||RunNo==178657 )&&(wc.WCEX>=-29&&
wc.WCEX<=-5)&&(wc.WCEy>=-11&& wc.WCEy<=-3)&& SIG[3]>0&& SIG[4]>0&&
(SIG[3]+SIG[4])>300)
    { h4C_ratio->Fill(SIG[3]/SIG[4]);
sig4c->Fill(SIG[3]+SIG[4]);
sig4c_corr->Fill(corr[3]*SIG[3]+corr[4]*SIG[4]);}

if((RunNo==178664 || RunNo==178665)&&(wc.WCEX>=-29&& wc.WCEX<=-
5)&&(wc.WCEy>=-19&& wc.WCEy<=-11)&& SIG[0]>300)
    {sig5c->Fill(SIG[0]);sig5c_corr-> Fill(corr[0]*SIG[0]);}

if((RunNo==178651 || RunNo==17853 || RunNo==17857)&&(wc.WCEX>=-29&&
wc.WCEX<=-5)&&(wc.WCEy>=-19&& wc.WCEy<=-11)&& SIG[5]>300)
{sig6c->Fill(SIG[5]);sig6c_corr-> Fill(corr[5]*SIG[5]);}

if((((RunNo==178634 || RunNo==178635)&&(wc.WCEX>=-29&& wc.WCEX<=-
5)&&(wc.WCEy>=-11&& wc.WCEy<=-3))||((RunNo==178638 ||
RunNo==178639)&&(wc.WCEX>=-29&& wc.WCEX<=-5) && (wc.WCEy>=-19&&
wc.WCEy<=-11))) && SIG[19]>300)
    {sig6b->Fill(SIG[19]);
sig6b_corr-> Fill(corr[19]*SIG[19]);}

if((((RunNo==178634 || RunNo==178635)&&(wc.WCEX>=-29&& wc.WCEX<=-
5)&&(wc.WCEy>=-19&& wc.WCEy<=-11))||((RunNo==178638 ||
RunNo==178639)&&(wc.WCEX>=-29&& wc.WCEX<=-5)&&(wc.WCEy>=-11&&
wc.WCEy<=-3))) && SIG[18]>300)
    {sig8b->Fill(SIG[18]);
sig8b_corr-> Fill(corr[18]*SIG[18]);}
f->Close();}
h1B2_ratio->Fit(gfit,"RQ"); h1B3_ratio->Fit(gfit,"RQ");
h1B4_ratio->Fit(gfit,"RQ"); h2B1_ratio->Fit(gfit,"RQ");
h2B3_ratio->Fit(gfit,"RQ"); h2B4_ratio->Fit(gfit,"RQ");
h3B_ratio->Fit(gfit,"RQ"); h4B_ratio->Fit(gfit,"RQ");
h3C_ratio->Fit(gfit,"RQ"); h4C_ratio->Fit(gfit,"RQ");
sig1b_corr->Fit(gfit2,"RQ");sig2b_corr->Fit(gfit2,"RQ");
sig3b_corr->Fit(gfit2,"RQ");sig4b_corr->Fit(gfit2,"RQ");
sig3c_corr->Fit(gfit2,"RQ");sig4c_corr->Fit(gfit2,"RQ");

ff->Write();
ff->Close();}

```