



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

$^{130}\text{Te}(^{11}\text{B}, 5n)^{136}\text{La}$ REAKSİYONUNUN İNCELENMESİ

**Pınar CAN
Fizik Anabilim Dalı
Genel Fizik Programı**

**Danışman
Prof.Dr. Baki AKKUŞ**

Mayıs, 2004

İSTANBUL



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

$^{130}\text{Te}(^{11}\text{B}, 5n)^{136}\text{La}$ REAKSİYONUNUN İNCELENMESİ

**Pınar CAN
Fizik Anabilim Dalı
Genel Fizik Programı**

**Danışman
Prof.Dr. Baki AKKUŞ**

Mayıs, 2004

İSTANBUL

ÖNSÖZ

Nükleer Fizik alanında çalışmama fırsat veren, kendimi bu alanda geliştirme olanağını sağlayan ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen sayın danışman hocam Prof. Dr. Baki AKKUŞ'a çok teşekkür ederim.

Veri analizleri esnasındaki yardımları ve sorduğum yüzlerce soruyu bıkmadan yanıtladığı için sevgili hocam Prof. Dr. M. Nizamettin ERDURAN'a teşekkür ederim.

Tezimi hazırlamamdaki yardımları ve candan arkadaşlığı için sevgili arkadaşım Araş. Gör. Ela GANİOĞLU'na çok teşekkür ederim.

Araş. Gör. Yeşim ÖKTEM, Araş. Gör. Lidya AMON, Araş.Gör. Elif İNCE, Araş.Gör. Burcu Çakırlı'ya çalışmalarımda verdikleri destek ve yardımseverlikleri için teşekkür ederim.

Sevgili Sinemhan BAL, İmsel AÇAN, İffet ÖZGÜR, Melek ULUTÜRK'e arkadaşlıkları için teşekkür ederim.

Sevgili arkadaşım Levent KILIÇ'a her zaman yanımda olduğu ve sonsuz dostluğu için teşekkür ederim.

Emeklerinin karşılığını asla ödeyemeyeceğim canım annem Münevver CAN'a, yaşam sevincim, biricik kardeşim Gözde Irmak CAN'a, babam Mustafa CAN'a sonsuz teşekkür ederim. Bu tez sevgili kardeşim Irmak'a ithaf edilmiştir.

Mayıs, 2004

Pınar CAN

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİL LİSTESİ	iv
TABLO LİSTESİ	vi
ÖZET	vii
SUMMARY	viii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL KISIMLAR	3
2.1. Deneysel Metod	3
2.2. Hüzme	4
2.3. Hedef	4
2.4. Füzyon Buharlaşma Reaksiyonu	5
2.5. Füzyon Buharlaşma Reaksiyonu Sonucu Öngörülen Esas Reaksiyon Kanallarının ve Diğer Kanalların İncelenmesi	7
2.6. Füzyon Buharlaşma Reaksiyonu ve Uyarılma Fonksiyonu	7
3. MALZEME VE YÖNTEM	9
3.1. Dedektör Sistemi	9
3.1.1. Çok Dedektörlü Sistemler	9
3.1.2. AFRODITE Dedektör Topluluğu	9
3.1.3. LEP Dedektörleri	11
3.1.4. CLOVER Dedektörleri	12
3.1.5. Spektrometrenin Elektronik ve Veri Toplama Sistemi	13
4. BULGULAR	14
4.1. Enerji Kalibrasyonu	14
4.2. Kazanç Uyuşturulması	38
4.3. Dedeksiyon Verimi	40

4.4. Koinsidans Matrislerin Oluşturulması	42
4.5. ESCL8R Programı	43
5. TARTISMA VE SONUÇ	47
KAYNAKLAR	48
ÖZGEÇMİŞ	49

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 2.1	: NAC'ın planı ve siklotronun görünümü.....	3
Şekil 2.2	: (a) Önceden kullanılan çoklu çerçevesel hedef tutucu (b) Hidrolik pozisyon ayarlayıcı ve otomatik olarak yönetilen çoklu çerçevesel hedef tutucu.....	4
Şekil 2.3	: Ağır iyon buharlaşma reaksiyonunda bileşik çekirdeğin bozunumunun şematik gösterimi.....	5
Şekil 2.4	: Ağır iyon füzyon buharlaşma reaksiyonunda oluşan bileşik çekirdeğin temel seviyeye bozunmasında uyarılma enerjisinin açılma momentumla değişimi.....	6
Şekil 2.5	: ^{11}B iyon demeti ile bombardıman sonucu oluşturulan $^{130}\text{Te}(^{11}\text{B},\text{xn})$ füzyon buharlaşma reaksiyonunda açığa çıkabilecek olan La izotoplarının, değişik hız enerji ile, tepkime kesitlerinin değişimi.....	8
Şekil 3.1	: AFRODITE spektrometresinin genel görünümü	10
Şekil 3.2	: Deney sırasında geçerli olan dedektör konfigürasyonu	11
Şekil 3.3	: Sıcaklığı 77°K 'e düşürebilmek için dedektörler ile termal bağlantı halinde bulunan LN_2 (sıvı Azot) dewar kabı ve etraftaki hava ile kristal arasındaki ısı alış-verişini engelleyen vakum kriyostatın gösterildiği CLOVER dedektörü.....	12
Şekil 3.4	: Deney Düzeneginin Elektroniği	13
Şekil 4.1	: CLOV-1 dedektörüne ait kalibrasyon sonucu elde edilen enerjiler ile referans enerjiler arasındaki farkın, referans enerjiler ile değişimi	17
Şekil 4.2	: CLOV-2 dedektörüne ait kalibrasyon sonucu elde edilen enerjiler ile referans enerjiler arasındaki farkın, referans enerjiler ile değişimi	18
Şekil 4.3	: CLOV-3 dedektörüne ait kalibrasyon sonucu elde edilen enerjiler ile referans enerjiler arasındaki farkın, referans enerjiler ile değişimi	19
Şekil 4.4	: CLOV-4 dedektörüne ait kalibrasyon sonucu elde edilen enerjiler ile referans enerjiler arasındaki farkın, referans enerjiler ile değişimi	20

Şekil 4.5	: CLOV-5 dedektörüne ait kalibrasyon sonucu elde edilen enerjiler ile referans enerjiler arasındaki farkın, referans enerjiler ile değişimi 21
Şekil 4.6	: CLOV-6 dedektörüne ait kalibrasyon sonucu elde edilen enerjiler ile referans enerjiler arasındaki farkın, referans enerjiler ile değişimi 22
Şekil 4.7	: CLOV-72, CLOV-81, CLOV-82 CLOV-83 kristallerinin bozuk olmasından dolayı, enerji kalibrasyonu yapılan CLOV-71, CLOV-73, CLOV-74, CLOV-84 kristallerine ait kalibrasyon sonucu elde edilen enerjiler ile referans enerjiler arasındaki farkın, referans enerjiler ile değişimi..... 23
Şekil 4.8	: LEP-1 dedektörüne ait kalibrasyon sonucu elde edilen enerjiler ile referans enerjiler arasındaki farkın, referans enerjiler ile değişimi 24
Şekil 4.9	: LEP -2 dedektörüne ait kalibrasyon sonucu elde edilen enerjiler ile referans enerjiler arasındaki farkın, referans enerjiler ile değişimi 25
Şekil 4.10	: LEP -3 dedektörüne ait kalibrasyon sonucu elde edilen enerjiler ile referans enerjiler arasındaki farkın, referans enerjiler ile değişimi 26
Şekil 4.11	: LEP -4 dedektörüne ait kalibrasyon sonucu elde edilen enerjiler ile referans enerjiler arasındaki farkın, referans enerjiler ile değişimi 27
Şekil 4.12	: LEP -5 dedektörüne ait kalibrasyon sonucu elde edilen enerjiler ile referans enerjiler arasındaki farkın, referans enerjiler ile değişimi 28
Şekil 4.13	: LEP -6 dedektörüne ait kalibrasyon sonucu elde edilen enerjiler ile referans enerjiler arasındaki farkın, referans enerjiler ile değişimi 29
Şekil 4.14	: LEP -7 dedektörüne ait kalibrasyon sonucu elde edilen enerjiler ile referans enerjiler arasındaki farkın, referans enerjiler ile değişimi 30
Şekil 4.15	: CLOV-1 dedektörüne ait pikin yarı yükseklikteki tam genişliğinin, enerji ile değişimi..... 31
Şekil 4.16	: CLOV-2 dedektörüne ait pikin yarı yükseklikteki tam genişliğinin, enerji ile değişimi..... 32
Şekil 4.17	: CLOV-3 dedektörüne ait pikin yarı yükseklikteki tam genişliğinin, enerji ile değişimi..... 33
Şekil 4.18	: CLOV-4 dedektörüne ait pikin yarı yükseklikteki tam genişliğinin, enerji ile değişimi..... 34
Şekil 4.19	: CLOV-5 dedektörüne ait pikin yarı yükseklikteki tam genişliğinin, enerji ile değişimi..... 35

Şekil 4.20	: CLOV-6 dedektörüne ait pikin yarı yükseklikteki tam genişliğinin, enerji ile değişimi.....	36
Şekil 4.21	: CLOV-72, CLOV-81, CLOV-82 CLOV-83 kristallerinin bozuk olmasından dolayı, enerji kalibrasyonu yapılan CLOV-71, CLOV-73, CLOV-74, CLOV-84 kristallerine ait pikin yarı yükseklikteki tam genişliğinin, enerji ile değişimi.....	37
Şekil 4.22	: ¹³³ Ba ve ¹⁵² Eu kaynaklarının CLOV 1.1 ve CLOV 1.2 kristallerinden alınan spektrumun kazanç uyuşturulmasından önce (üstte) ve sonraki (altta) görünümü.....	39
Şekil 4.23	: Analiz sonucunda elde edilen verim eğrisi	41
Şekil 4.24	: CLOV x CLOV matrisi ile üretilen toplam izdüşüm spektrumu	43
Şekil 4.25	: Tüm kristallere ait ortalama FWHM değerlerinin kanal numarası ile değişimi.....	45
Şekil 4.26	: 280 keV'e gate konulduğunda ¹³⁶ La spektrumunda görülen enerji çizgileri.....	46

TABLO LİSTESİ

Tablo 2.1	: ^{133}Ba 'ya ait kullanılan foton çizgileri ve şiddetleri	15
Tablo 2.2	: ^{152}Eu 'a ait kullanılan foton çizgileri ve şiddetleri	16

ÖZET

$^{130}\text{Te}(^{11}\text{B}, 5n)^{136}\text{La}$ REAKSİYONUNUN İNCELENMESİ

Bu çalışmaya konu olan deney, Güney Afrika (Cape Town) iThemba LABS'da (Laboratory for Accelerator Based Science) gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, $^{130}\text{Te}(^{11}\text{B}, 5n)^{136}\text{La}$ reaksiyonu ile oluşturulan ^{136}La çekirdeği incelenmiştir. Deneylerde Au üzerine kaplanmış 1 mg/cm^2 kalınlığında ^{130}Te hedef kullanılmıştır.

Diğer yan kanallardan katkıları en aza indirmek ve yüksek spin düzeylerinde ^{136}La çekirdeği üretimini sağlamak amacıyla ^{11}B iyon enerjileri olarak 55 ve 60 MeV seçilmiştir. Deney sırasında manyetik teyplere depolanan datanın çözümlenmesi, derlenmesi ve sınıflandırılması bu çalışma kapsamında gerçekleştirilmiştir. AFRODITE spektrometresinin karakteristikleri belirlenmiş ve elde edilen dedektör kazanç parametreleri yardımıyla tüm sistemin kazanç uyandırılması yapılmıştır. ^{136}La enerji düzey şemasının kurulması için gereken gama-gama simetrik koinsidans matrisleri oluşturulmuş, yan kanalların ve diğer kirlenici reaksiyon katkıları belirlenmiştir. ^{136}La temel düzey geçişi olan 280 keV ile kaplanmış spektrumda diğer geçişlere ait gama enerjileri RADWARE Analiz Programları kullanılarak tanımlanmıştır.

SUMMARY

STUDY OF $^{130}\text{Te}(^{11}\text{B}, 5n)^{136}\text{La}$ REACTION

The experimental part of this study was done at iThemba LABS (Laboratory for Accelerator Based Science) in South Africa (Cape Town). In this work ^{136}La nucleus was populated by the $^{130}\text{Te}(^{11}\text{B}, 5n)^{136}\text{La}$ reaction bombarding the ^{130}Te target of 1 mg/cm^2 thickness with ^{11}B ion-beam of 55 and 60 MeV energy. The main purpose of this ion-beam energy selection are to reduce the side channel contributions and to provide ^{136}La nucleus formation in high energy states.

Data were collected and recorded on magnetic tapes event by event during the experiment. In this study, data manipulation and sorting process were performed. The characteristics of AFRODITE spectrometer was determined and the gain matching process of all system was done. The gamma-gamma coincidence matrix was created to construct the level scheme of ^{136}La . The contributions of side channel and the other factors were determined. RADWARE analyse programme was used to search for the transitions on the spectrum gated on 280 keV ground state transition.

1. GİRİŞ

Chiral rotasyonu olarak bilinen rotasyonel mod $A=130$ kütleli çekirdeklerde [1] ve $A=180$ kütleli bölgede gözlenmektedir. Chiral rotasyonunun, valans nötron ve protonun yüksek- j intruder orbitalinin başında veya sonunda olduğu, üç eksenli çiftli-tek (triaxial doubly-odd) çekirdekte olduğu düşünülür [2,3]. Valans parçacıkların ve korun açısız momentum vektörleri birbirine diktir ve herbiri referans sistemi oluştururlar. Toplam açısız momentum, çekirdeğin esas düzlemleri dışında yer alır. Nükleer spinin ters doğrultusundan baktığımızda koordinat sistemi ne sağ taraflı (right-handed) ne de sol taraflı (left-handed) ve ne de basit rotasyon vasıtasıyla birbirine dönüştürülemez. Bunun yerine, sistemin chiral durumu değiştirmek için ters zaman operasyonu (time reversal operation) yapılması ve ana eksenlerden birinin 180° döndürülmesi gerekir. Chiral simetrisi sabit cisim koordinat sisteminde (body-fixed frame) kırılır ve geri gelmesi enerji çiftlenimi sonucunu verir. İdeal durumda, eş konfigürasyonlu iki dejenere bant ve herhangi bir etkileşim gözlenmeyecektir.

Starosta ve ekibi [1] $A=130$ kütleli bölgede ve $N=75$ 'in izotonlarında (^{130}Cs , ^{132}La , ^{134}Pr , ^{136}Pm ve ^{138}Eu) chiral çift bantlarının serileri için son zamanların ilk mümkün kanıtını yayınlamıştır. ^{134}Pr 'deki bant Petrache ve ekibi [4] tarafından kanıtlanmıştır. Bu bantlar $\pi h_{11/2} \nu h_{11/2}$ konfigürasyonuna sahiptir. $^{134}\text{La}_{77}$ 'deki chiral çiftini deneysel olarak kanıtlamıştır. Gammasphere spektrometresi ile yapılan bir çalışma sonucu ^{136}Pm 'deki chiral çifti hakkında ayrıntılı spektroskopik bilgi elde edilmiştir. ^{130}La içerisindeki bu uyarılmayı araştırmak için bir deney yapılmış fakat hiçbir deneysel kanıt bulunamamıştır. Bu bakımdan bu tez çalışmasına konu olan $^{136}\text{La}_{79}$ çekirdeğinin incelendiği deney, proje sözcüsü ve grubu tarafından Güney Afrika Cumhuriyeti (Cape Town) Ulusal Hızlandırıcı Merkezine (NAC) proje olarak önerilmiştir. Bu çalışma sonucunda, nükleer kart üzerinde chiral çekirdeklerin oluşturduğu, chiral adası (chiral island) haritası yapılabilir.

Üç eksenli deformasyonun kararlılığı, chiral simetrisinin kırılması için kritik bir şarttır. TRS (Total Routhian Surface) hesaplamaları ^{136}La 'ın gama-soft çekirdeği olduğunu gösterir. TAC (Tilted Axis Cranking) hesaplamaları yapılmış ve eğildirilmiş çözümlerinin (tilted solutions) varlığı gösterilmiştir. Bunlar, ^{136}La 'daki chiral rotasyonunun araştırılması için önemli altyapıyı sağlamıştır.

Öncelikle ^{138}Ba (p,3n) reaksiyonu sonucunda ^{136}La çekirdeği incelenmiştir. Uyarılmış seviyeler 1.8 MeV'e kadar gözlenmiştir. Bu seviyelerin spin pariteleri ancak 5^+ 'ya kadar yerleştirilebilmiştir [5]. Chiral çifti bandı $J>11\hbar$ 'de gözlenmesi beklendiği için yüksek-spin seviyelerinde yapılacak bir çalışma önerilmiştir.

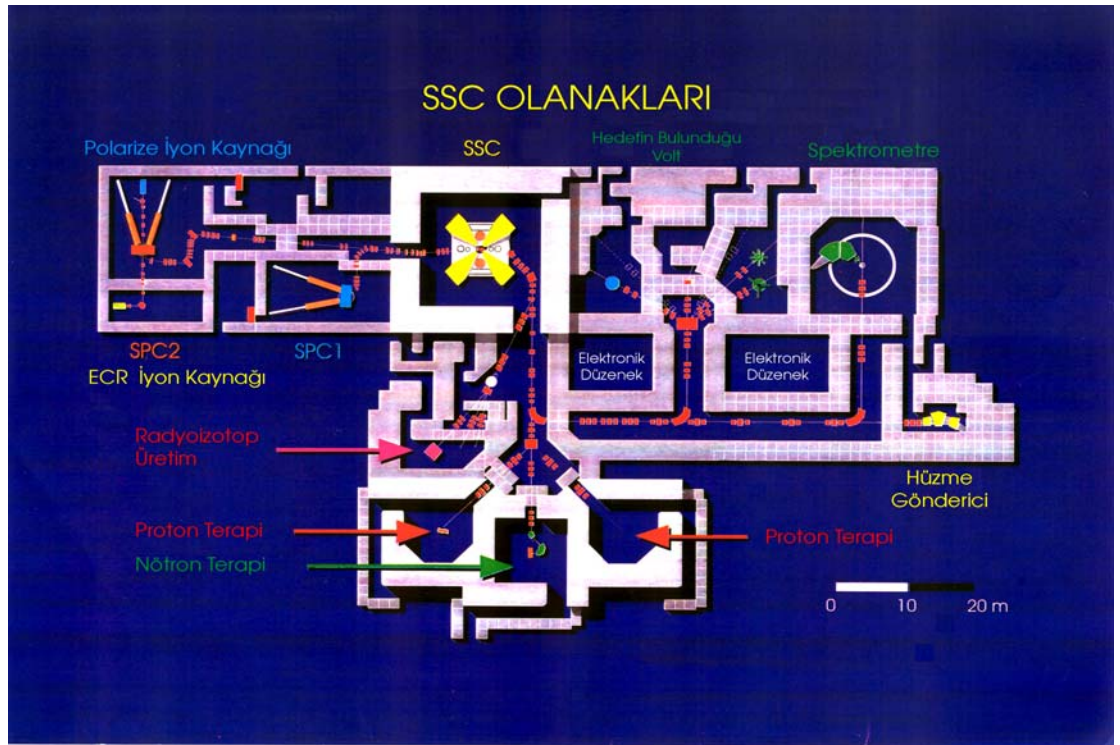
^{136}La çekirdeğinin yüksek spin seviyeleri 60 MeV'lik ^{11}B ağır iyon ışını ile ^{130}Te hedefin reaksiyonu sonucunda uyarılmıştır. Reaksiyonun tesir kesiti PACE ve CASCADE buharlaşma kodları ile hesaplanmıştır. $^{130}\text{Te} + ^{11}\text{B}$ füzyon buharlaşma reaksiyonu için yapılan bu hesaplar tesir kesitini $\sigma \approx 7992$ mb olarak bulunmuştur ve bu da toplam tesir kesitinin % 64'nü oluşturmaktadır. Yapılan hesaplamaların sonuçları ileriki bölümlerde verilecektir.

2. GENEL KISIMLAR

2.1. DENEYSEL METOD

Bu çalışmanın deneysel bölümü, Güney Afrika Cumhuriyeti iThemba LABS'da (Laboratory for Accelerator Based Science) gerçekleştirilmiştir.

Hüzme, NAC çalışanları tarafından tasarlanmış, 1985 Ocak ayından itibaren kullanılmakta olan SSC (Seperated Sector Cyclotron) dairesel hızlandırıcısı tarafından hızlandırılmaktadır. SSC dairesel hızlandırıcısı 7 m yüksekliğinde ve 13.2 m çapındadır. Şekil 2.1'de görüldüğü gibi, yüklü parçacıklar önce ön-hızlandırılmalarını sağlayan SPC1 ve SPC2 enjektör hızlandırıcılara gelir. SPC1 hafif iyonları 8 MeV / n'a kadar, SPC2 ağır iyonları 10 MeV / n'a kadar hızlandırır. İyon hüzmelerinin kaynağı olan elektron-siklotron rezonans (ECR) da SPC2'ye bağlıdır.



Şekil 2.1: NAC'ın planı ve siklotronun görünümü.

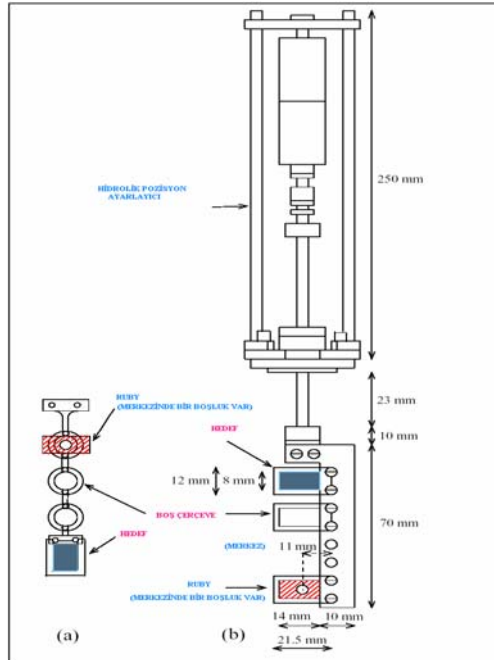
2.2. HÜZME

Deneyde, +2 yüke sahip ^{11}B iyon demeti, SSC dairesel hızlandırıcısı tarafından ilk etapta 60 MeV, sonrasında 55 MeV'e hızlandırılmıştır.

Bu çalışmada, 60 MeV ve 55 MeV hüzme enerjilerine sahip ^{11}B (Bor) iyon demetinin ^{130}Te (Tellür) hedefi üzerine bombardımanı sonucu oluşan füzyon buharlaşma reaksiyonu incelenmiştir.

2.3. HEDEF

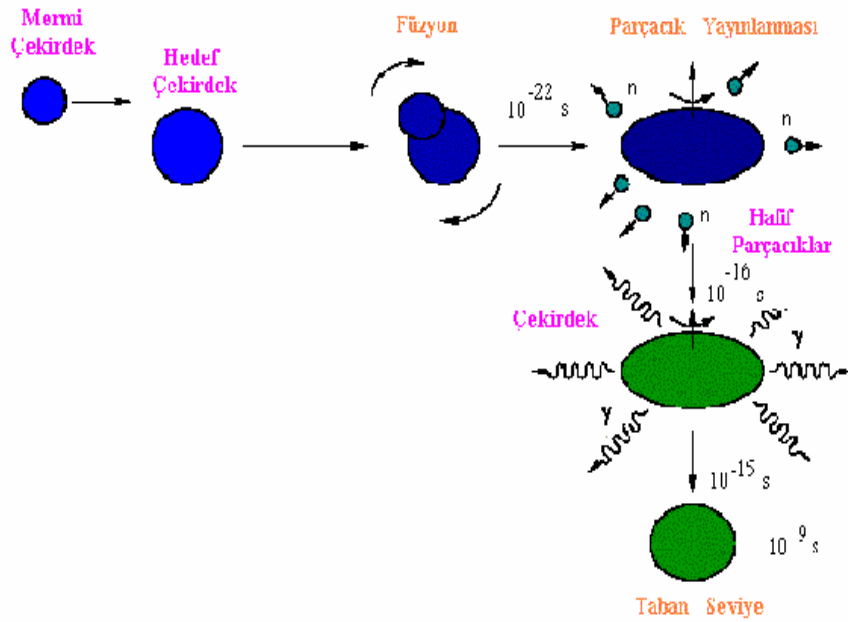
Deney sonucu, füzyon buharlaşma reaksiyonu inceleneceği için hedef çekirdek olarak, kalınlığı $1\text{mg}/\text{cm}^2$ olan 98% zenginleştirilmiş ince ^{130}Te (Tellür) izotopu ve destek olarak da $10\text{mg}/\text{cm}^2$ kalınlığa sahip saf ^{197}Au (Altın) kullanılmıştır. Hedef, AFRODITE spektrometresindeki 90° derecelik açıda olan hedef tutucu içine yerleştirilmiştir. Şekil 2.2'de gösterilen, hidrolik konumlandırıcıya yerleştirilen, hedef tutucu; kaynağın, Ruby'nin, boş çerçevenin ve kalibrasyon kaynağının yerleştirildiği dört bölmeye sahiptir.



Şekil 2.2 : (a) Önceden kullanılan çoklu çerçevesel hedef tutucu (b) Hidrolik pozisyon ayarlayıcı ve otomatik olarak yönetilen çoklu çerçevesel hedef tutucu.

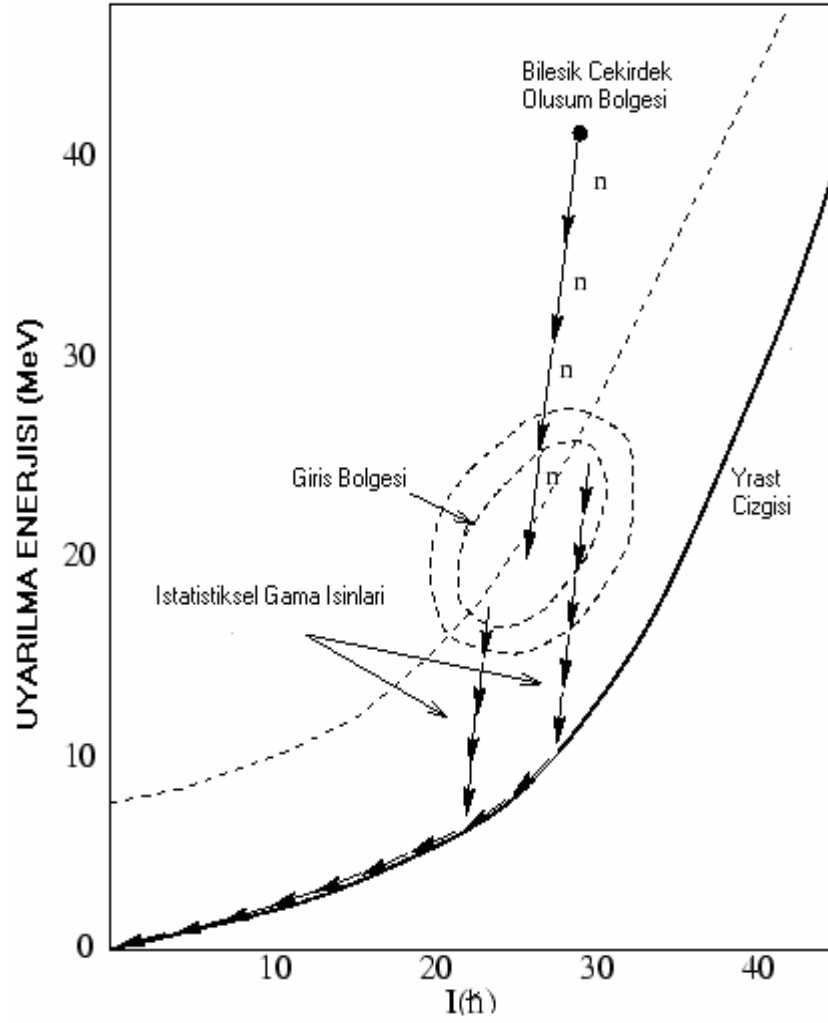
2.4. FÜZYON BUHARLAŞMA REAKSİYONU

Ağır iyon reaksiyonlarında hedef, Coulomb bariyerini aşabilecek yüksek enerjiye sahip ve büyük yörüngesel açısal momentum taşıyan hüzmeye bombardıman edilirse, füzyon reaksiyonu gerçekleşir ve reaksiyon sonucu bileşik çekirdek oluşur. (Bileşik çekirdek hüzmeye ve hedef çekirdeğin karakteristiklerinden tamamen bağımsızdır.) Oluşan bileşik çekirdeğin sahip olduğu uyarılma enerjisi Fermi seviyesine yakın nükleonlar tarafından paylaşılır. Enerjisi, nükleon ayrılma enerjisine (8-10 MeV) eşit, Fermi seviyesine yakın nükleonlar bileşik çekirdekten yayınlanır. Genellikle füzyon buharlaşma reaksiyonlarında bileşik çekirdekten yayınlanan nükleonlar nötronlardır. Proton yayınlanma olasılığının zayıf olmasının nedeni, çekirdek içindeki Coulomb bariyerine maruz kalmalarıdır. Füzyon buharlaşması ile bu çekirdek uyarılmış durumda yüksek spin seviyesine geçer. Yüksek spin ve uyarılma enerjisine sahip çekirdek kararlı hale geçebilmek için gama ışını yayımlayarak bozunur ve temel seviyeye ulaşır. Şekil 2.3'de ağır iyon füzyon buharlaşma reaksiyonu sonucunda oluşan bileşik çekirdeğin bozunumu şematik olarak gösterilmektedir.



Şekil 2.3 : Ağır iyon buharlaşma reaksiyonunda bileşik çekirdeğin bozunumunun şematik gösterimi.

Aynı spine sahip seviyeler arasında en düşük enerjili seviyelerin oluşturduğu bant, yrast bandı olarak adlandırılır. Şekil 2.4’de görüldüğü üzere, füzyon buharlaşma reaksiyonu için uyarılma enerjisinin açıl momentum ile değişimi incelendiğinde, bozulan gama ışınları yrast çizgisinde son bulur.



Şekil 2.4 : Ağır iyon füzyon buharlaşma reaksiyonunda oluşan bileşik çekirdeğin temel seviyeye bozunmasında uyarılma enerjisinin açıl momentumla değişimi.

2.5. FÜZYON BUHARLAŞMA REAKSİYONU SONUCU ÖNGÖRÜLEN ESAS REAKSİYON KANALLARININ VE DİĞER KANALLARIN İNCELENMESİ

Deney sonucunda oluşturulan spektrumlarda, oluşması beklenen çekirdeklerle birlikte başka reaksiyonlardan kaynaklanan farklı çizgiler görülebilir. Özellikle füzyon buharlaşma reaksiyonlarında bu çizgilerin görünmesinin sebebi hedef çekirdeğin çok ince, destek olarak daha kalın malzemelerin kullanılmasıdır. Sonuçta spektrumda, destek olarak kullanılan malzemenin, hüzme ile etkileşiminden oluşan çekirdeğin enerji çizgilerini de görülür.

Tezimin konusu olan $^{130}\text{Te} + ^{11}\text{B} \rightarrow ^{136}\text{La} + 5n$ füzyon buharlaşma reaksiyonu sonucunda oluşan spektrumda da, destek olarak kullanılan saf ^{197}Au (Altın) ile ^{11}B (Bor) hüzmesinin $^{197}\text{Au} + ^{11}\text{B} \rightarrow ^{204}\text{Po} + 4n$ reaksiyonu sonucu oluşan ^{204}Po çizgileri belirlenmiştir, Şekil 4.24'teki CLOV x CLOV matrisi ile üretilen toplam izdüşüm spektrumunda ^{204}Po 'a ait enerji çizgileri [6] gösterilmiştir.

Ayrıca reaksiyonda açığa çıkan nötronların ^{74}Ge (Germanyum) kristali ve dedektör sistemini çerçevesi olan ^{27}Al (Alüminyum) ile etkileşmesi sonucu nötron pikleri [6] oluşabilir.

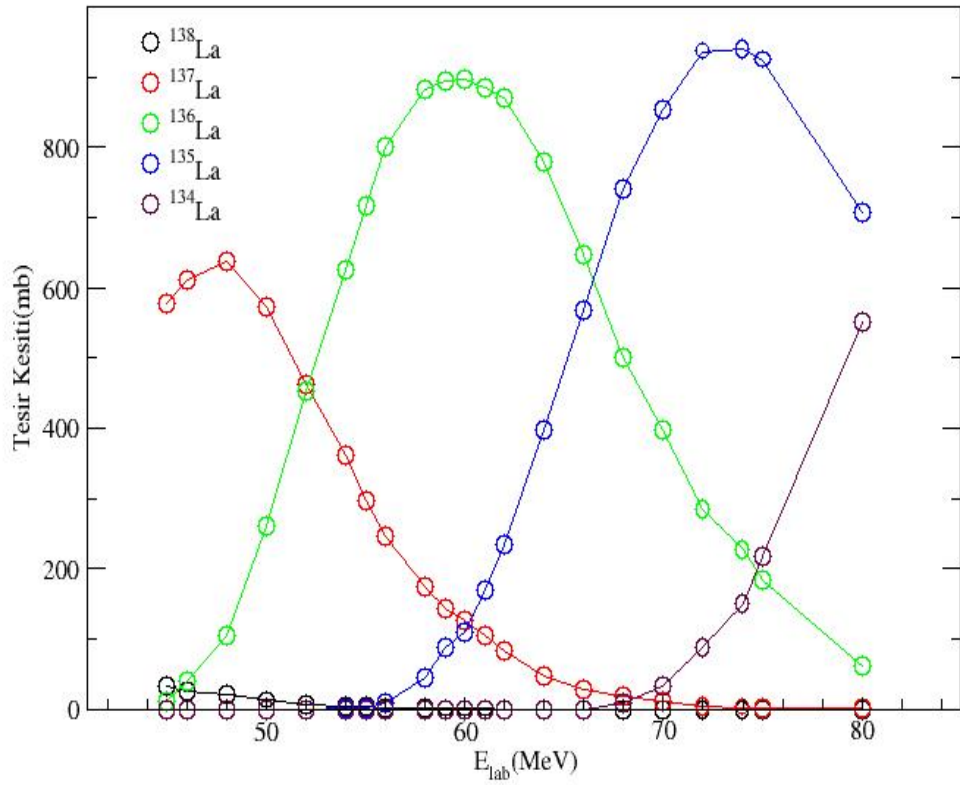
2.6. FÜZYON BUHARLAŞMA REAKSİYONU VE UYARILMA FONKSİYONU

PACE [7] programı füzyon buharlaşma reaksiyonları için A.GAVRON (1980) tarafından tasarlanmış bir programdır. Arnold J. Sierk [8] , bu programı dönen çekirdeklerin makroskopik modeline [8] dayandırmıştır.

Bu çalışmada, hedef çekirdeğin farklı enerjilerdeki hüzme ile bombardımanı sonucunda oluşan çekirdeklerin tesir kesitleri PACE4 programı [9] kullanılarak hesaplanmıştır.

Programda başlangıç koşulları olarak hedef çekirdeğin kütle numarası ve atom numarası, hüzmelin kütle numarası, atom numarası ve bombardıman enerjisi verildiğinde, füzyon buharlaşma reaksiyonu sonucunda oluşabilecek çekirdeklerin tesir kesitlerinin, hüzmeye bombardıman enerjisi ile değişimi bulunabilir.

$^{130}\text{Te} + ^{11}\text{B} \rightarrow ^{136}\text{La} + 5n$ esas kanalının yanı sıra farklı bombardıman enerjilerine bağlı olarak diğer yan kanalların etkilerinin de gözlendiği Şekil 2.5'te gösterilmiştir.



Şekil 2.5 : ^{11}B iyon demeti ile bombardıman sonucu oluşturulan $^{130}\text{Te}(^{11}\text{B}, xn)$ füzyon buharlaşma reaksiyonunda açığa çıkabilecek olan La izotoplarının, değişik hüzmeye enerjileri ile, tepkime kesitlerinin değişimi.

3. MALZEME VE YÖNTEM

3.1 DEDEKTÖR SİSTEMİ

3.1.1. Çok Dedektörlü Sistemler

Gama ışını spektroskopisini oluşturan önemli bileşenler, gama ışını dedekte eden dedektörler, spektroskopi için uygulanan metodlar ve veri toplama sistemleridir.

Birçok dedektörden oluşmuş dedektör sistemleri, gama ışınlarının; çoğalma miktarını, açılma dağılımını ve eşzamanlılığını verimli şekilde ölçebilmektedir. Büyük dedektör sistemleri, yaklaşık 4π katı açığı kaplayarak, yayınlanan gama ışınlarının toplam enerjisini ölçmek için kullanılırlar.

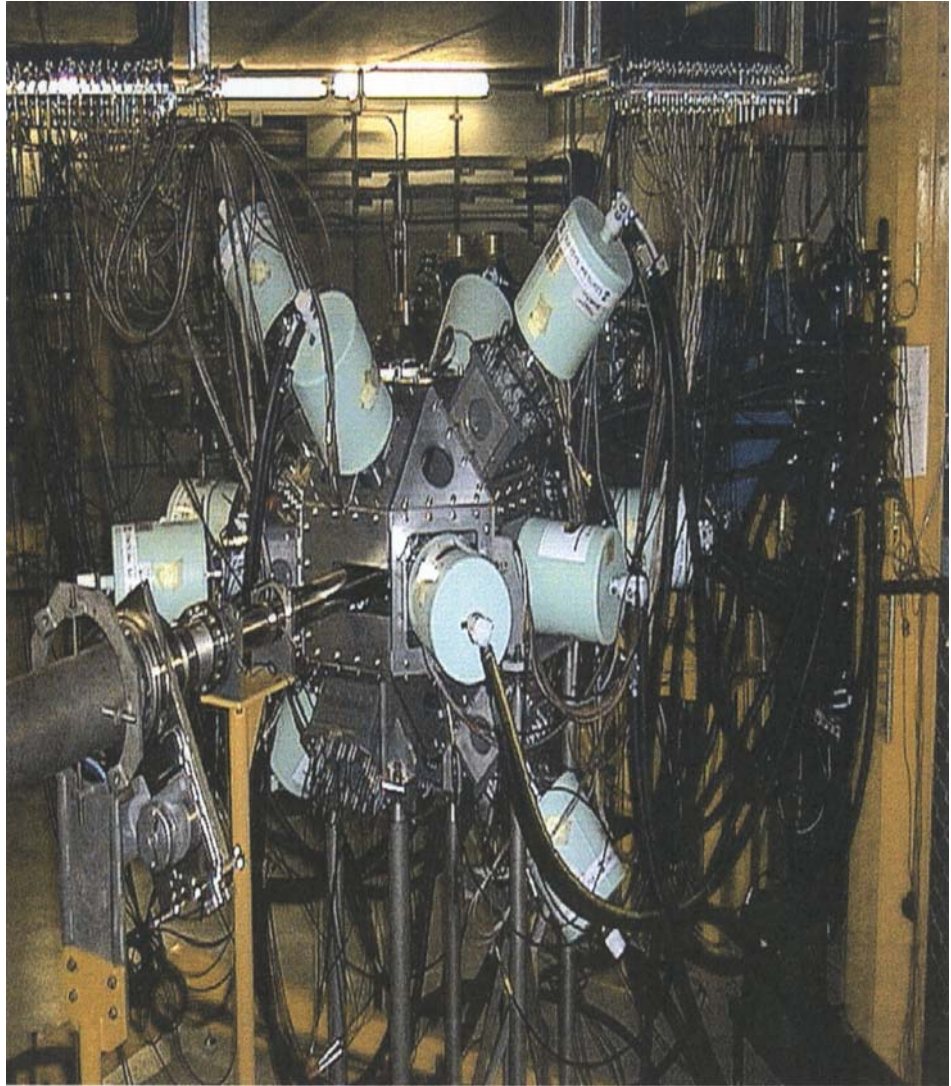
Çok dedektörlü sistemler, gama ve nötron backgroundlarında azalma sağlar ve yüksek verim, iyi enerji çözme gücüne sahiptir. Dedektörlerin iyi çözme gücü, birbirine çok yakın enerjideki gama ışınlarının ayrılabilmesinin ifadesidir. Ge(Li) ve HPGe dedektörleri ile en iyi enerji çözme gücü elde edilir. (1 MeV'lik gama ışınları için germanyum dedektörlerinin çözme gücü 0.1% dir)

Günümüzde kullanılan çok dedektörlü sistemlere örnek olarak; bu çalışmanın deneysel kısmının gerçekleştirildiği Güney Afrika Cumhuriyeti başkenti Cape Town'daki iThemba LABS'da bulunan AFRODITE dedektör topluluğu, YRASTBALL, EUROGAM, GAMMASPHERE gösterilebilir.

3.1.2. AFRODITE Dedektör Topluluğu

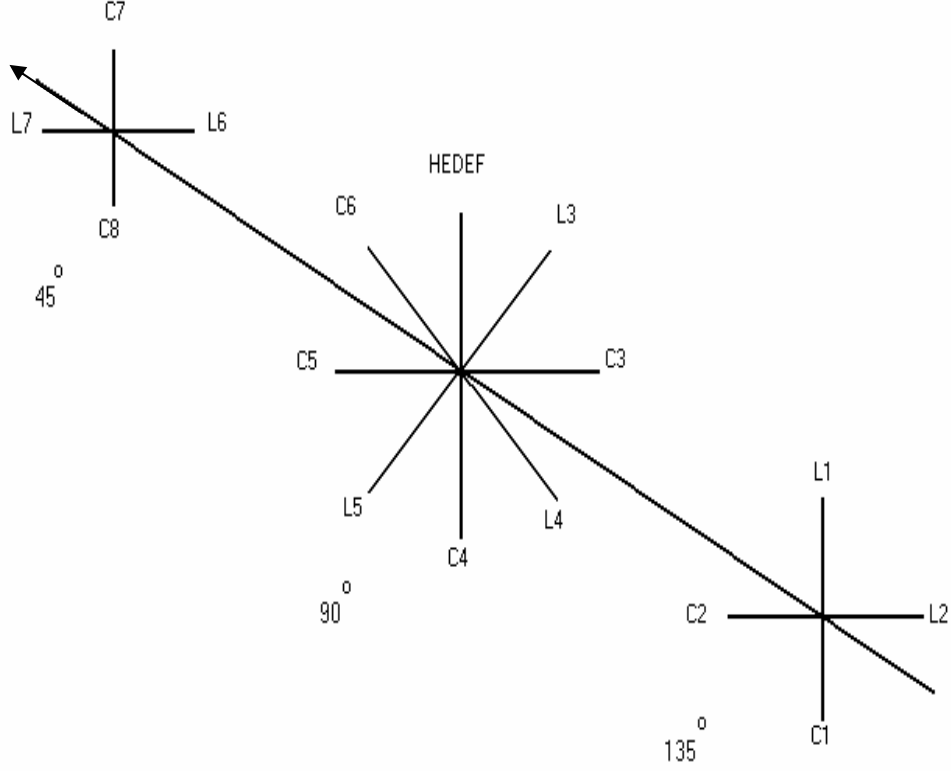
Bu çalışmanın deneysel kısmı Güney Afrika Cumhuriyeti başkenti Cape Town'da bulunan iThemba LABS siklotron kompleksindeki çok dedektörlü gama ışını spektrometresi AFRODITE' de gerçekleştirilmiştir. AFRODITE spektrometresinin genel görünümü Şekil 3.1'de gösterilmiştir.

AFRODITE çok dedektörlü sisteminin alüminyum çerçevesi, 8 üçgen ve 18 kare kesimli rombokübikoktahedron geometriye sahiptir. Şekil 3.2’de görüldüğü üzere AFRODITE dedektör topluluğu 45° , 90° , 135° derecede bulunan üç dedektör konumlayıcı dairesel çerçeveye sahiptir. Hedef odasına 16 dedektör konumlandırılabilir ve hedef odasının rombokübikoktahedron geometriye sahip olması ile LEP ve CLOVER dedektörleri hedef çekirdeğe eşit uzaklıkta olur.



Şekil 3.1 : AFRODITE spektrometresinin genel görünümü.

Bu çalışmada incelenen deneyde, hedef odasında 7 LEP, 8 CLOVER olmak üzere toplam 15 dedektör ve 1 hedef tutucu mevcuttur.



Şekil 3.2 : Deney sırasında geçerli olan dedektör konfigürasyonu

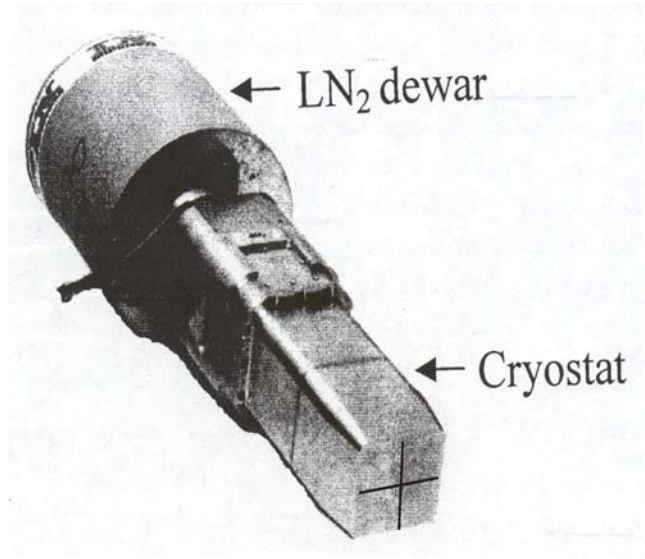
3.1.3. LEP Dedektörleri

AFRODITE spektrometresinde düşük enerjili gama ışınlarını dedekte etmek için p-tipi HPGe kristalinden oluşan LEP (**L**ow **E**nergy **P**hoton) dedektörleri kullanılır. LEP dedektörleri elektriksel olarak dört kısma sahiptir. Her bölümdeki sinyal de ayrı ayrı incelenir.

3.1.4. CLOVER Dedektörleri

AFRODITE spektrometresinde yüksek enerjili gama ışınlarını dedekte edebilmek için, dört adet koaksiyel n-tipi HPGe kristalinden oluşan CLOVER dedektörleri kullanılır. CLOVER dedektörleri dört yapraklı yonca şeklindedir ve kristalleri kırmızı, yeşil, mavi, siyah olarak adlandırılır. CLOVER dedektörü Şekil 3.3’de gösterilmektedir.

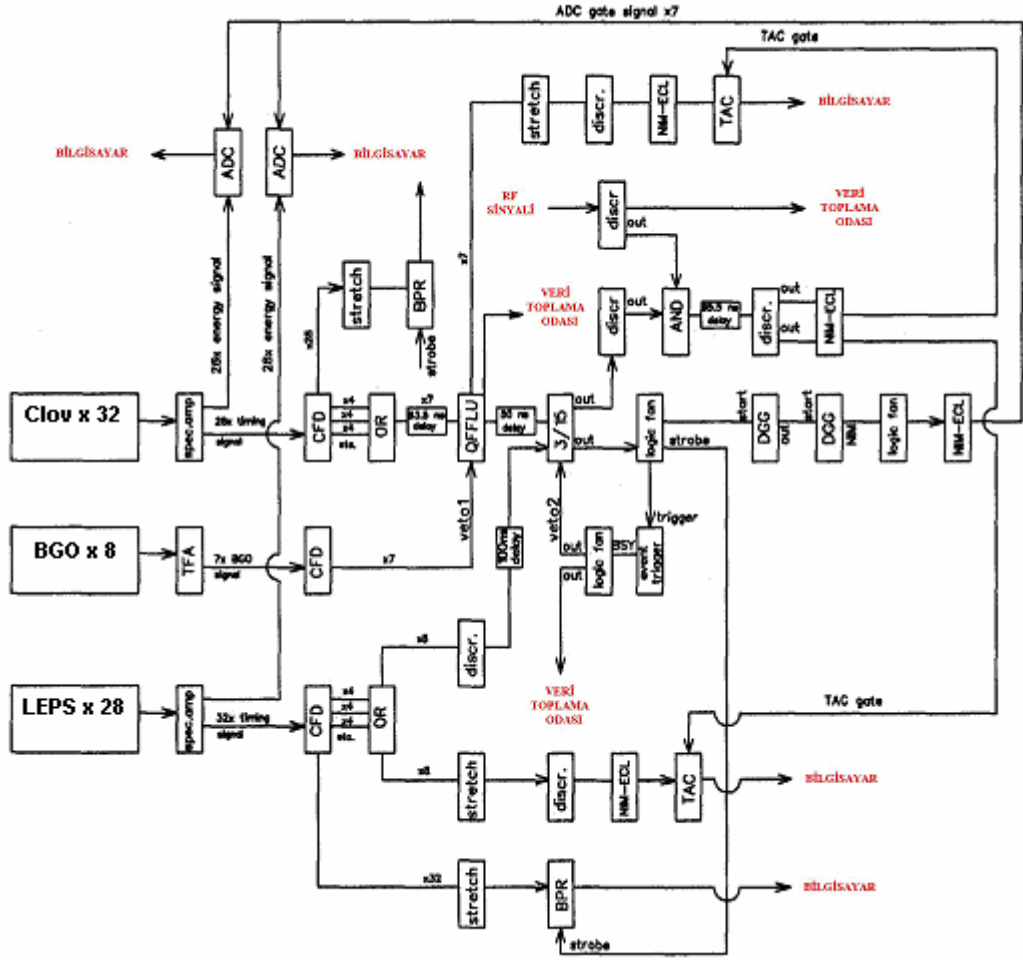
Kristale gelen bazı gama ışınları compton saçılmasına uğramaları sebebi ile tüm enerjilerini kaybetmezler. Bu şekilde oluşan compton sürekliliğini azaltmak için Compton Bastırılmış Spektrometreleri (Compton Suppression Shield, CSS) kullanılmaktadır. Compton bastırılmış spektrometre olarak yüksek yoğunluk ve dedektör sisteminde küçük hacim kaplaması nedeniyle BGO ($\text{Bi}_4\text{Ge}_3\text{O}_{12}$) sintilatörleri [10] tercih edilmektedir.



Şekil 3.3 : Sıcaklığı 77°K 'e düşürebilmek için dedektörle termal bağlantı halinde bulunan LN_2 (sıvı Azot) dewar kabı ve etraftaki hava ile kristal arasındaki ısı geçişini engelleyen kriyostatın gösterildiği CLOVER dedektörü.

3.1.5. Spektrometrenin Elektronikü Ve Veri Toplama Sistemi

AFRODITE dedektör topluluğunda, NIM (Nuclear Instrumentation Module), CAMAC (Computer Automated Measurement And Control) elektronik aygıtları kullanılır. Deney düzeneğİ elektronikü Şekil 3.4'de gösterilmektedir. Dedektörler tarafından algılanan olaylar CAMAC buffer'a olay-olay kaydedilir. Buffer dolduğunda veri kelimeleri XSYS yazılım formatı ile DLT teyplere ve sonrasında da 5 GB'lık EXABYTE kaydedilir.



Şekil 3.4 : Deney düzeneğinin elektronikü

4. BULGULAR

Çok dedektörlü sistemlerin enerji kalibrasyonu ve kazanç uyuşturulması öncelikli ve son derece dikkatli yapılması gereken bir süreçtir. Dedektör kristallerine ait amplifikatör kazançlarının farklı olması nedeniyle, elde edilen darbe yüksekli dadasının (spektrumlar) belli bir kazanç değerine uyuşturulması gerekir. Kazançların farklı olmasının yanında amplifikatör ve ADC'lerin diferansiyel lineerlikleri de farklı değerlerde olabilir ve mutlaka düzeltmeler uygulanmalıdır. Her iki süreç de uyarılmış çekirdek düzey enerjilerinin sağlıklı belirlenmesi son derece önemlidir. Bu çalışmada, kazanç uyuşturulması parametrelerinin belirlenmesi için g77 programlama dili ile yazılan ve Linux işletim sisteminde altında çalışan programlar kullanılmıştır. Bu programların yazılımında RADWARE [11] alt programlarından yararlanılmıştır.

4.1 ENERJİ KALİBRASYONU

Çok dedektörlü sistemlerin amplifikatör kazançlarının aynı olması istense de, bu pratikte mümkün değildir. Tüm dedektör kristallerinin spektrumlarını aynı kazanca sahip hale getirebilmek için, onlara ait enerji kalibrasyonu parametrelerini elde etmek gerekir. Bu parametrelere ulaşabilmek için, yayınladıkları gama ışınları iyi bilinen standart radyoaktif kaynaklar deney öncesi ve sonrasında çok çerçeveli hedef tutucuya yerleştirilerek dedekte edilir.

Çok dedektörlü sistemler için kalibrasyon süreçlerinde en yaygın kullanılan teknik her bir dedektöre ait kristallerden alınan spektrumlarda adı geçen çizgilere ait ilgi alanlarının belirlenerek, tepe bulma programına giriş dadası olarak verilmesidir. Tepelere ait ilgi alanları, tepelerin Gaussian şekillere sahip oldukları varsayılarak, spektrumda görülen tepelerin solunda ve sağında 3σ 'ya karşılık gelen kanallar alınarak tayin edilir. Tepe bulma programı tepenin ağırlık merkezini bularak orta noktasına gelen kanalı belirler. Bu programın çıktıları tepenin orta noktasına karşılık gelen kanalı ve hatasını içerir ve bunlar kazanç uyuşturulması programında giriş dadası olarak kullanılır.

Bu çalışmada ^{133}Ba ve ^{152}Eu radyoaktif kaynakları, düşük enerjili gama ışınlarını dedekte edebilen LEPS dedektörlerinin ve yüksek enerjili gama ışınlarını dedekte eden CLOVER dedektörlerinin kalibrasyonu için kullanılmıştır. Enerji kalibrasyonu yapılırken kullanılan ^{133}Ba ve ^{152}Eu kaynaklarına ait bilinen foton çizgilerinin enerji ve şiddet değerleri [7] Tablo 4.1 ve Tablo 4.2’de verilmiştir.

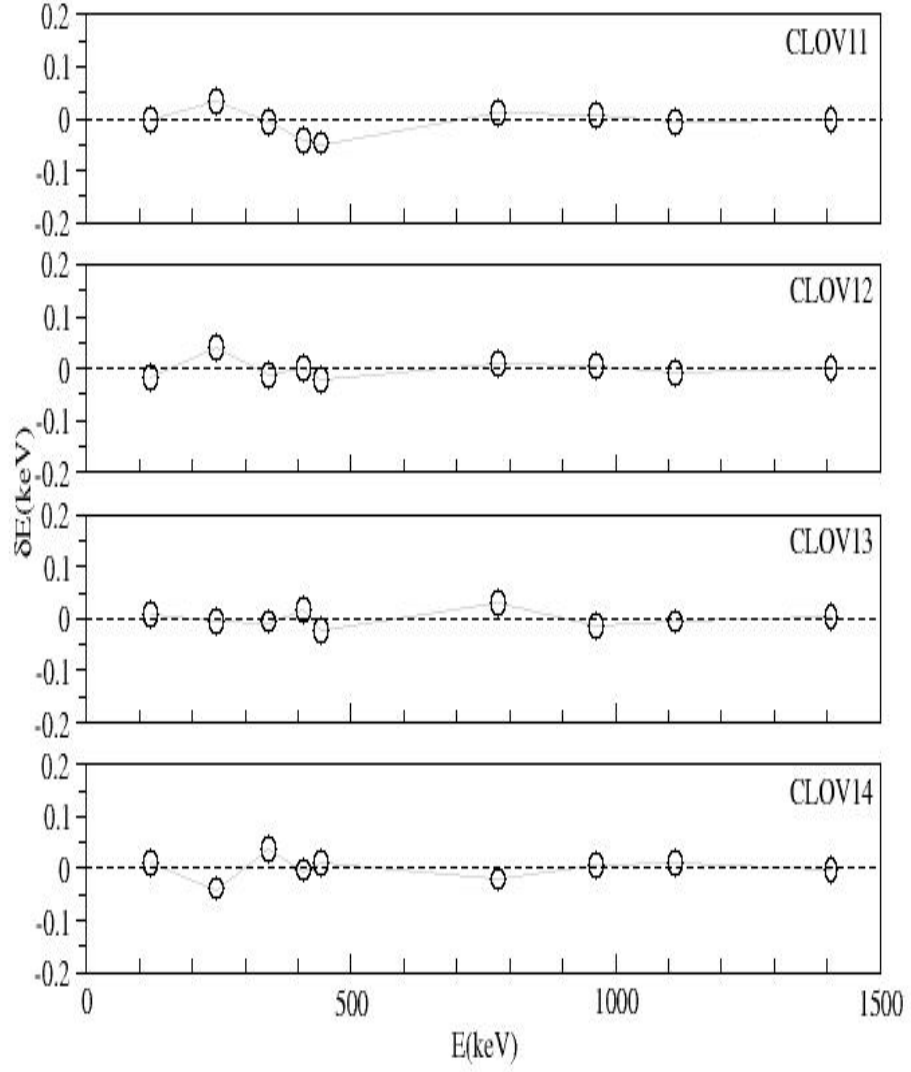
Tablo 4.1 : ^{133}Ba ’ya ait kullanılan foton çizgileri ve şiddetleri.

γ (keV)	γ (%)
30.851	101.300
35.171	22.390
53.148	2.170
80.872	37.380
160.601	0.6
223.237	0.46
276.388	7.09
302.851	18.4
355.999	62.200
383.841	8.920

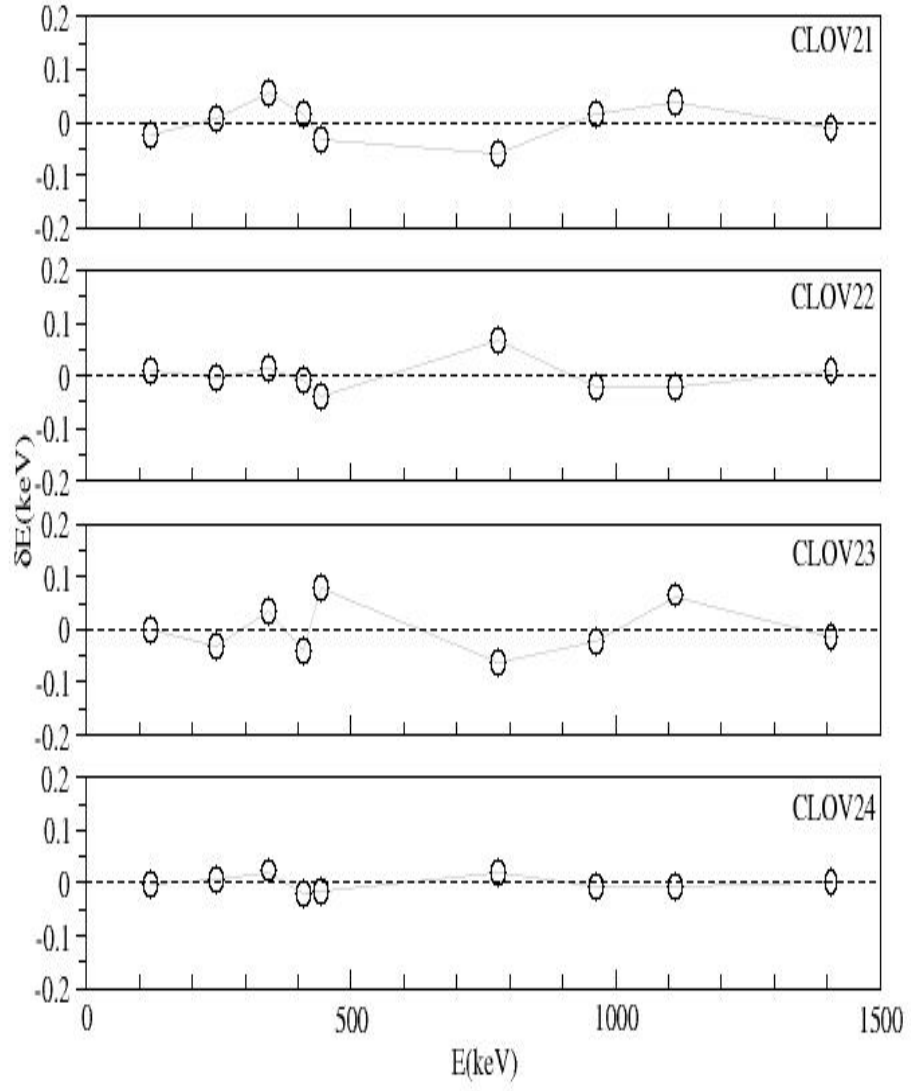
Tablo 4.2 : ^{152}Eu 'a ait kullanılan foton çizgileri ve şiddetleri.

γ (keV)	γ (%)
39.906	59.600
45.709	14.400
121.776	28.400
244.699	7.530
344.279	26.570
411.117	2.238
444.000	3.125
778.905	12.970
867.380	4.214
964.100	14.630
1085.800	10.130
1112.076	13.540
1212.949	1.412
1299.142	1.626
1408.018	20.850

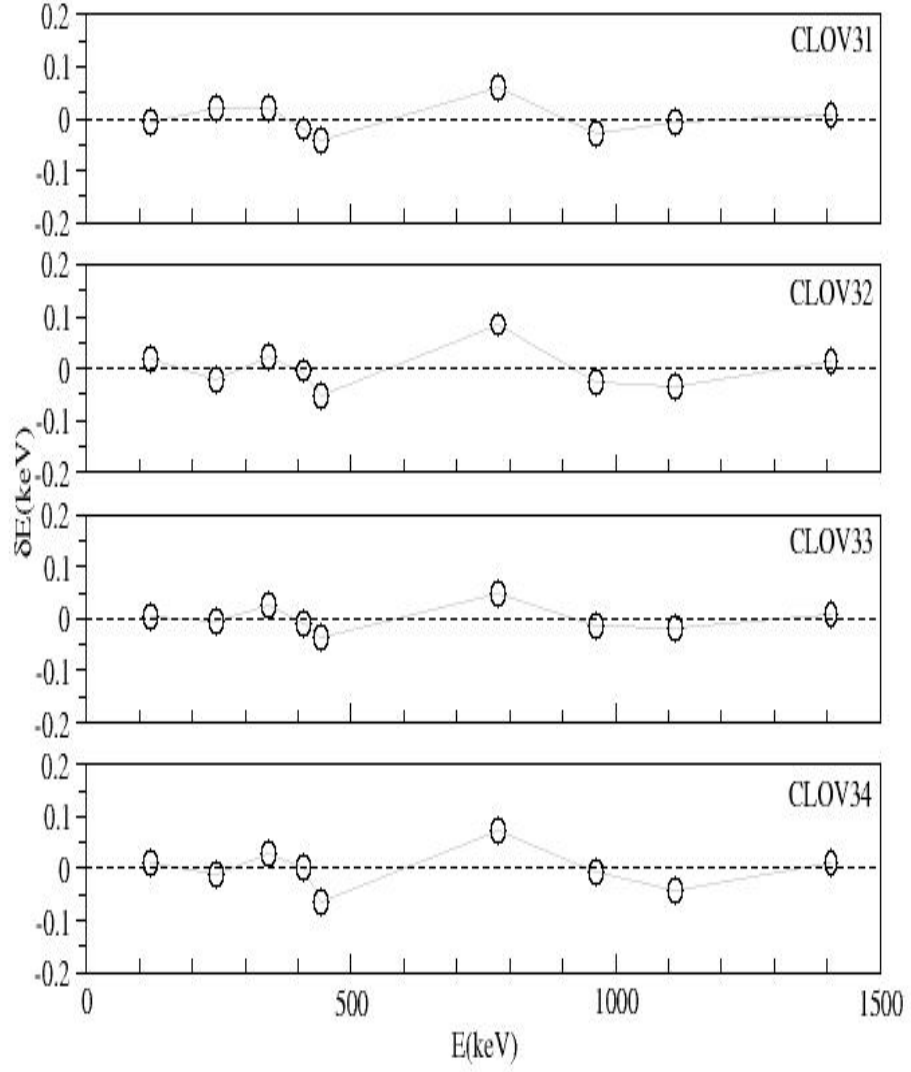
Enerji kalibrasyonu programı sonunda elde edilen enerjiler, referans enerji değerleri ile karşılaştırılmış ve farkın LEP dedektörleri için ± 0.05 'den, CLOVER dedektörleri için ± 0.1 'den büyük olmadığı görülmüştür. CLOVER dedektörlerinin enerji farkının referans enerjilerle değişimi Şekil 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6, 4.7'de verilmiştir.



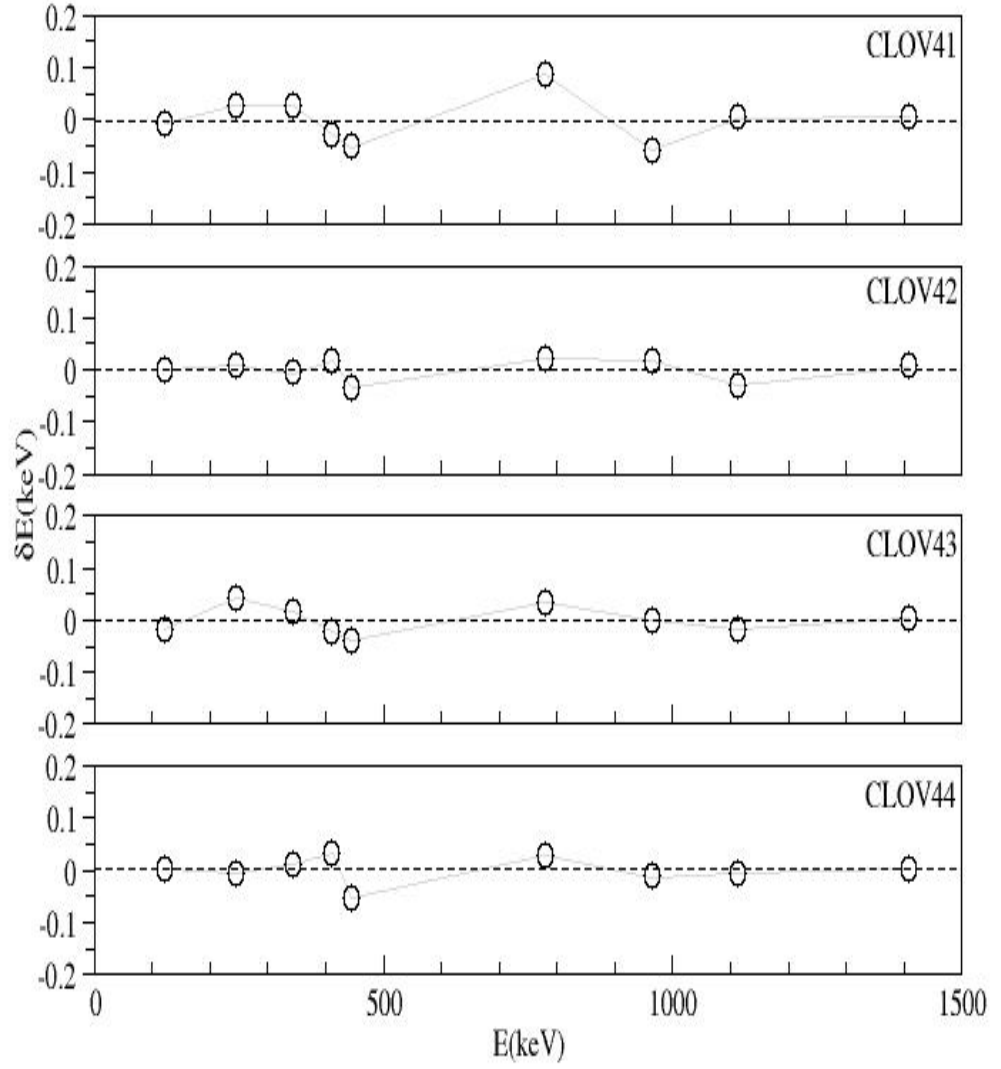
Şekil 4. 1 : CLOV-1 dedektörüne ait kalibrasyon sonucu elde edilen enerjiler ile referans enerjiler arasındaki farkın, referans enerjiler ile değişimi.



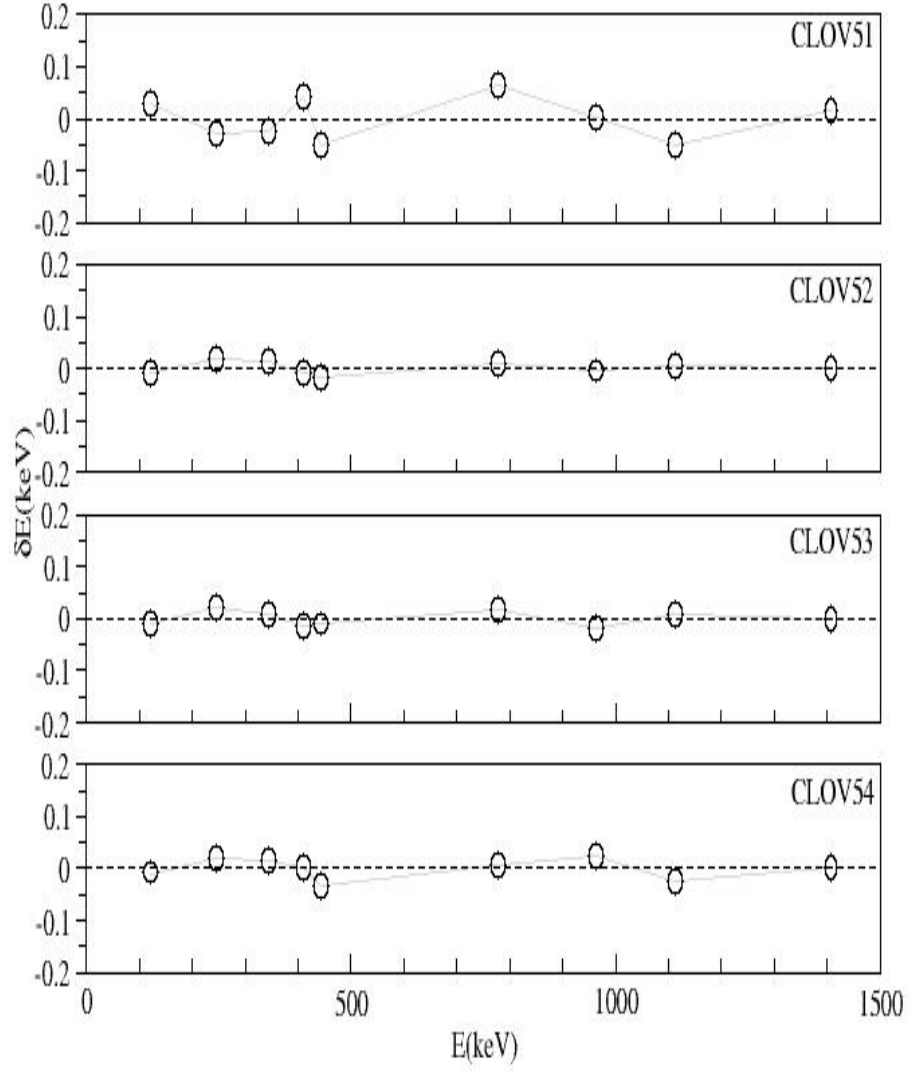
Şekil 4. 2 : CLOV-2 dedektörüne ait kalibrasyon sonucu elde edilen enerjiler ile referans enerjiler arasındaki farkın, referans enerjiler ile değişimi.



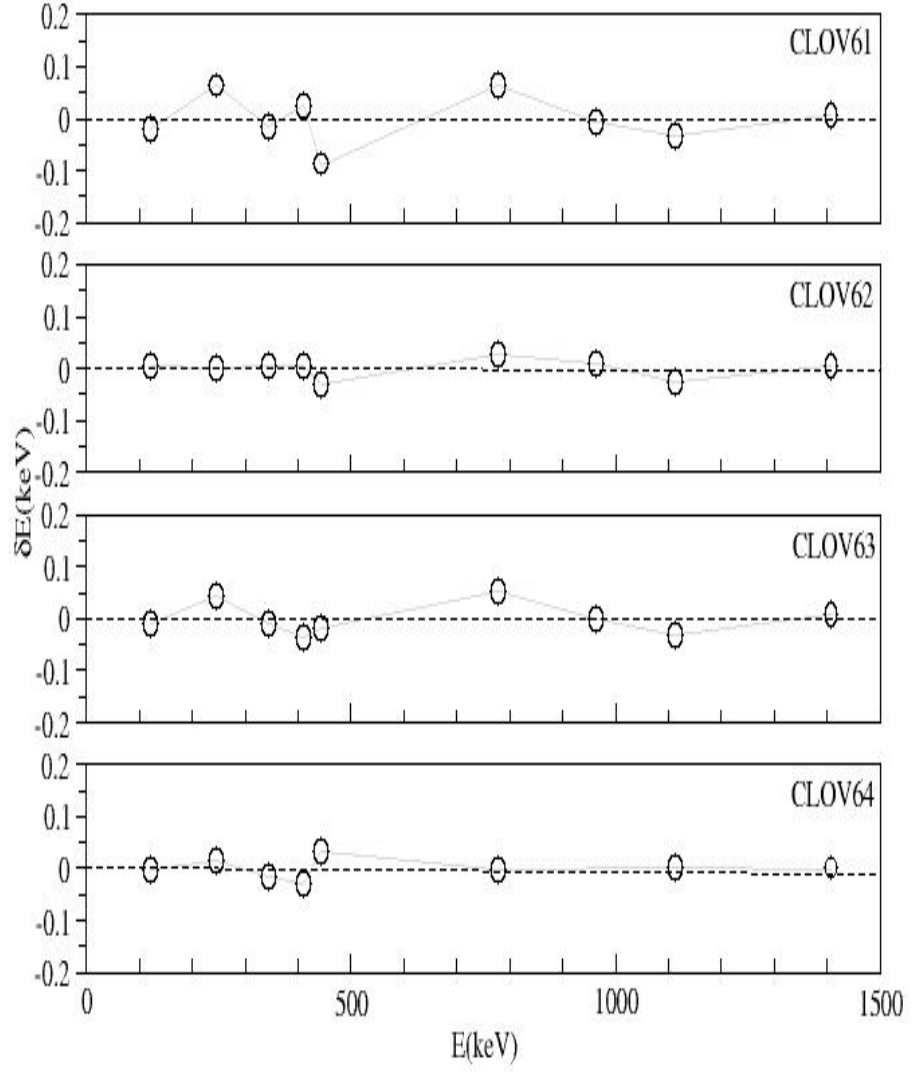
Şekil 4. 3 : CLOV-3 dedektörüne ait kalibrasyon sonucu elde edilen enerjiler ile referans enerjiler arasındaki farkın, referans enerjiler ile değişimi.



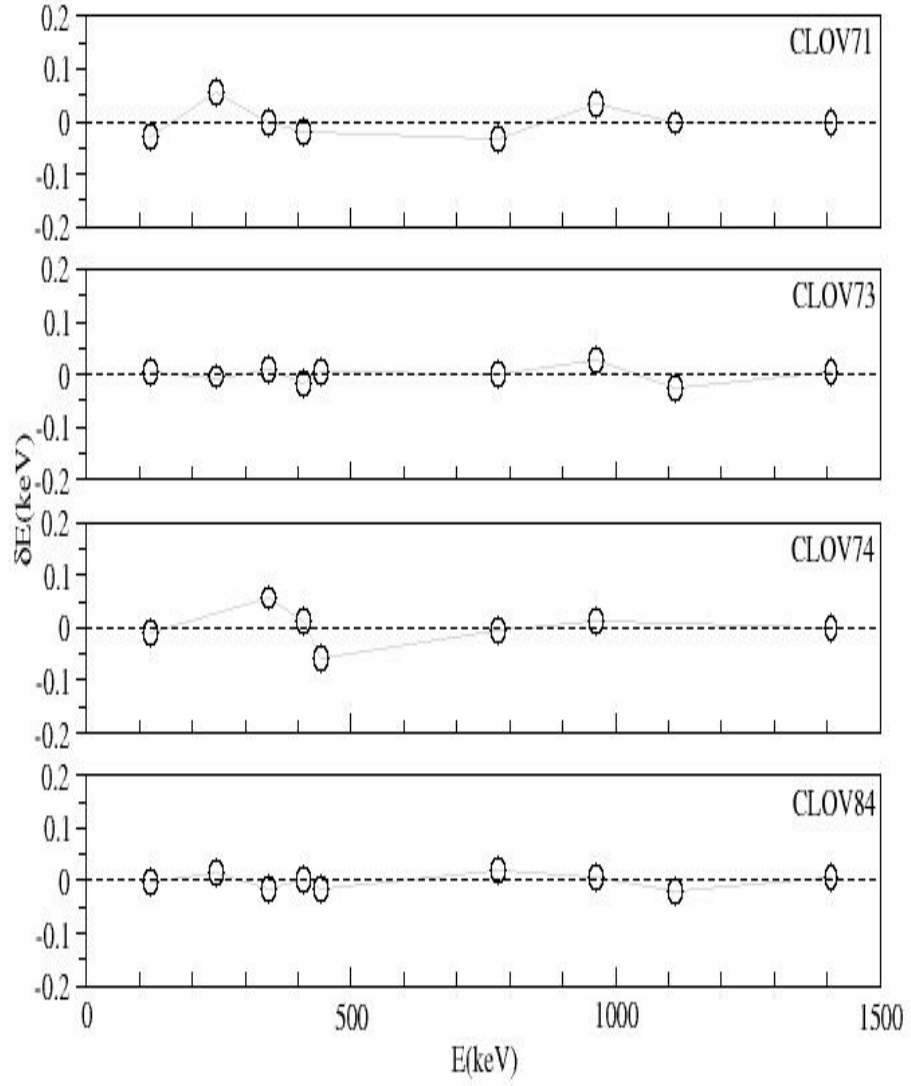
Şekil 4. 4 : CLOV-4 dedektörüne ait kalibrasyon sonucu elde edilen enerjiler ile referans enerjiler arasındaki farkın, referans enerjiler ile değişimi.



Şekil 4. 5 : CLOV-5 dedektörüne ait kalibrasyon sonucu elde edilen enerjiler ile referans enerjiler arasındaki farkın, referans enerjiler ile değişimi.

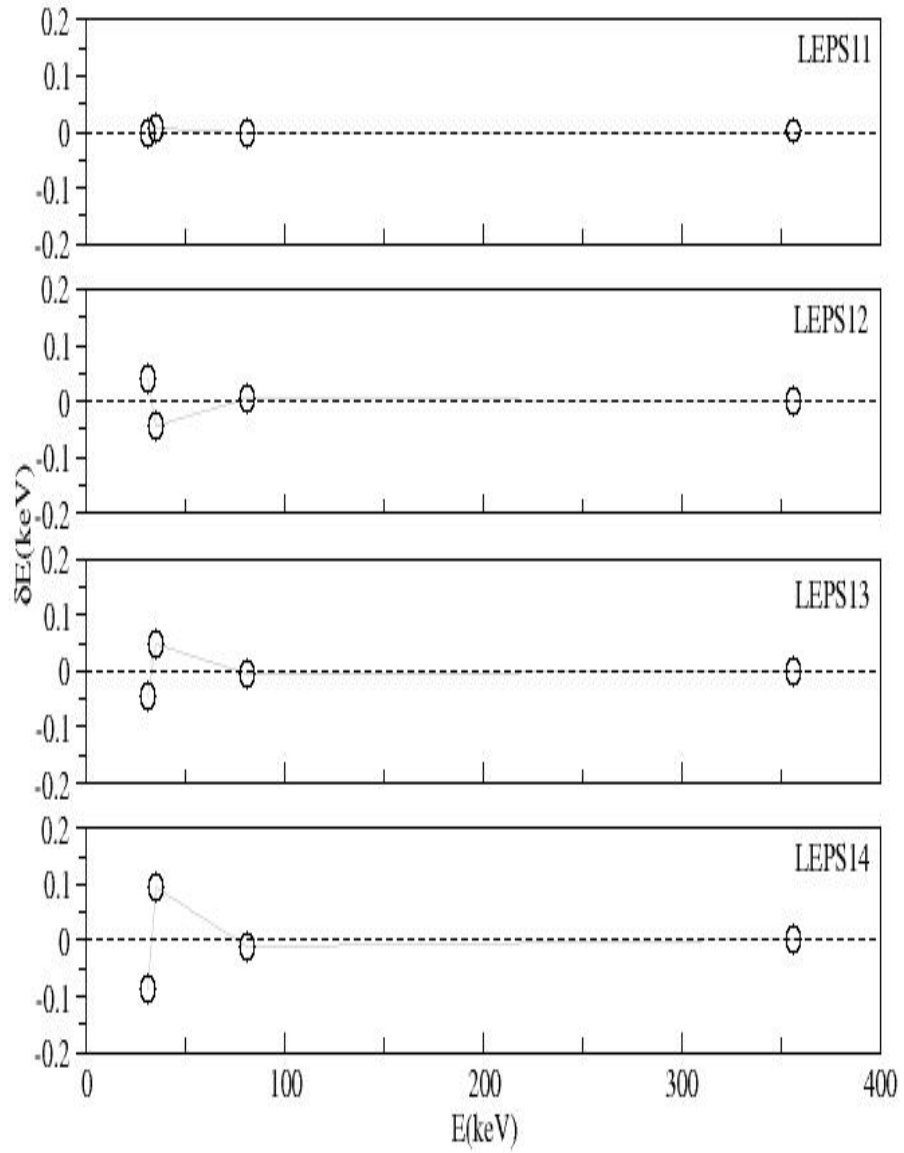


Şekil 4. 6 : CLOV-6 dedektörüne ait kalibrasyon sonucu elde edilen enerjiler ile referans enerjiler arasındaki farkın, referans enerjiler ile değişimi.

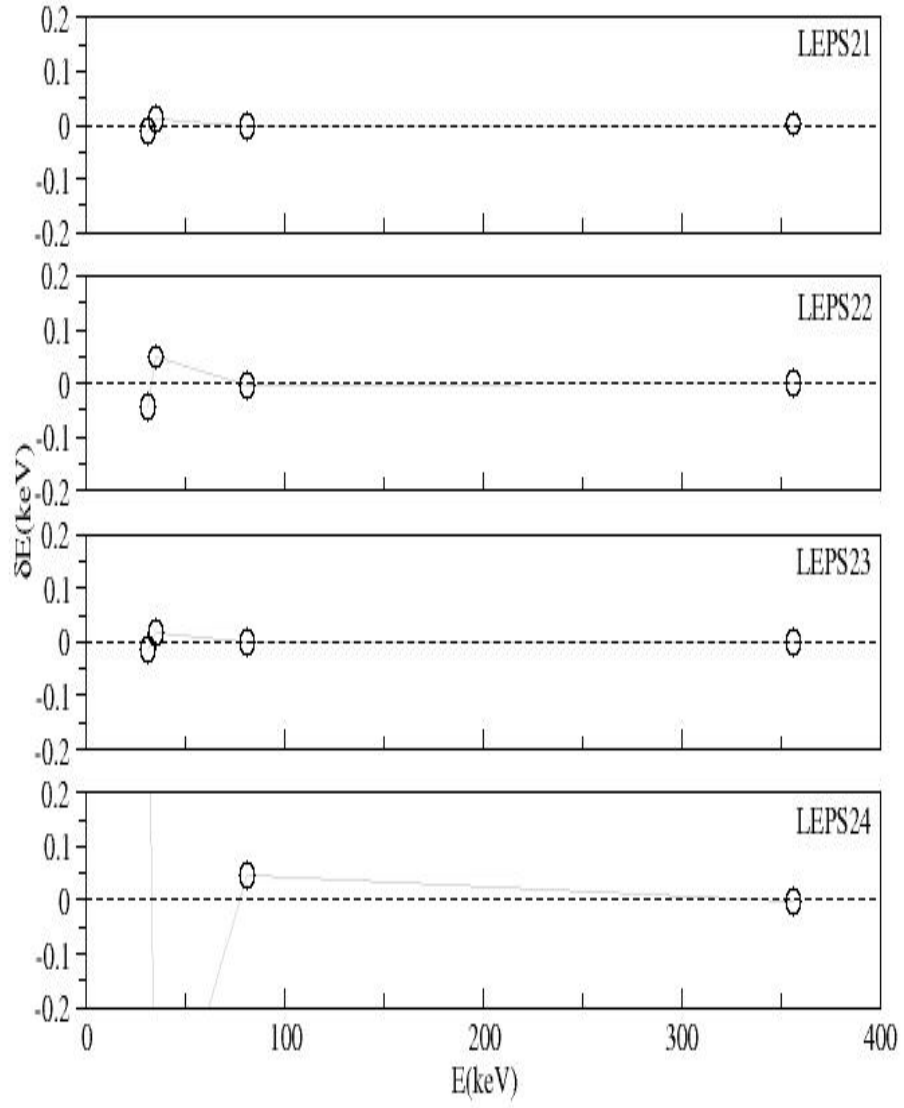


Şekil 4. 7 : CLOV-72, CLOV-81, CLOV-82 CLOV-83 kristallerinin bozuk olmasından ötürü, enerji kalibrasyonu yapılan CLOV-71, CLOV-73, CLOV-74, CLOV-84 kristallerine ait kalibrasyon sonucu elde edilen enerjiler ile referans enerjiler arasındaki farkın, referans enerjilerle değişimi.

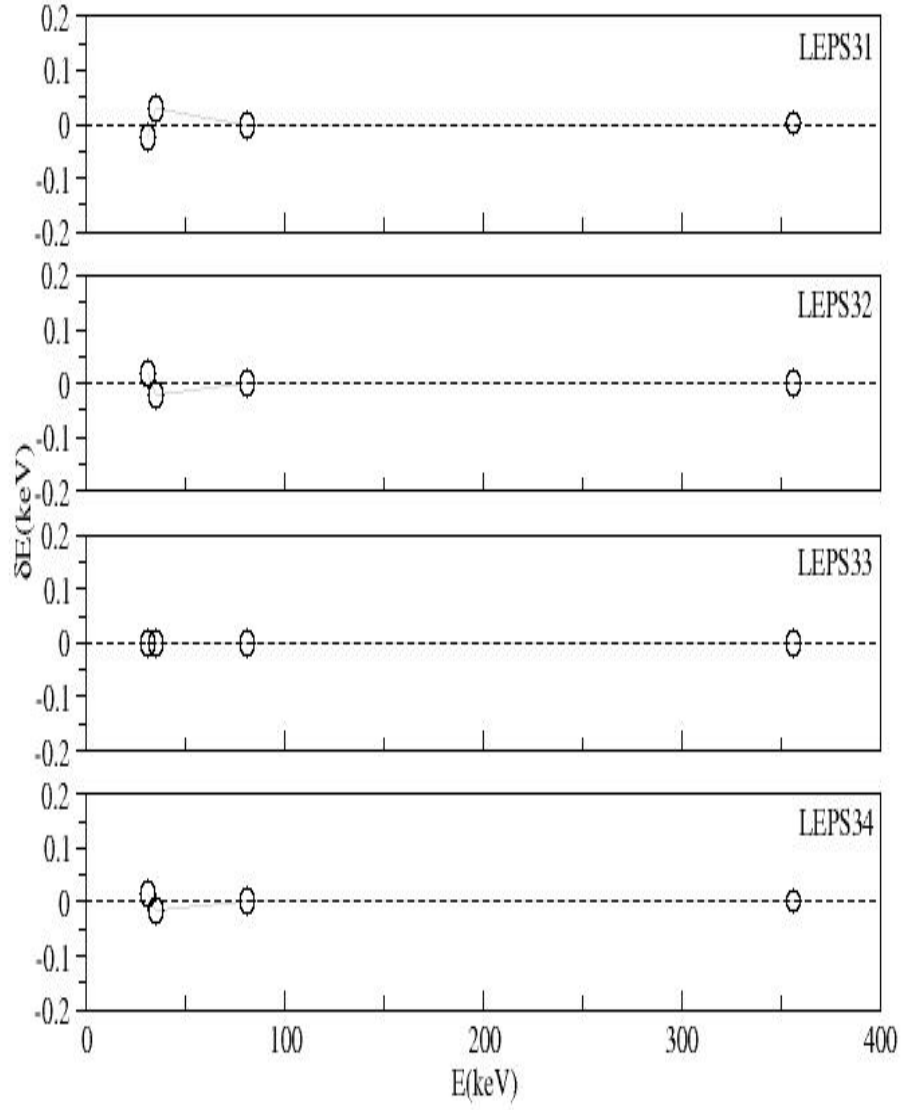
LEP dedektörlerinin enerji farkının referans enerjilerle değişimi Şekil 4.8, 4.9, 4.10, 4.11, 4.12, 4.13, 4.14’de verilmiştir.



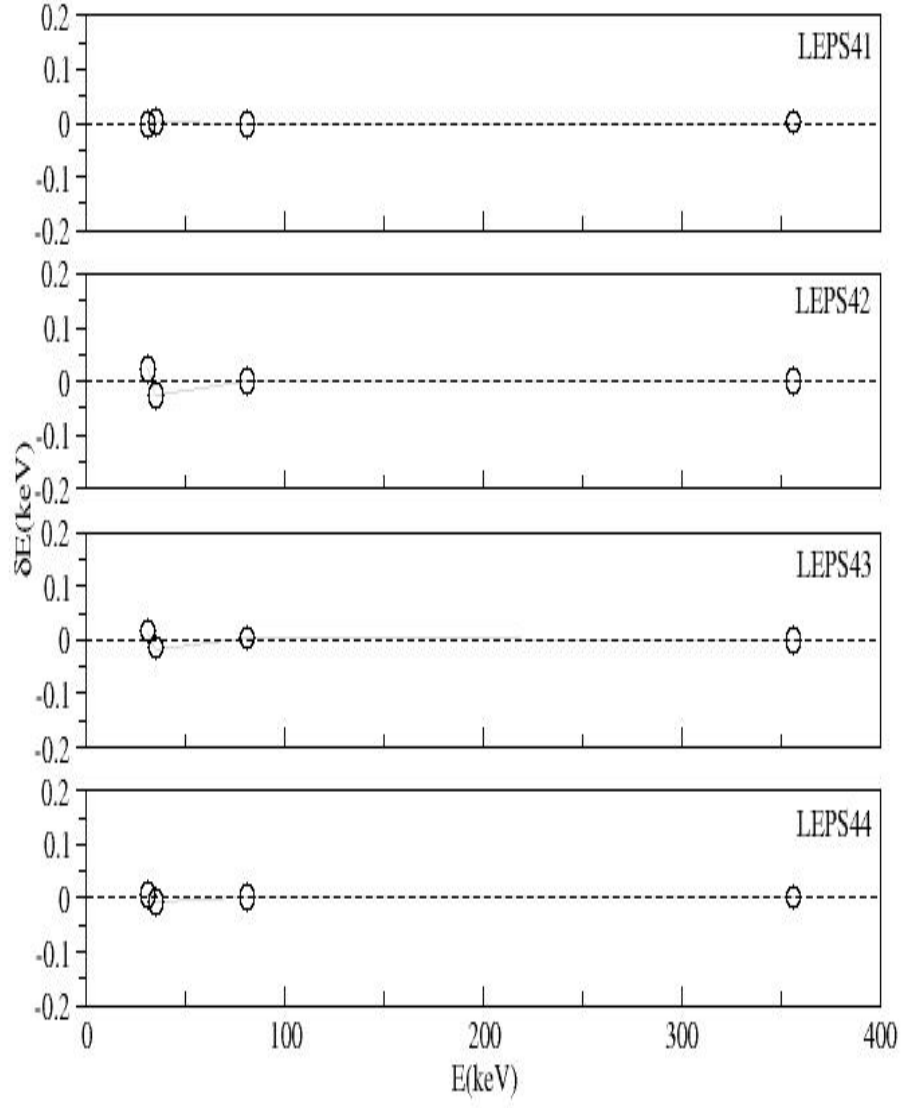
Şekil 4. 8 : LEP-1 dedektörüne ait kalibrasyon sonucu elde edilen enerjiler ile referans enerjiler arasındaki farkın, referans enerjiler ile değişimi.



Şekil 4. 9 : LEP-2 dedektörüne ait kalibrasyon sonucu elde edilen enerjiler ile referans enerjiler arasındaki farkın, referans enerjiler ile değişimi.



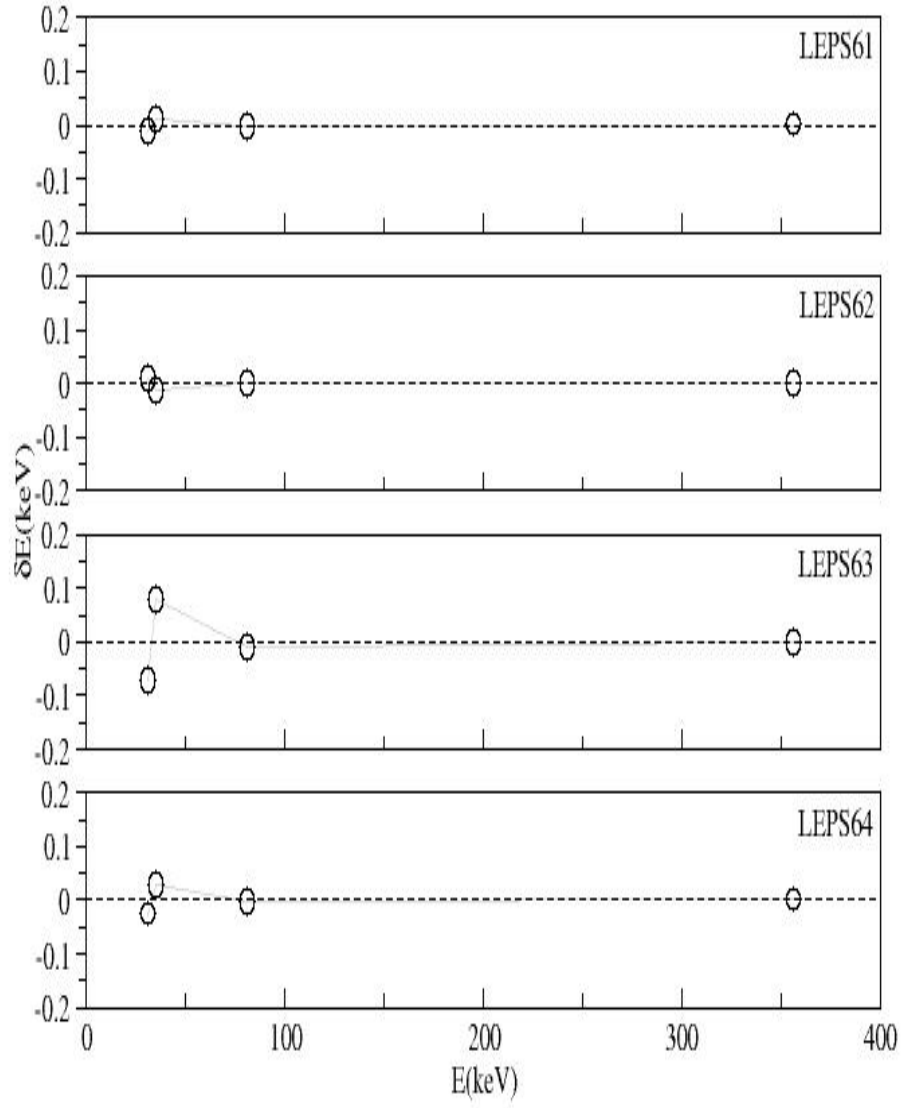
Şekil 4. 10 : LEP-3 dedektörüne ait kalibrasyon sonucu elde edilen enerjiler ile referans enerjiler arasındaki farkın, referans enerjiler ile değişimi.



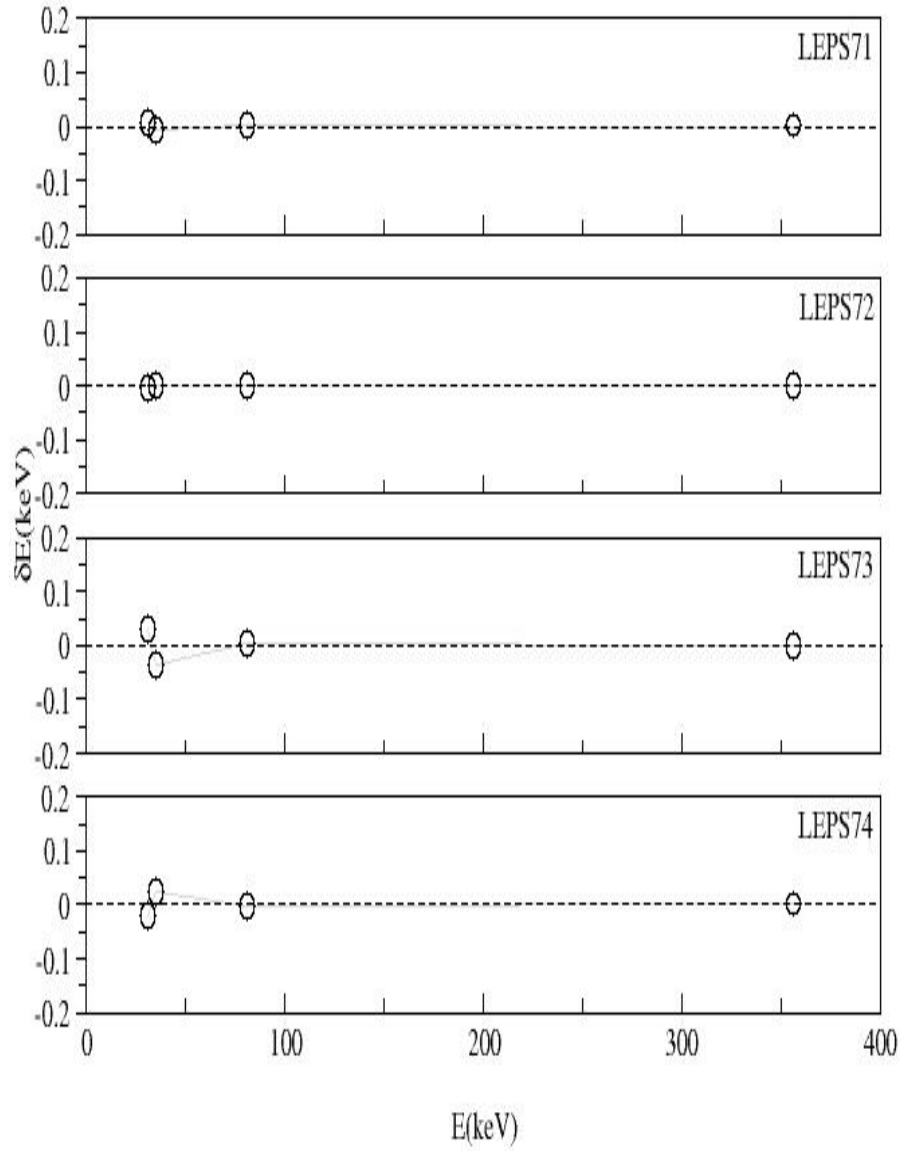
Şekil 4. 11 : LEP-4 dedektörüne ait kalibrasyon sonucu elde edilen enerjiler ile referans enerjiler arasındaki farkın, referans enerjiler ile değişimi.



Şekil 4. 12 : LEP-5 dedektörüne ait kalibrasyon sonucu elde edilen enerjiler ile referans enerjiler arasındaki farkın, referans enerjiler ile değişimi.

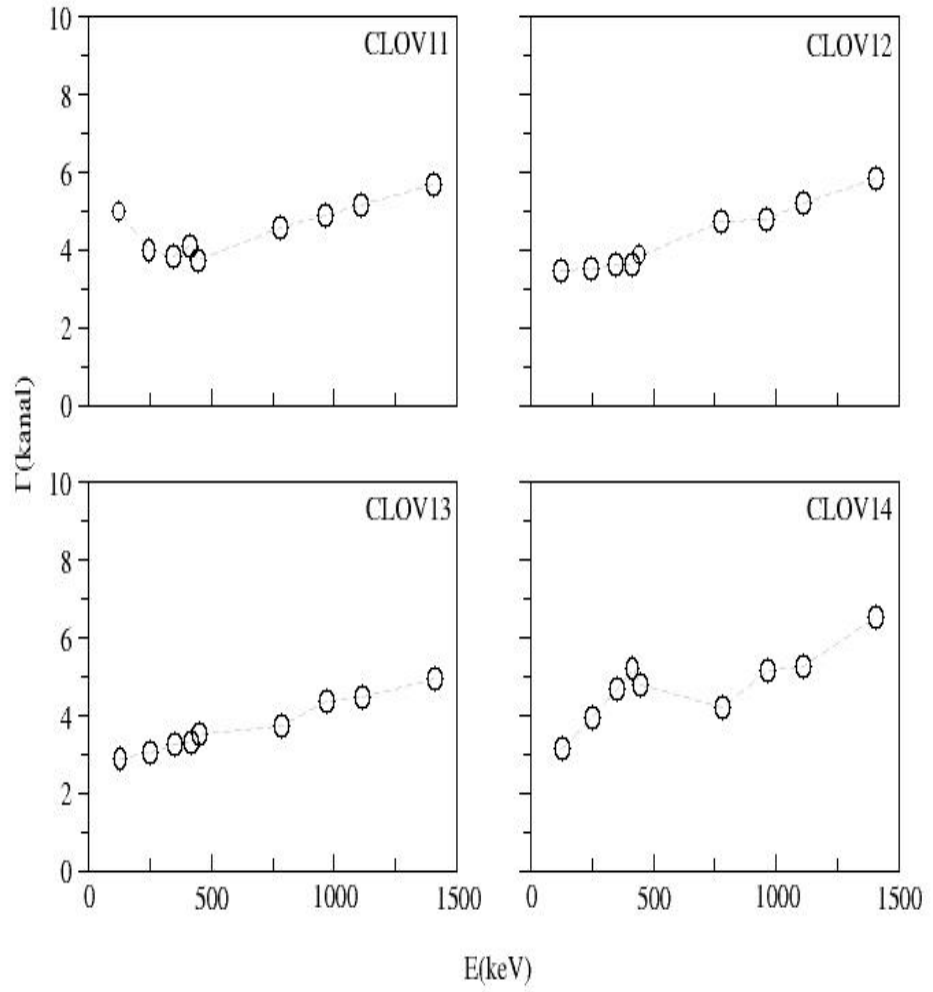


Şekil 4. 13 : LEP-6 dedektörüne ait kalibrasyon sonucu elde edilen enerjiler ile referans enerjiler arasındaki farkın, referans enerjiler ile değişimi.

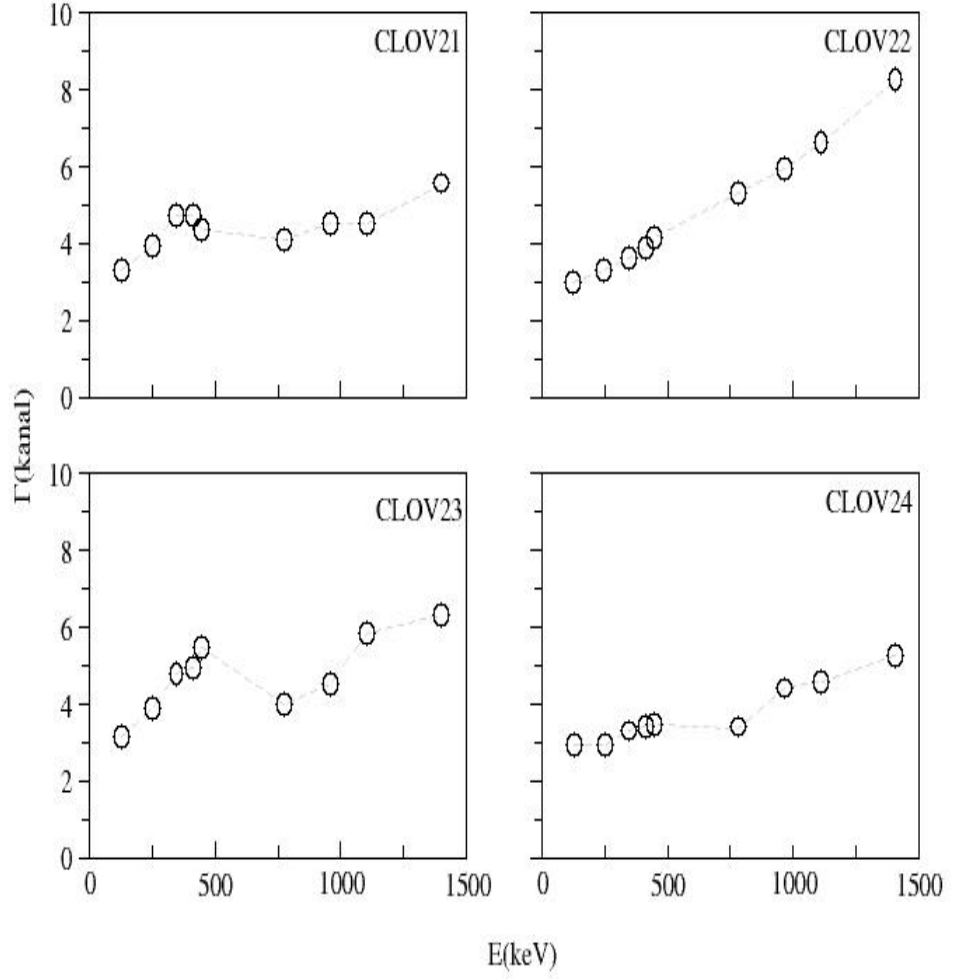


Şekil 4. 14 : LEP-7 dedektörüne ait kalibrasyon sonucu elde edilen enerjiler ile referans enerjiler arasındaki farkın, referans enerjiler ile değişimi.

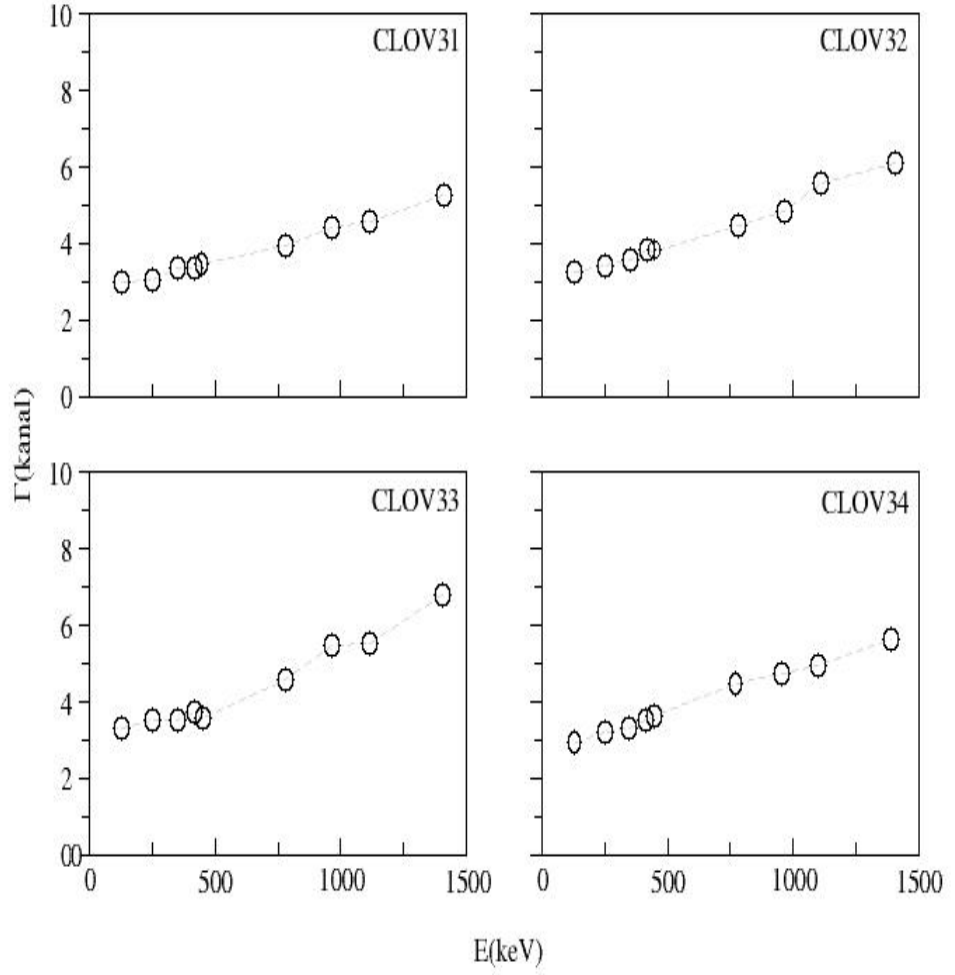
Enerji kalibrasyonu programının sonunda ayrıca FWHM'lar (Full Width at Half Maximum (Yarı yükseklikteki tam genişlik)) elde edilir. CLOVER dedektörleri için pikin yarı yükseklikteki tam genişliğinin, enerji ile değişimi Şekil 4.15-4.21'de verilmiştir.



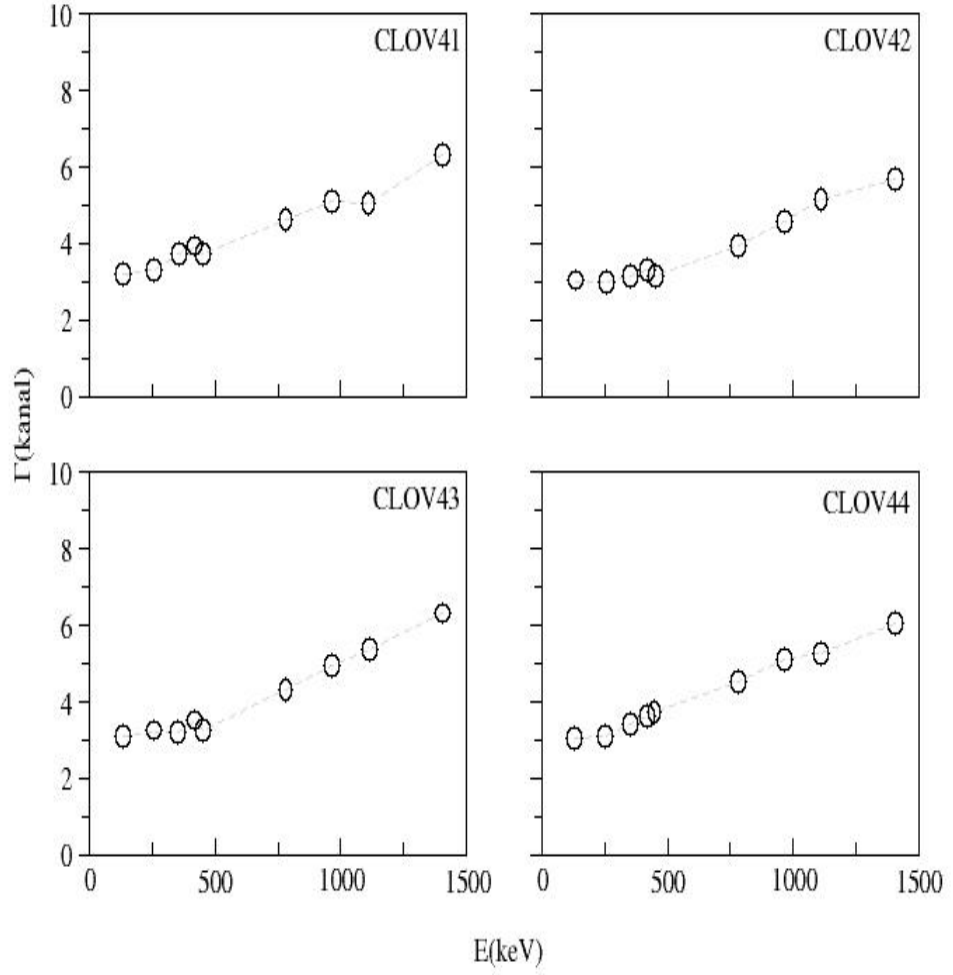
Şekil 4.15 : CLOV-1 dedektörüne ait piklerinin yarı yükseklikteki tam genişliklerinin, enerji ile değişimi.



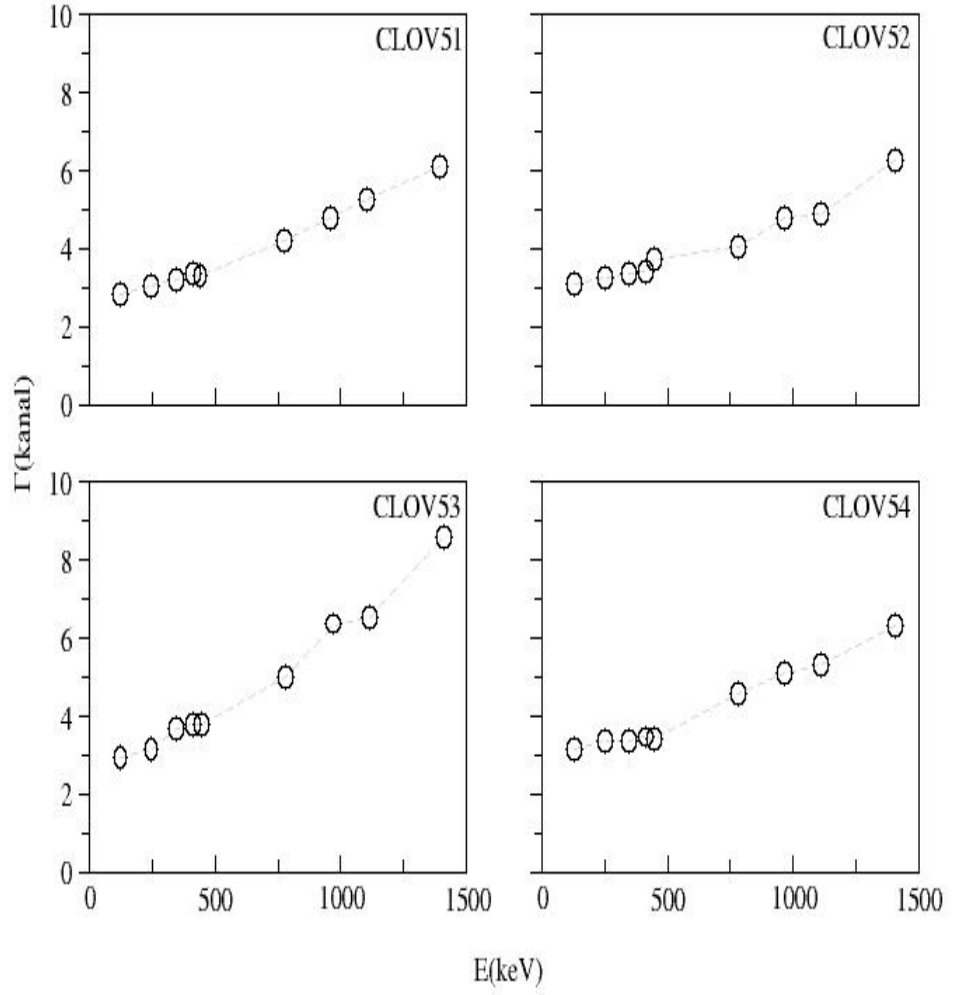
Şekil 4.16 : CLOV-2 dedektörüne ait piklerinin yarı yükseklikteki tam genişliklerinin, enerji ile değişimi.



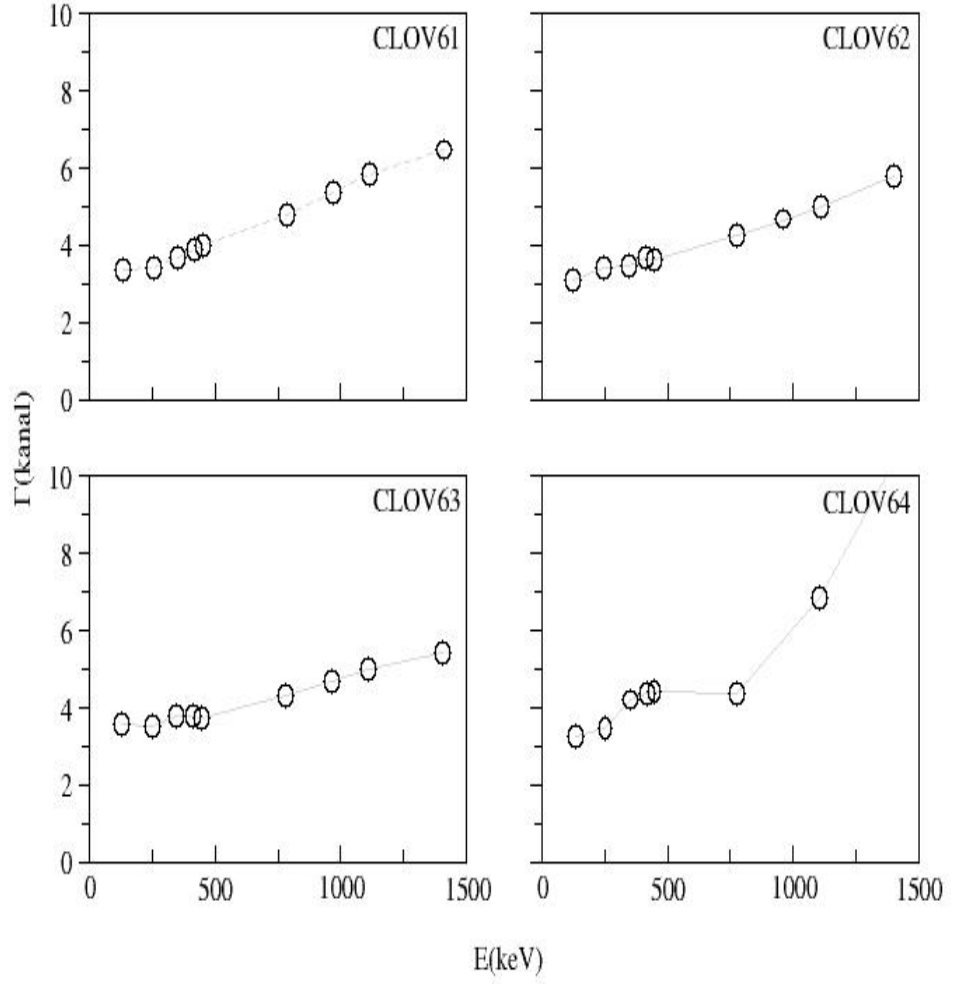
Şekil 4.17 : CLOV-3 dedektörüne ait piklerinin yarı yükseklikteki tam genişliklerinin, enerji ile değişimi.



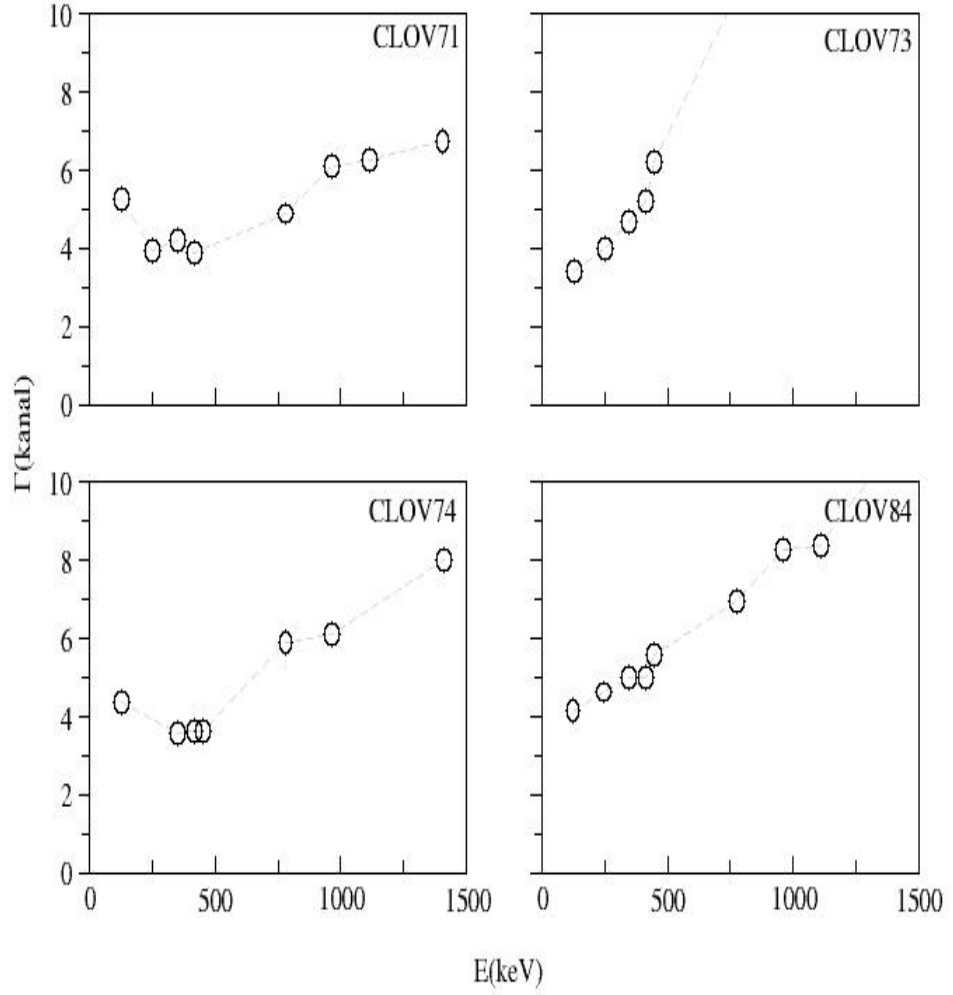
Şekil 4.18 : CLOV-4 dedektörüne ait piklerinin yarı yükseklikteki tam genişliklerinin, enerji ile değişimi.



Şekil 4.19 : CLOV-5 dedektörüne ait piklerinin yarı yükseklikteki tam genişliklerinin, enerji ile değişimi.



Şekil 4.20 : CLOV-6 dedektörüne ait piklerinin yarı yükseklikteki tam genişliklerinin, enerji ile değişimi.

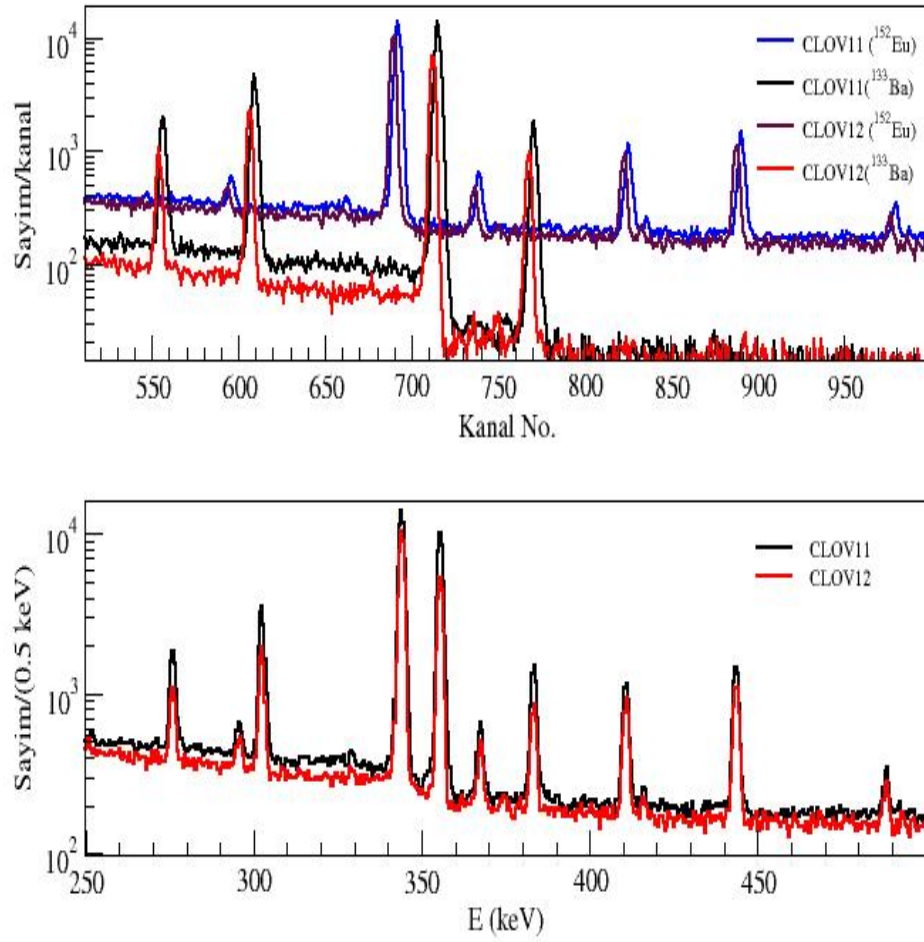


Şekil 4.21 : CLOV-72, CLOV-81, CLOV-82 CLOV-83 kristallerinin bozuk olmasından dolayı, enerji kalibrasyonu yapılan CLOV-71, CLOV-73, CLOV-74, CLOV-84 kristallerine ait piklerinin yarı yükseklikteki tam genişliklerinin, enerji ile değişimi.

4.2 KAZANÇ UYUŞTURULMASI

Deneyleer sırasında kristallerde, belli bir enerjiye karşılık gelen piklerin birbirine göre biraz kaymış olduğu gözlenmiştir. Bu sebeble deney düzeneğindeki her dedektörün tüm kristallerine ait kanal ve enerjileri aynı pozisyona getirebilmek için kazanç uyuşturulması (gain-matching) yapılmıştır.

Kazanç uyuşturulması parametrelerini elde edebilmek için, Linux işletim sisteminde çalışan RADWARE [11] alt programlarından yararlanılarak oluşturulmuş, kazanç uyuşturulması parametrelerini bulma programı kullanılmıştır. Programda tepe bulma programında belirlenen tepenin orta noktasına karşılık gelen kanalı ve bu kanalın hatasını giriş datası olarak kullanır. Kazanç uyuşturulması programı istenilen derecedeki polinomal için bir uyum yapar. Bu çalışmada kullanılan uyum polinomu derecesi ^{133}Ba ve ^{152}Eu için 2'dir. Çalışmada kullanılan ^{133}Ba ve ^{152}Eu standart radyoaktif kaynaklarının her bir referans enerjisi ile tüm kristaller için 1'er adet kazanç uyuşturulması parametresi belirlenmiş, sort programında giriş datası olarak kullanılmak üzere kaydedilmiştir. Şekil 4.22'de CLOVER-11 ve CLOVER-12 kristalleri için kazanç uyuşturulması programından önceki ^{133}Ba ve ^{152}Eu kaynaklarının ayrı ayrı spektrumlarının gösterimi ve alttaki spektrumda ise ^{133}Ba ve ^{152}Eu kaynaklarının tüm çizgilerinin aynı spektrumda bir araya getirilip, kazanç uyuşturulması olmuş hali gösterilmektedir.



Şekil 4.22 : ^{133}Ba ve ^{152}Eu kaynaklarının CLOV 1.1 ve CLOV 1.2 kristallerinden alınan spektrumun kazanç uyuşturulmasından önce (üstte) ve sonraki (altta) görünümü.

4.3 DEDEKSİYON VERİMİ

Gama ışınlarının yayınlanma oranı ölçümlerinde dedektörün veriminin bilinmesi gerekir. Bu çalışmada verim uyumu için CFIT [12] programından yararlanılmıştır. Bu programa chisquare değerini minimize edebilmek için, tahmini başlangıç parametreleri verilir. Bu başlangıç parametreleri verim uyum fonksiyonu ile hesaplanır.

$$\varepsilon_j(E_\gamma) = \sum_{i=1}^3 a_i e^{-b_i E_\gamma} \quad j = 1, n \quad (4.1)$$

Burada E_γ gama enerjisi (MeV) , $\varepsilon_j(E_\gamma)$ gama enerjisi ile değişen verim, a_i ve b_i verim parametreleridir.

Bu hesaplamalar sonucu bulunun verim uyumu değerleri chisquare fonksiyonunda kullanılır. Burada χ^2 (chisquare) değerini 0.001'e kadar minimize edebilen verim parametrelerine ulaşına dek, parametrelerde $\pm\delta\eta$ kadar değişiklikler yapılır.

$$\chi^2 = \sum_1^4 \frac{1}{\sigma_i^2} (E_d(E_\gamma) - E_u(E_\gamma))^2 \quad \sigma_i \quad (4.2)$$

Burada σ_i deney hatası, E_d deney esnasındaki gama enerjisi, E_u uyum sonucu elde edilen enerji değerleridir.

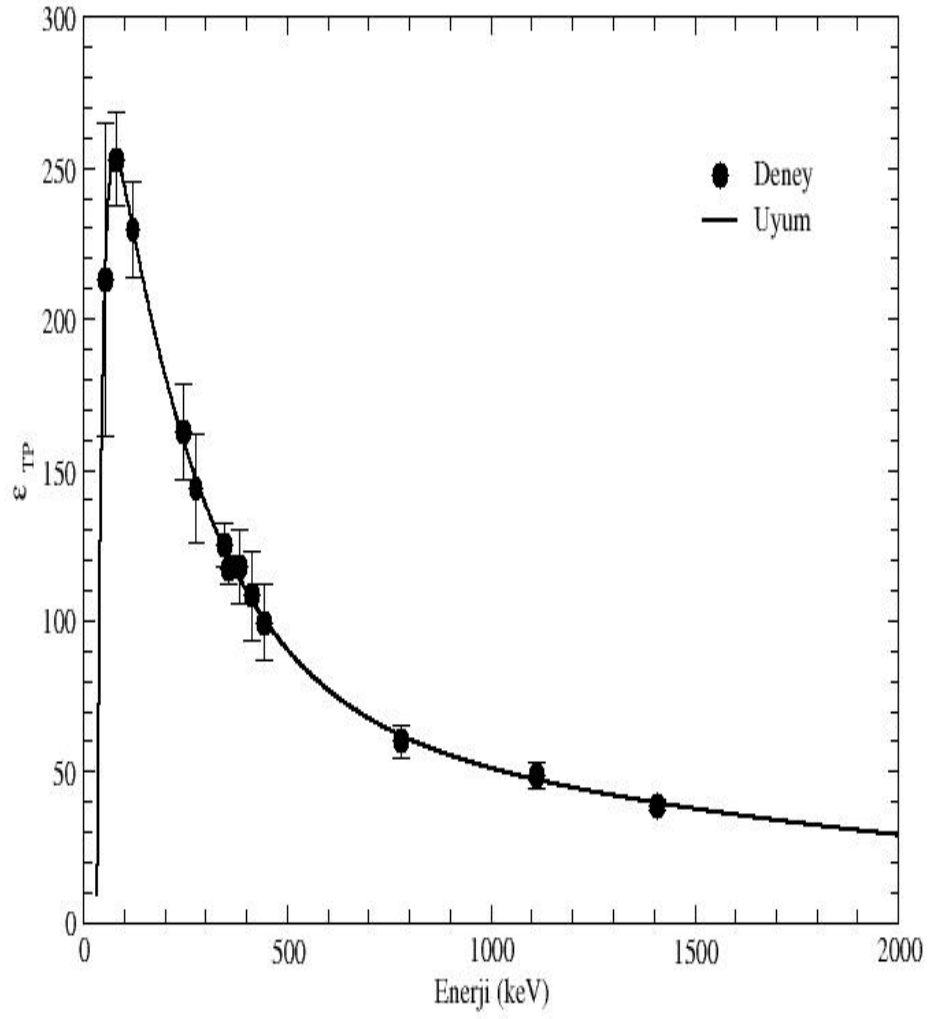
Yapılan iterasyonlar sonucunda en iyi verim parametrelerine ulaşılmıştır.

$$a_1 = -34.36 \quad b_1 = 71.75$$

$$a_2 = 0.7958 \quad b_2 = 0.5062$$

$$a_3 = 2.681 \quad b_3 = 4.475$$

Bu parametrelerini kullanarak elde ettiğimiz CLOVER dedektörlerinin verim eğrisi Şekil 4.23'de gösterilmektedir.



Şekil 4.23 : CLOVER dedektörlerinin verim eğrisi.

4.4 KOİNSİDANS MATRİSLERİN OLUŞTURULMASI

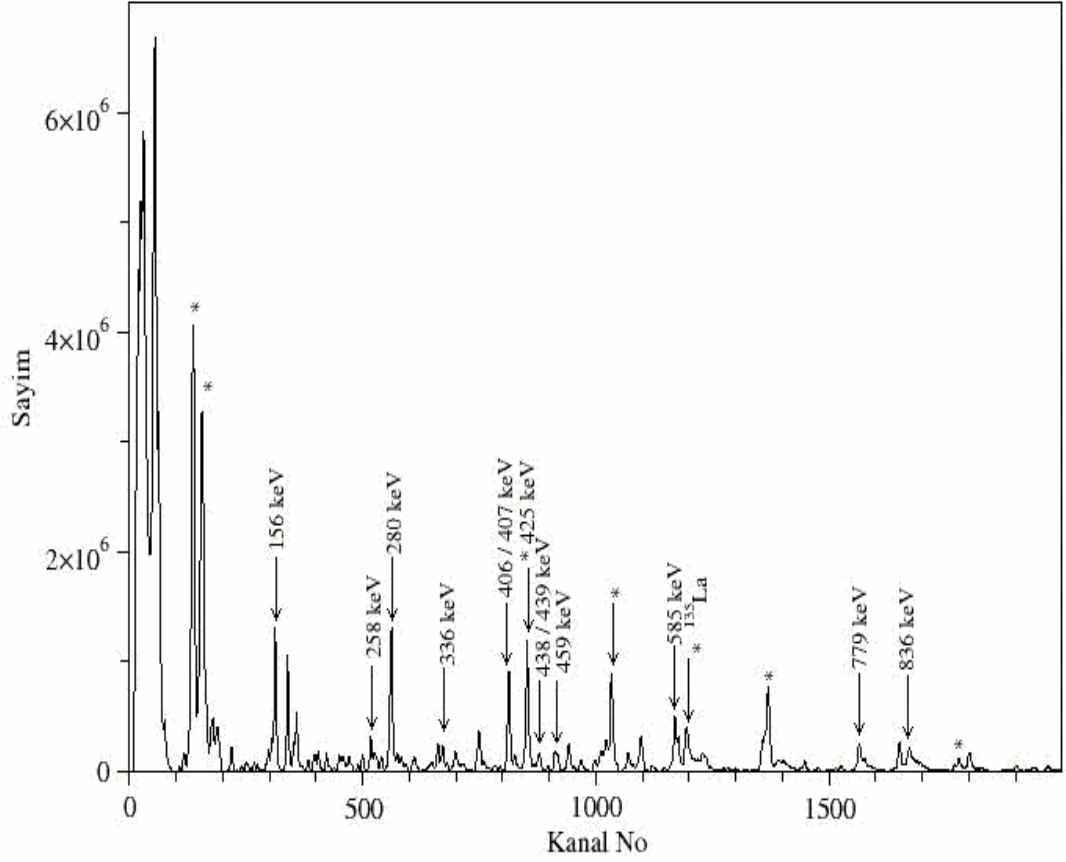
AFRODİTE spektrometreinde gerçekleştirilen deneyin datası deney sırasında sürekli olarak Magnetik Teyplere kayıt edilmişlerdir. Bu teypler XSYS [13] formatında olay datasını içermektedir.

Birinci adımda, bu datanın teyplerden okutulması, okutulan olaylar içinden istenmeyen olay datasının ayıklanarak, atılması ve sonunda geçerli tetikleme şartını (3/15) sağlayan olayların disk dosyası olarak sıkıştırılmış durumda yazılması gerçekleştirilmiştir. Presort programı ile yapılan bu işlemler sonucu % 70'e yakın sıkıştırma faktörü ile deney datasının diskte saklanması sağlanmıştır.

İkinci adım ise olay dosyaları olarak saklanan bu dosyaların okutulması, enerji kalibrasyonu sürecinde belirlenmiş kazanç parametreleri kullanılarak darbe yüksekliklerinin uyuşturulması, geri ekleme ve bir olay içinde 2 veya daha fazla koinsidans olayı olması durumunda matrisin uygun elemanlarına bu alt olayların taşınmasıdır. Bu işlemlerin yapılmasında kullanılan sort programı g77 ile yazılmıştır ve LINUX işletimi sistemi altında çalışmaktadır. Bir CLOVER/CLOVER matrisi oluşturma süreci 50GB'lık data için ~7saatCPU zamanı gerektirmektedir.

Bu tez çalışmasında oluşturulmuş simetrik γ / γ koinsidans matrisinden elde edilen toplam izdüşüm spektrumu Şekil 4.24'de gösterilmiştir. Herhangi bir koinsidans kapılaması yapılmamasına karşın, ^{136}La temel seviye bandına ait çizgilerin belirgin bir şekilde spektrumda yer alması deneysel datanın kalitesini göstermektedir.

Daha önce Bölüm 2.5'de verilen ve $^{130}\text{Te} + ^{11}\text{B}$ reaksiyonuna ait uyarılma fonksiyonunda birden fazla kanal açıktır. Bu kanalların katkısı Şekil 4.24'de gösterilmektedir. Esas reaksiyon kanalları yanında $^{197}\text{Au} + ^{11}\text{B}$ reaksiyonuna ait çizgilerde burada yer almaktadır. ^{130}Te hedefin kaplı olduğu ^{197}Au sırt malzemesinden kaynaklanmaktadır. Bu kirlilikler Şekil 2.24'de (*) ile belirtilmiştir.



Şekil 4.24 : CLOV x CLOV matrisi ile üretilen toplam izdüşüm spektrumu.

4.5 ESCL8R PROGRAMI

ESCL8R, HPGe'nin eş zamanlı dedeksiyonuyla elde edilen gama-gama matrisleri analizi için kullanılan bir programdır. Program temel olarak yüksek spin spektroskopisi çalışmaları için tasarlanmıştır. Bu program ayrıca gözlemlenen spektrum ile kullanıcı tarafından önerilen spektrumu karşılaştırmak için bir beklenen spektrum, elektron dönüşüm katsayısı, dedeksiyon verimi ve gama ışını enerji kalibrasyonu hesaplamaları için de kullanılmaktadır.

Önerilen seviye şeması ile, ekran üzerinde gözlemlenen ve beklenen spektrumları da gösteren program önerilen seviye şeması üzerinde kolay ve hızlı değişikliğe izin veren grafik tabanlı bir editör içerir.

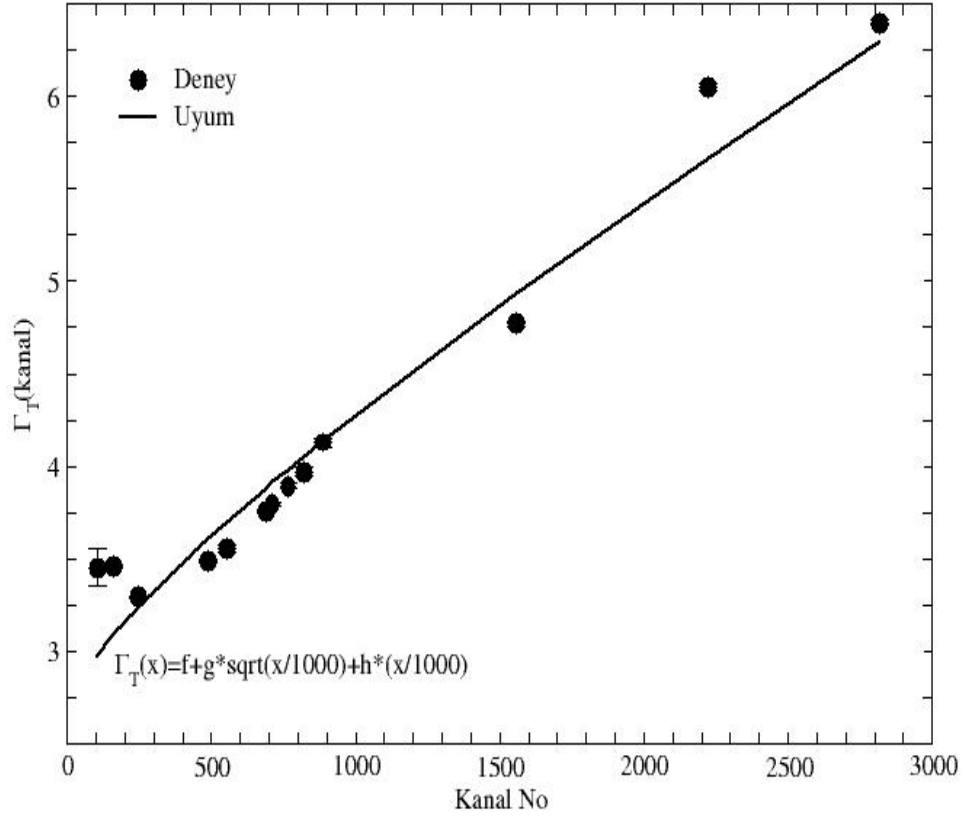
Modern HPGe dedektör toplulukları, özellikle yüksek spinli nükleer yapı fiziği ile ağır iyon füzyon buharlaşma reaksiyonları için gama ışını çalışmalarında bir devrim oluşturmuştur. Benzer sistemlerden elde edilen verilerin analizi, genellikle koincidans verilerden iki boyutlu histogramların oluşturulması ile gerçekleştirilir. Bir çok gözlemlenmiş geçişin olduğu karmaşık seviye şeması için sonuç spektrumdan anlam çıkarmak ve elde edilen seviye şeması bilgilerini ayırt etmek oldukça zordur [14].

ESCL8R'ın diğer bir özelliği, deneysel verinin depolanması için lineer olmayan bir artışa izin vermesidir. Bu genellikle, piklerin yaklaşık sabit olan yarı yükseklikteki tam genişliklerini enerjiden bağımsız olarak elde etmede kullanılır.

$$FWHM(x) = f + g \sqrt{\frac{x}{1000}} + h \frac{x}{1000} \quad (4.3)$$

Burada, x kanal sayısıdır. Birinci terim (sabit) dedektör ve yükselticinin içindeki gürültüden, ikinci terim yük toplama işleminin istatistiğinden ve üçüncü terim ise geri tepen artık çekirdekten yayılan gama ışını piklerinin Doppler genişlemesinden kaynaklanır. Eğer kalın bir hedef kullanılırsa geri tepme durur ve böylelikle son terim sıfır olur. Bu parametreler dedektör topluluğuna, elektroniğine, enerji dağılımına bağlıdır.

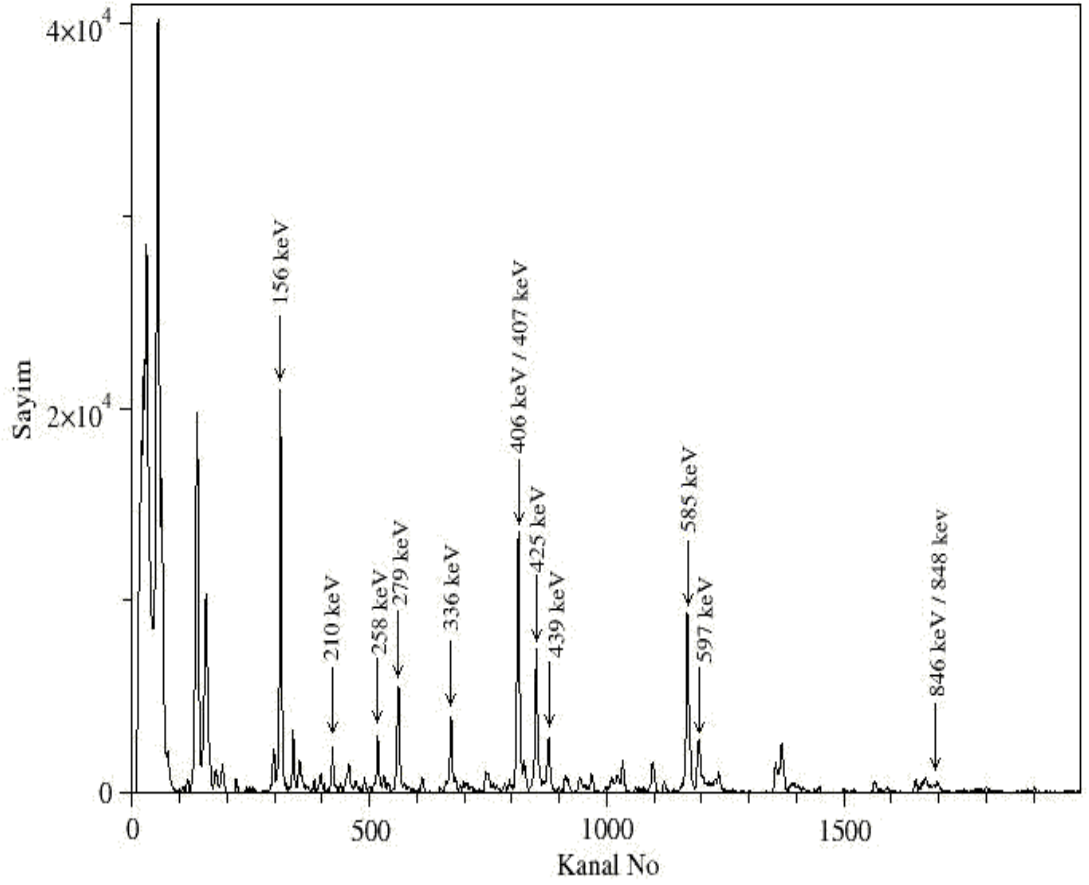
Bu çalışmadaki kullanılan parametre değerleri $f = 2.59$, $g = 0.900$, $h = 0.775$ 'tür. Tüm dedektörlere ait ortalama yarı yükseklikteki tam genişliğinin, kanal numarası ile değişimi Şekil 4.25'de verilmiştir.



Şekil 4.25 : Tüm kristallere ait ortalama FWHM değerlerinin kanal numarası ile değişimi.

İncelenen bir çekirdeğin gama geçişlerinin oluşturduğu seviye şemasını elde etmek veya önceden bulunmuş seviyeyi geliştirmek için ESCL8R programı kullanılırken ilk önce eşzamanlı diğer gama geçişlerini aradığımız bir gama geçişine gate yerleştirilir. Gate yerleştirme o geçişi klavye veya mouse kullanarak seçmek anlamındadır. Gate yerleştirme yapıldıktan sonra ilgilenilen gama geçişiyle eşzamanlı gerçekleşen gama geçişleri, spektrum penceresinde oluşan spektrumdaki sayım oranı diğerlerinden önemli derecede büyük olan pikler tespit edilerek, elde edilmeye çalışılır. Bu işlemler tekrarlanarak yeni seviye şemaları oluşturulur. ESCL8R'ın menü çubuğunda bu işlemleri kolaylaştıran birçok komut bulunmaktadır. Şekil 4.26'da CLOVxCLOV matrisinde, ^{136}La temel seviye geçişine (280 keV) gate konulmasıyla elde edilen spektrum gösterilmektedir.

Programın en önemli avantajı, incelenen çekirdek için seviye şeması oluştururken veya var olan şemayı geliştirirken önerilen bir seviye şeması için gözlemlenen eşzamanlı sonuçları sağlamanın yanında önerilen bu şema üzerinde beklenen hesapları da sunmasıdır. Bu yolla kullanıcı gözlemlenen sonuçlara göre önerdiği seviye şemasını değiştirebilir.



Şekil 4.26 : 280 keV'e gate konulduğunda ^{136}La spektrumunda görülen enerji çizgileri.

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Deney sonucunda elde edilen verilerden, RADWARE alt programlarından yararlanılarak oluşturulmuş programlar kullanılarak, enerji kalibrasyonu, kazanç uyuşturulması, FWHM ve verim parametreleri bulunmuştur.

Enerji kalibrasyonu sonucunda referans kaynak enerjileri ile uyumdan elde edilen enerji değerleri arasında; CLOVER dedektörleri için, ± 0.1 'lik, LEP dedektörleri için, ± 0.05 'lik maksimum sapma oluşmuştur.

Kazanç uyuşturulması parametrelerini bulma programı kullanılarak, ^{133}Ba ve ^{152}Eu standart radyoaktif kaynaklarının her bir referans enerjisine karşılık tüm kristaller için birer adet kazanç uyuşturulması parametresi belirlenmiştir. Bulunan bu parametrelerle yapılan kazanç uyuşturulması sonucu her bir kristale ait olan spektrumdaki enerji çizgileri aynı kanallara karşılık getirilmiştir. Bu da, kullanılan programın kazanç uyuşturulması parametrelerini yüksek hassaslıkta bulduğu sonucunu vermektedir.

Kazanç uyuşturulması parametreleri, FWHM ve verim parametreleri sort programında giriş verisi olarak kullanılarak, sort işlemi yapılmış ve oluşturulan matrisler sonucunda önceden yapılmış deneysel sonuçlarla [15] uyum içinde olduğu görülmüştür.

PACE kodları ile hesaplanan reaksiyonun tesir kesiti ve TRS hesapları sonucunda, ^{136}La çekirdeğinde chiral rotasyonunun gözlenmesi gerektiği ile ilgili önemli bir altyapı oluşmuştur. Bu nedenle yüksek spin seviyelerinin A~130 kütleli bölgesinde chiral simetrisi beklendiğinden $^{130}\text{Te} + ^{11}\text{B} \rightarrow ^{136}\text{La} + 5n$ reaksiyonuyla elde edilen La izotopları incelenmeye devam edilmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] STAROSTA K., 2001, *Chiral Doublet structures in Odd-Odd $N=75$ Isotones: Chiral Vibrations*, Phys. Rev. Lett. Vol.86, No.971.
- [2] FRAUENDORF S., MANG J., 1997, *Tilted Rotation of Triaxial Nuclei*, Nucl. Phys. A. Vol.617, No.131.
- [3] DIMITROV V.I., 2000, *Chirality of Nuclear Rotation*, Phys.Rev.Lett. Vol.84, No.5732
- [4] PETRACHE C.M. , 1996, *Rotational Bands in the Doubly Odd Nucleus*, Nucl. Phys. A. Vol.597, No.106.
- [5] MOREK T., 1985, *In-Beam Study of the Odd-Odd Nuclei ^{134}La and ^{136}La* , Nucl. Phys. A. Vol. 433, No.159.
- [6] BROWNE E., FIRESTONE R.B., 1986, *Table of Radioactive Isotopes*, John Wiley & Sons, USA, ISBN 0_471_84909_X
- [7] GAVRON A., 1980, *Statistical Model Calculations in Heavy Ion Reactions*, Phys. Rev.C. Vol.21, No.230-236.
- [8] SIERK A.J.,1986, *Macroscopic Model in Rotational Nuclei*, Phys. Rev. C Vol.33, No.2039.
- [9] TARASOV O.B., 2003, *Development of the Program LISE: Application to Fusion-Evaporation*, Nucl. Instr. and Meth. In Phys. Research B. Vol.204, No.174-178.
- [10] ELEKES Z., 2003, *Absolute Full-Energy Peak Efficiency Calibration of a Clover-BGO Detector System*, Nucl. Instr.and Meth. A Vol.503, No.580-588.
- [11] RADFORD D.C., 1995, *Background Subtraction from In-Beam HPGE Coincidence Data Sets*, Nucl. Instr.and Meth. A. Vol.361, No.306.
- [12] SMITH W.B., 1969, *Search Routine: Parameter Search by Chisquare Minimization*, Computer Physics Communications Vol.1, No.135.
- [13] NAC Internal Report, 1988, *User Reference to XSYS \ NAC: Event-Analysis Language (EVAL)*, National Accelerator Center, South Africa.

[14] RADFORD D.C., 1995, *ESCL8R and LEVIT8R: Software for Interactive Grafical Analysis of HPGe Coincidence Data Sets*, Nucl. Instr.and Meth. A. Vol.361, No.297.

[15] CYBULSKA E.W. , 2000, *High Spin Structure in A~100 And 140 Mass Regions*, Acta Physica Polonica B. Vol.32, No.92.

ÖZGEÇMİŞ

Pınar CAN 18.05.1979'da Tekirdağ'da doğdu. Tekirdağ Anadolu Lisesi ve Özel Tekirdağ Lisesinde orta ve lise eğitimini tamamlayıp, 1998 yılında İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Bölümünde lisans eğitimine başladı.

2002 yılında yüksek lisans eğitimine başlayan Pınar Can, 2002 Kasım ayında halen görev yaptığı İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Fizik Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak atandı.

