

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ ENERJİ ENSTİTÜSÜ

**İSTANBUL BOĞAZI İÇİN NÜKLEER TEKNİKLE
YÜZEY TUZLULUK TAYİNİ, YENİ BİR ANALİTİK
MODEL VE İRDELENMESİ**

**DOKTORA TEZİ
Fiz. Yük. Lis. Şerife İpek KARAASLAN**

Anabilim Dalı: NÜKLEER ARAŞTIRMALAR

Programı: NÜKLEER ENERJİ

NİSAN 2006

ÖNSÖZ

Bu çalışma ile disiplinlerarası bilimsel ve özgün bir araştırma yapılması hedeflenmiştir. Bu bağlamda ileri teknikleri arasında yer alan nükleer teknik ile çalışılması amaçlanmıştır. Önemli bir su yolu olan İstanbul Boğazı'ndaki yüzey deniz tuzluluğunun yerel ve mevsimsel değişimi deneysel yöntemlerle incelenmiştir. Deneysel verilerden bir matematik model oluşturulmuş ve oluşturulan bu matematiksel modelin, hem deneysel sonuçlarla hem de günümüzde sıkça tercih edilen bir paket program olan FEMLAB ile sınanması bu çalışmanın temelini oluşturmuştur.

Bu doktora tez çalışmasının konusunu belirleyen, bilimsel esaslara göre yöneten ve yönlendiren, her aşamasında bilimsel, insani hiçbir yardımı esirgemeyen çok değerli hocam sayın Prof. Dr. A. Beril Tuğrul'a yüksek teşekkürlerimi arz ederim.

Bu doktora tez çalışmasının İ.T.Ü. TRIGA MARK II Reaktöründeki ışınlamalarda bize destek olan sayın Prof. Dr. Hasbi Yavuz'a ve deneysel çalışmaların yapılabilmesi için gerekli olan deniz suyunun edinilmesinde desteğini aldığımız İ.T.Ü. Denizcilik Fakültesi Öğretim Görevlisi Dr. Zuhale Er'e teşekkürlerimi sunarım.

Deneylerin yapılışı ve ölçümleme sırasında yardım eden İ.T.Ü. Enerji Enstitüsü Doç.Dr. Nilgün Doğan Baydoğan'a, Yük.Lis. Arzu Kurtoğlu'na, destek aldığımız teknisyen Murat Oğuz'a ve ayrıca İTÜ TRIGA MARK II Reaktörü ekibine teşekkür ederim.

Çalışmam süresince bana destek olan Yeditepe Üniversitesi Fizik Bölümü'nün değerli çalışanlarına teşekkürlerimi sunarım.

Doktora çalışmam boyunca bana desteklerini her zaman hissettiren Mutafoğlu ve Karaaslan ailelerine ve özellikle eşime sonsuz teşekkür ederim.

Aralık 2005

Şerife İpek KARAASLAN

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	x
TABLO LİSTESİ	xi
ŞEKİL LİSTESİ	xviii
SEMBOL LİSTESİ	xxi
ÖZET	xxii
SUMMARY	xxiii
1. GİRİŞ	i
1.1 Dünya Denizleri	1
1.2 Denizlerle İlgili Araştırmalar	3
2. DENİZ TUZLULUĞU TAYİNİ VE TAYİN YÖNTEMLERİ	9
2.1 Deniz Tuzluluğu	9
2.2 Deniz Tuzluluğu Tayin Yöntemleri	11
2.2.1 Rutin Yöntemler	13
2.2.1.1 Titrasyon Yöntemi	13
2.2.1.2 Elektrik İletkenliği Yöntemi	14
2.2.1.3 Hidrometrik Yöntem	15
2.2.1.4 Refraktometrik Yöntem	16
2.2.1.5 Uçurma Yöntemi	16
2.2.2 Alternatif Yöntemler	17
2.2.2.1 İkili Modlu Yoğunluk Ölçme (DMD-Dual Mode Densitometer)	17
2.2.2.2 Fiber Optik Mikrosensör Yöntemi	17
2.2.3 Yeni Gelişen Yöntem	17
2.2.3.1 Uzaktan Algılama	17
3. NÖTRON AKTİVASYON ANALİZİ	19
3.1 Nötron Aktivasyon Analizinin Nükleer Teknikler İçindeki Yeri	19
3.1.1 Nükleer Tekniklerin Genel Tanıtımı	19
3.1.1.1 Radyasyon Ölçümleme	19
3.1.1.2 Transmisyon Tekniği	19
3.1.1.3 Işınlama Teknikleri	20
3.1.1.4 Radyasyonla Görüntü Alma Teknikleri	20
3.1.2 Nükleer Tekniklerin Kullanım Alanları	21
3.1.2.1 Tıpta Kullanılan Nükleer Teknikler	21
3.1.2.2 Endüstride Kullanılan Nükleer Teknikler	22
3.1.2.3 Tarımda Kullanılan Nükleer Teknikler	22
3.1.2.4 Arkeometride Kullanılan Nükleer Teknikler	22
3.1.3 Nükleer Tekniklerin Avantaj ve Dezavantajları	22

3.2 Nötron Aktivasyon Analizinin Tanıtımı	23
3.2.1 Nötron Aktivasyon Analizinin Özellikleri	23
3.2.2 Nötron Aktivasyon Analizinin Tipleri	25
4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR	27
4.1 Deneysel Çalışmaların Amacı	27
4.1.1 Deniz Karışım Bölgesi Seçimi	27
4.1.2 Çalışılan Bölge Oşinografisi	28
4.1.2.1 Marmara Denizinin Genel Oşinografisi	28
4.1.2.2 Karadeniz'in Genel Oşinografisi	30
4.1.2.3 İstanbul Boğazının Genel Oşinografisi	32
4.2 Numune Alım Noktalarının Seçimi ve Numunelerin Toplanması	33
4.3 Nötron Aktivasyon Analizi ile Tuzluluk Tayini	37
4.4 Örnek Hazırlanması	41
4.5 Nötron Kaynağının Tanıtımı	43
4.5.1 TRIGA Mark II Reaktörü Tavşan Sistemi	45
4.5.2 Pu/Be Nötron Kaynağı (Nötron Howitzer 3 (NH-3))	45
4.6 Işınlama Parametreleri	48
4.7 Sayım Şartlarının ve Sayım Düzenineğinin Tanıtılması	48
4.7.1 NaI(Tl) Sintilasyon Detektörü	49
4.7.2 Çok Kanallı Analizör	51
4.8 Uçurma Yöntemiyle Tuzluluk Tayini	52
4.9 Deneylerin Yapılışı	53
5. DENEYSEL SONUÇLAR	55
5.1 Nötron Aktivasyon Analizi ile Ulaşılan Deney Sonuçları	55
5.1.1 Referans Örneğin Sonuçları	55
5.1.2 Kilyos Numune Alım Noktası Sonuçları	56
5.1.2.1 Kilyos Numune Alım Noktası Kasım 2002 Deney Sonuçları	56
5.1.2.2 Kilyos Numune Alım Noktası Şubat 2003 Deney Sonuçları	56
5.1.2.3 Kilyos Numune Alım Noktası Mayıs 2003 Deney Sonuçları	57
5.1.3 Rumelikavağı Numune Alım Noktası Sonuçları	58
5.1.3.1 Rumelikavağı Numune Alım Noktası Mayıs 2002 Deney Sonuçları	58
5.1.3.2 Rumelikavağı Numune Alım Noktası Ağustos 2002 Deney Sonuçları	58
5.1.3.3 Rumelikavağı Numune Alım Noktası Kasım 2002 Deney Sonuçları	59
5.1.3.4 Rumelikavağı Numune Alım Noktası Şubat 2003 Deney Sonuçları	60
5.1.3.5 Rumelikavağı Numune Alım Noktası Mayıs 2003 Deney Sonuçları	60
5.1.4 Tarabya Numune Alım Noktası Sonuçları	61
5.1.4.1 Tarabya Numune Alım Noktası Mayıs 2002 Deney Sonuçları	61

5.1.4.2 Tarabya Numune Alım Noktası Ağustos 2002 Deney Sonuçları	61
5.1.4.3 Tarabya Numune Alım Noktası Kasım 2002 Deney Sonuçları	62
5.1.4.4 Tarabya Numune Alım Noktası Şubat 2003 Deney Sonuçları	63
5.1.4.5 Tarabya Numune Alım Noktası Mayıs 2003 Deney Sonuçları	63
5.1.5 Emirgan Numune Alım Noktası Sonuçları	64
5.1.5.1 Emirgan Numune Alım Noktası Mayıs 2002 Deney Sonuçları	64
5.1.5.2 Emirgan Numune Alım Noktası Ağustos 2002 Deney Sonuçları	65
5.1.5.3 Emirgan Numune Alım Noktası Kasım 2002 Deney Sonuçları	65
5.1.5.4 Emirgan Numune Alım Noktası Şubat 2003 Deney Sonuçları	66
5.1.5.5 Emirgan Numune Alım Noktası Mayıs 2003 Deney Sonuçları	67
5.1.6 Bebek Numune Alım Noktası Sonuçları	67
5.1.6.1 Bebek Numune Alım Noktası Mayıs 2002 Deney Sonuçları	67
5.1.6.2 Bebek Numune Alım Noktası Ağustos 2002 Deney Sonuçları	68
5.1.6.3 Bebek Numune Alım Noktası Kasım 2002 Deney Sonuçları	69
5.1.6.4 Bebek Numune Alım Noktası Şubat 2003 Deney Sonuçları	69
5.1.6.5 Bebek Numune Alım Noktası Mayıs 2003 Deney Sonuçları	70
5.1.7 Salacak Numune Alım Noktası Sonuçları	70
5.1.7.1 Salacak Numune Alım Noktası Kasım 2002 Deney Sonuçları	70
5.1.7.2 Salacak Numune Alım Noktası Şubat 2003 Deney Sonuçları	71
5.1.7.3 Salacak Numune Alım Noktası Mayıs 2003 Deney Sonuçları	72
5.1.8 Tuzla Noktası Sonuçları	72
5.1.8.1 Tuzla Numune Alım Noktası Mayıs 2002 Deney Sonuçları	72
5.1.8.2 Tuzla Numune Alım Noktası Ağustos 2002 Deney Sonuçları	73
5.1.8.3 Tuzla Numune Alım Noktası Kasım 2002 Deney Sonuçları	74
5.1.8.4 Tuzla Numune Alım Noktası Şubat 2003 Deney Sonuçları	74
5.1.8.5 Tuzla Numune Alım Noktası Mayıs 2003 Deney Sonuçları	75
5.1.9 Kontrol Grubu Numunelerin Tuzluluk Sonuçları	75
5.1.9.1 Referans Örnek Sayım Sonuçları	76
5.1.9.2 Kilyos Numune Noktası Ağustos 2005 Sonuçları	76
5.1.9.3 Rumelikavağı Numune Noktası Ağustos 2005 Sonuçları	77
5.1.9.4 Tarabya Numune Noktası Ağustos 2005 Sonuçları	77
5.1.9.5 Emirgan Numune Noktası Ağustos 2005 Sonuçları	78
5.1.9.6 Bebek Numune Noktası Ağustos 2005 Sonuçları	78
5.1.9.7 Salacak Numune Noktası Ağustos 2005 Sonuçları	79
5.1.9.8 Tuzla Numune Noktası Ağustos 2005 Sonuçları	79
5.1.10 İTÜ TRIGA Mark II Tavşan Sistemindeki Işınlama Sonuçları	80
5.1.10.1 Rumelikavağı Numune Alım Noktası Deneysel Sonuçları	80
5.1.10.2 Tarabya Numune Alım Noktası Deneysel Sonuçları	81
5.1.10.3 Emirgan Numune Alım Noktası Deneysel Sonuçları	81
5.1.10.4 Bebek Numune Alım Noktası Deneysel Sonuçları	82
5.1.10.5 Tuzla Numune Alım Noktası Deneysel Sonuçları	82
5.2 Uçurma Yöntemiyle Elde Edilen Deney Sonuçları	83
5.2.1 Kilyos Numune Alım Noktası Sonuçları	83
5.2.1.1 Kilyos Numune Alım Noktası Kasım 2002 Sonuçları	83
5.2.1.2 Kilyos Numune Alım Noktası Şubat 2003 Sonuçları	84
5.2.1.3 Kilyos Numune Alım Noktası Mayıs 2003 Sonuçları	84
5.2.2 Rumelikavağı Numune Alım Noktası Sonuçları	84
5.2.2.1 Rumelikavağı Numune Alım Noktası Mayıs 2002 Sonuçları	84
5.2.2.2 Rumelikavağı Numune Alım Noktası Ağustos 2002 Sonuçları	85

5.2.2.3 Rumelikavağı Numune Alım Noktası Kasım 2002 Sonuçları	85
5.2.2.4 Rumelikavağı Numune Alım Noktası Şubat 2003 Sonuçları	85
5.2.2.5 Rumelikavağı Numune Alım Noktası Mayıs 2003 Sonuçları	86
5.2.3 Tarabya Numune Alım Noktası Sonuçları	86
5.2.3.1 Tarabya Numune Alım Noktası Mayıs 2002 Sonuçları	86
5.2.3.2 Tarabya Numune Alım Noktası Ağustos 2002 Sonuçları	87
5.2.3.3 Tarabya Numune Alım Noktası Kasım 2002 Sonuçları	87
5.2.3.4 Tarabya Numune Alım Noktası Şubat 2003 Sonuçları	87
5.2.3.5 Tarabya Numune Alım Noktası Mayıs 2003 Sonuçları	87
5.2.4 Emirgan Numune Alım Noktası Sonuçları	88
5.2.4.1 Emirgan Numune Alım Noktası Mayıs 2002 Sonuçları	88
5.2.4.2 Emirgan Numune Alım Noktası Ağustos 2002 Sonuçları	88
5.2.4.3 Emirgan Numune Alım Noktası Kasım 2002 Sonuçları	89
5.2.4.4 Emirgan Numune Alım Noktası Şubat 2003 Sonuçları	89
5.2.4.5 Emirgan Numune Alım Noktası Mayıs 2003 Sonuçları	89
5.2.5 Bebek Numune Alım Noktası Sonuçları	90
5.2.5.1 Bebek Numune Alım Noktası Mayıs 2002 Sonuçları	90
5.2.5.2 Bebek Numune Alım Noktası Ağustos 2002 Sonuçları	90
5.2.5.3 Bebek Numune Alım Noktası Kasım 2002 Sonuçları	90
5.2.5.4 Bebek Numune Alım Noktası Şubat 2003 Sonuçları	91
5.2.5.5 Bebek Numune Alım Noktası Mayıs 2003 Sonuçları	91
5.2.6 Salacak Numune Alım Noktası Sonuçları	91
5.2.6.1 Salacak Numune Alım Noktası Kasım 2002 Sonuçları	92
5.2.6.2 Salacak Numune Alım Noktası Şubat 2003 Sonuçları	92
5.2.6.3 Salacak Numune Alım Noktası Mayıs 2003 Sonuçları	92
5.2.7 Tuzla Numune Alım Noktası Sonuçları	93
5.2.7.1 Tuzla Numune Alım Noktası Mayıs 2002 Sonuçları	93
5.2.7.2 Tuzla Numune Alım Noktası Ağustos 2002 Sonuçları	93
5.2.7.3 Tuzla Numune Alım Noktası Kasım 2002 Sonuçları	93
5.2.7.4 Tuzla Numune Alım Noktası Şubat 2003 Sonuçları	94
5.2.7.5 Tuzla Numune Alım Noktası Mayıs 2003 Sonuçları	94
5.2.8 Kontrol Grubu Deney Sonuçları	94
5.2.8.1 Kilyos Numune Noktası Ağustos 2005 Sonuçları	95
5.2.8.2 Rumelikavağı Numune Noktası Ağustos 2005 Sonuçları	95
5.2.8.3 Tarabya Numune Noktası Ağustos 2005 Sonuçları	95
5.2.8.4 Emirgan Numune Noktası Ağustos 2005 Sonuçları	96
5.2.8.5 Bebek Numune Noktası Ağustos 2005 Sonuçları	96
5.2.8.6 Salacak Numune Noktası Ağustos 2005 Sonuçları	96
5.2.8.7 Tuzla Numune Noktası Ağustos 2005 Sonuçları	97
5.3 Deneysel Sonuçlardan Hareketle Tayin Edilen Tuzluluk Değerlerinin Karşılaştırılması	97
5.3.1 İ.T.Ü. TRIGA Mark II Reaktöründe Işınlanan Örneklerin Tuzluluklarıyla Howitzerde Işınlanan Örneklerin Sonuçlarının Kıyaslanması	97
5.3.2 Numune Alım Noktalarına Göre Tuzluluk Değişimi	98
5.3.2.1 İlkbahar Aylarında Farklı Boğaz Noktalarında Tuzluluk Değişimi	98
5.3.2.2 Yaz Aylarındaki Tuzluluk Değişimi	100
5.3.2.3 Sonbahar Aylarındaki Tuzluluk Değişimi	101
5.3.2.4 Kış Aylarındaki Tuzluluk Değişimi	101

5.3.3 Nötron Aktivasyon Analiziyle Elde Edilen Tuzlulukların Mevsimsel Olarak Karşılaştırılması	102
5.3.3.1 Kilyos Numune Noktası Sonuçları	103
5.3.3.2 Rumelikavağı Numune Noktası Sonuçları	103
5.3.3.3 Tarabya Numune Noktası Sonuçları	104
5.3.3.4 Emirgan Numune Noktası Sonuçları	105
5.3.3.5 Bebek Numune Noktası Sonuçları	106
5.3.3.6 Salacak Numune Noktası Sonuçları	107
5.3.3.7 Tuzla Numune Noktası Sonuçları	108
5.3.4 İki Farklı Döneme Ait Aynı Mevsim Tuzluluk Sonuçlarının Karşılaştırılması	109
5.3.4.1 İki Farklı Ardışık Yıla Ait İlkbahar Sonuçlarının Karşılaştırılması	110
5.3.4.2 İki Farklı Ardışık Olmayan Yıla Ait Yaz Tuzluluk Sonuçlarının Kıyaslanması	111
5.3.5 Uçurma Yöntemi ve Nötron Aktivasyon Analizi Yöntemiyle Elde Edilen Tuzlulukların Kıyaslanması	112
5.3.5.1 İlkbahar Sonuçlarının Kıyaslanması	112
5.3.5.2 Yaz Sonuçlarının Kıyaslanması	114
5.3.5.3 Sonbahar Sonuçlarının Kıyaslanması	115
5.3.5.4 Kış Sonuçlarının Kıyaslanması	116
5.3.5.5 Nötron Aktivasyon Analiziyle Kıyaslanan Uçurma Sonuçlarının Genel Değerlendirilmesi	117
5.3.5.6 Kontrol Grubu Sonuçlarının Kıyaslanması	117
5.3.6 Literatür Değerleriyle Uçurma ve Nötron Aktivasyon Analizi Deney Sonuçlarının İrdelenmesi	118
6. MATEMATİK MODELLEME	122
6.1 Modelleme Kabulleri	122
6.2 Yere Bağlı Modelleme	123
6.2.1 İstanbul Boğazı Tuzluluk Dağılım Katsayısının Belirlenmesi	124
6.2.1.1 Numune Alım Noktalarının Tanımlanması	124
6.2.1.2 MATLAB ile Tuzluluk Dağılım Katsayısının Belirlenmesi	126
6.2.2 Önerilen Yere Bağımlı Fonksiyonun İrdelenmesi	130
6.2.2.1 İlkbahar Mevsimi Deney Sonuçlarının Modelle Kıyaslanması	130
6.2.2.2 Yaz Mevsimi Deney Sonuçlarının Modelle Kıyaslanması	132
6.2.2.3 Sonbahar Mevsimi Deney Sonuçlarının Modelle Kıyaslanması	133
6.2.2.4 Kış Mevsimi Deney Sonuçlarının Modelle Kıyaslanması	134
6.2.2.5 Yere Bağlı Matematik Modelin Kontrol Grubuyla Sınanması	135
6.2.2.6 Yere Bağlı Matematik Modelin Değerlendirilmesi	137
6.2.2.7 Başka Dönemlere Ait Referans Tuzluluk Verilerinin Yere Bağlı Modele Uygunluğunun Sınanması	138
6.3 Zamana Bağlı Modelleme	138
6.3.1 Tuzluluğun Mevsimsel Değişim Katsayısının Belirlenmesi	140
6.3.1.1 Rumelikavağı Numune Alım Noktasının Mevsimsel Tuzluluk Değişiminin İrdelenmesi	141
6.3.1.2 Tarabya Numune Alım Noktasının Mevsimsel Tuzluluk Değişiminin İrdelenmesi	142

6.3.1.3 Emirgan Numune Alım Noktasının Mevsimsel Tuzluluk Değişiminin İrdelenmesi	143
6.3.1.4 Bebek Numune Alım Noktasının Mevsimsel Tuzluluk Değişiminin İrdelenmesi	144
6.3.1.5 Zamana Bağlı Matematik Modelin Kontrol Grubuyla Sınanması	145
6.3.1.6 Zamana Bağlı Matematik Modelin Değerlendirilmesi	146
6.4 Bileşik Matematik Model	146
6.4.1 Kontrol Grubunun Bileşik Modelle Kıyaslanması	150
7. BİLGİSAYAR PROGRAMIYLA İSTANBUL BOĞAZI TUZLULUK DEĞİŞİMİNİN SİMÜLASYONU	151
7.1 Difüzyon Modeli	151
7.2 FEMLAB'ın Tanıtımı	156
7.2.1 FEMLAB ile İstanbul Boğazı Tuzluluk Değişimi Simülasyonu	157
7.2.2 FEMLAB'te Problem Çözümünde Geometrinin Tanımlanması	157
7.3 İlkbahar Dönemi Tuzluluk Dağılımı Modellemesi	160
7.4 Yaz Dönemi Tuzluluk Dağılımı Modellemesi	161
7.5 Sonbahar Dönemi Tuzluluk Dağılımı Modellemesi	162
7.6 Kış Dönemi Tuzluluk Dağılımı Modellemesi	163
7.7 FEMLAB Model Sonuçlarının Deneysel Sonuçlarla Kıyaslanması	164
7.7.1 Rumelikavağı Numune Noktası FEMLAB Sonuçlarıyla Elde Edilen Diğer Sonuçların Değerlendirilmesi	165
7.7.2 Tarabya Numune Noktası FEMLAB Sonuçlarıyla Elde Edilen Diğer Sonuçların Değerlendirilmesi	165
7.7.3 Emirgan Numune Noktası FEMLAB Sonuçlarıyla Elde Edilen Diğer Sonuçların Değerlendirilmesi	166
7.7.4 Bebek Numune Noktası FEMLAB Sonuçlarıyla Elde Edilen Diğer Sonuçların Değerlendirilmesi	167
7.7.5 Salacak Numune Noktası FEMLAB Sonuçlarıyla Elde Edilen Diğer Sonuçların Değerlendirilmesi	168
7.7.6 İlkbahar Sonuçlarının Değerlendirilmesi	169
7.7.7 Yaz Sonuçlarının Değerlendirilmesi	170
7.7.8 Sonbahar Sonuçlarının Değerlendirilmesi	171
7.7.9 Kış Sonuçlarının Değerlendirilmesi	171
7.7.10 FEMLAB Modelinin Genel Kıyaslanması	172
7.8 Kontrol Grubu Sonuçları İçin FEMLAB Modeli Oluşturulması	172
7.8.1 Kontrol Grubu FEMLAB Sonuçlarının Deney Sonuçlarıyla Sınanması	173
8. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	175
KAYNAKLAR	183
EK A	190
EK B	194

EK B1	194
EK B2	196
EK C	199
ÖZGEÇMİŞ	206

KISALTMALAR

UNESCO	: United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization
TBS	: Türk Boğazlar Sistemi
İSKİ	: İstanbul Su ve Kanalizasyon İdaresi
ppt	: Parts Per Thousand
R.kavağı	: Rumelikavağı
NAA	: Nötron Aktivasyon Analizi
MATLAB	: Matrix Laboratory
BMM	: Bileşik Matematik Model
FEMLAB	: Finite Element Method Laboratory

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1.1. Yeryüzündeki Okyanus ve Bazı Denizlerin Özellikleri (Gross, 1987; Bhatt, 1978).....	3
Tablo 2.1. Deniz suyunun ortalama kimyasal bileşenleri (Dera, 1992).....	10
Tablo 2.2. Tuzluluk Ölçüm Tekniklerinin Karşılaştırılması.....	18
Tablo 4.1. Sodyum ve Klorun Kimyasal Özellikleri.....	39
Tablo 4.2. Sodyum Klorürün Kimyasal Özellikleri (Chaikin, 1995).....	39
Tablo 4.3. Sodyum ve Klorun Nötronik Özellikleri (Meyerhof, 1989; Lilley,2001).....	40
Tablo 4.4. ITÜ TRIGA Mark II Reaktör Kalbinin Bazı Özellikleri (Güvenlik Raporu, 1978).....	45
Tablo 4.5. Model P-2000 NaI (Tl) dedektörünün Özellikleri.....	50
Tablo 5.1. Referans Örneğe İlişkin Deney Sonuçları (Doğal sayım = 15).....	56
Tablo 5.2. Kilyos Numune Alım Noktası Kasım 2002 Işınlama Sonuçları (Doğal sayım =13).....	56
Tablo 5.3. Kilyos Numune Alım Noktası Kasım 2002 Tuzluluk Sonuçları....	56
Tablo 5.4. Kilyos Numune Alım Noktası Şubat 2003 Işınlama Sonuçları (Doğal sayım =12).....	57
Tablo 5.5. Kilyos Numune Alım Noktası Şubat 2003 Tuzluluk Sonuçları.....	57
Tablo 5.6. Kilyos Numune Alım Noktası Mayıs 2003 Işınlama Sonuçları (Doğal sayım =13).....	57
Tablo 5.7. Kilyos Numune Alım Noktası Mayıs 2003 Tuzluluk Sonuçları....	57
Tablo 5.8. Rumelikavağı Numune Alım Noktası Mayıs 2002 Işınlama Sonuçları (Doğal sayım =15).....	58
Tablo 5.9. Rumelikavağı Numune Alım Noktası Mayıs 2002 Tuzluluk Sonuçları.....	59
Tablo 5.10. Rumelikavağı Numune Alım Noktası Ağustos 2002 Işınlama Sonuçları (Doğal sayım =15).....	59
Tablo 5.11 Rumelikavağı Numune Alım Noktası Ağustos 2002 Tuzluluk Sonuçları.....	59
Tablo 5.12. Rumelikavağı Numune Alım Noktası Kasım 2002 Işınlama Sonuçları (Doğal sayım =13).....	59
Tablo 5.13. Rumelikavağı Numune Alım Noktası Kasım 2002 Tuzluluk Sonuçları.....	59
Tablo 5.14. Rumelikavağı Numune Alım Noktası Şubat 2003 Işınlama Sonuçları (Doğal sayım =12).....	60
Tablo 5.15. Rumelikavağı Numune Alım Noktası Şubat 2003 Tuzluluk Sonuçları.....	60
Tablo 5.16. Rumelikavağı Numune Alım Noktası Mayıs 2003 Işınlama Sonuçları (Doğal sayım =13).....	60
Tablo 5.17. Rumelikavağı Numune Alım Noktası Mayıs 2003 Tuzluluk Sonuçları.....	61
Tablo 5.18. Tarabya Numune Alım Noktası Mayıs 2002 Işınlama Sonuçları	61

	(Doğal sayım =15).....	
Tablo 5.19.	Tarabya Numune Alım Noktası Mayıs 2002 Tuzluluk Sonuçları..	61
Tablo 5.20.	Tarabya Numune Alım Noktası Ağustos 2003 Işınlama Sonuçları (Doğal sayım =15).....	62
Tablo 5.21.	Tarabya Numune Alım Noktası Ağustos 2003 Tuzluluk Sonuçları.....	62
Tablo 5.22.	Tarabya Numune Alım Noktası Kasım 2002 Işınlama Sonuçları (Doğal sayım =13).....	62
Tablo 5.23.	Tarabya Numune Alım Noktası Kasım 2002 Tuzluluk Sonuçları.	63
Tablo 5.24.	Tarabya Numune Alım Noktası Şubat 2003 Işınlama Sonuçları (Doğal sayım =12).....	63
Tablo 5.25.	Tarabya Numune Alım Noktası Şubat 2003 Tuzluluk Sonuçları...	63
Tablo 5.26.	Tarabya Numune Alım Noktası Mayıs 2003 Işınlama Sonuçları (Doğal sayım =13).....	64
Tablo 5.27.	Tarabya Numune Alım Noktası Mayıs 2003 Tuzluluk Sonuçları..	64
Tablo 5.28.	Emirgan Numune Alım Noktası Mayıs 2002 Işınlama Sonuçları (Doğal sayım =15).....	64
Tablo 5.29.	Emirgan Numune Alım Noktası Mayıs 2002 Tuzluluk Sonuçları.	65
Tablo 5.30.	Emirgan Numune Alım Noktası Ağustos 2002 Işınlama Sonuçları (Doğal sayım =15).....	65
Tablo 5.31.	Emirgan Numune Alım Noktası Ağustos 2002 Tuzluluk Sonuçları.....	65
Tablo 5.32.	Emirgan Numune Alım Noktası Kasım 2002 Işınlama Sonuçları (Doğal sayım =13).....	66
Tablo 5.33.	Emirgan Numune Alım Noktası Kasım 2002 Tuzluluk Sonuçları	66
Tablo 5.34.	Emirgan Numune Alım Noktası Şubat 2003 Işınlama Sonuçları (Doğal sayım =12).....	66
Tablo 5.35.	Emirgan Numune Alım Noktası Şubat 2003 Tuzluluk Sonuçları..	66
Tablo 5.36.	Emirgan Numune Alım Noktası Mayıs 2003 Işınlama Sonuçları (Doğal sayım =13).....	67
Tablo 5.37.	Emirgan Numune Alım Noktası Mayıs 2003 Tuzluluk Sonuçları.	67
Tablo 5.38.	Bebek Numune Alım Noktası Mayıs 2002 Işınlama Sonuçları (Doğal sayım =15).....	68
Tablo 5.39.	Bebek Numune Alım Noktası Mayıs 2002 Tuzluluk Sonuçları.....	68
Tablo 5.40.	Bebek Numune Alım Noktası Ağustos 2002 Işınlama Sonuçları (Doğal sayım =15).....	68
Tablo 5.41.	Bebek Numune Alım Noktası Ağustos 2002 Tuzluluk Sonuçları.	68
Tablo 5.42.	Bebek Numune Alım Noktası Kasım 2002 Işınlama Sonuçları (Doğal sayım =13).....	69
Tablo 5.43.	Bebek Numune Alım Noktası Kasım 2002 Tuzluluk Sonuçları....	69
Tablo 5.44.	Bebek Numune Alım Noktası Şubat 2003 Işınlama (Doğal sayım =12).....	69
Tablo 5.45.	Bebek Numune Alım Noktası Şubat 2003 Tuzluluk Sonuçları.....	70
Tablo 5.46.	Bebek Numune Alım Noktası Mayıs 2003 Işınlama Sonuçları (Doğal sayım =13).....	70
Tablo 5.47.	Bebek Numune Alım Noktası Mayıs 2003 Tuzluluk Sonuçları.....	70
Tablo 5.48.	Salacak Numune Alım Noktası Kasım 2002 Işınlama Sonuçları (Doğal sayım =13).....	71
Tablo 5.49.	Salacak Numune Alım Noktası Kasım 2002 Tuzluluk Sonuçları..	71
Tablo 5.50.	Salacak Numune Alım Noktası Şubat 2003 Işınlama Sonuçları	71

	(Doğal sayım =12).....	
Tablo 5.51.	Salacak Numune Alım Noktası Şubat 2003 Tuzluluk Sonuçları...	72
Tablo 5.52.	Salacak Numune Alım Noktası Mayıs 2003 Işınlama Sonuçları (Doğal sayım =13).....	72
Tablo 5.53.	Salacak Numune Alım Noktası Mayıs 2003 Tuzluluk Sonuçları..	72
Tablo 5.54.	Tuzla Numune Alım Noktası Mayıs 2002 Işınlama Sonuçları (Doğal sayım =15).....	73
Tablo 5.55.	Tuzla Numune Alım Noktası Mayıs 2002 Tuzluluk Sonuçları.....	73
Tablo 5.56.	Tuzla Numune Alım Noktası Ağustos 2002 Işınlama Sonuçları (Doğal sayım =15).....	73
Tablo 5.57.	Tuzla Numune Alım Noktası Ağustos 2002 Tuzluluk Sonuçları...	73
Tablo 5.58.	Tuzla Numune Alım Noktası Kasım 2002 Işınlama Sonuçları (Doğal sayım =13).....	74
Tablo 5.59.	Tuzla Numune Alım Noktası Kasım 2002 Tuzluluk Sonuçları.....	74
Tablo 5.60.	Tuzla Numune Alım Noktası Şubat 2003 Işınlama Sonuçları (Doğal sayım =12).....	74
Tablo 5.61.	Tuzla Numune Alım Noktası Şubat 2003 Tuzluluk Sonuçları.....	75
Tablo 5.62.	Tuzla Numune Alım Noktası Mayıs 2003 Işınlama Sonuçları (Doğal sayım =13).....	75
Tablo 5.63.	Tuzla Numune Alım Noktası Mayıs 2003 Tuzluluk Sonuçları.....	75
Tablo 5.64.	Referans Örneğin Sonuçları (Doğal sayım = 10).....	76
Tablo 5.65.	Kilyos Numunesinin Ağustos 2005 Sonuçları (Doğal sayım = 10).....	76
Tablo 5.66.	Kilyos Numune Alım Noktası Ağustos 2005 Tuzluluk Sonuçları.	76
Tablo 5.67.	Rumelikavağı Numunesinin Ağustos 2005 Sonuçları (Doğal sayım = 10).....	77
Tablo 5.68.	Rumelikavağı Numune Alım Noktası Ağustos 2005 Tuzluluk Sonuçları.....	77
Tablo 5.69.	Tarabya Numunesinin Ağustos 2005 Sonuçları (Doğal sayım = 10).....	77
Tablo 5.70.	Tarabya Numune Alım Noktası Ağustos 2005 Tuzluluk Sonuçları.....	78
Tablo 5.71.	Emirgan Numunesinin Ağustos 2005 Sonuçları (Doğal sayım = 10).....	78
Tablo 5.72.	Emirgan Numune Alım Noktası Ağustos 2005 Tuzluluk Sonuçları.....	78
Tablo 5.73.	Bebek Numunesinin Ağustos 2005 Sonuçları (Doğal sayım = 10)	78
Tablo 5.74.	Bebek Numune Alım Noktası Ağustos 2005 Tuzluluk Sonuçları.	79
Tablo 5.75.	Salacak Numunesinin Ağustos 2005 Sonuçları (Doğal sayım = 10).....	79
Tablo 5.76.	Salacak Numune Alım Noktası Ağustos 2005 Tuzluluk Sonuçları.....	79
Tablo 5.77.	Tuzla Numunesinin Ağustos 2005 Sonuçları(Doğal sayım = 10)..	79
Tablo 5.78.	Tuzla Numune Alım Noktası Ağustos 2005 Tuzluluk Sonuçları...	80
Tablo 5.79.	Referans Örneğin TRIGA Mark II Reaktöründeki Işınlama Sonuçları (Doğal sayım = 22).....	80
Tablo 5.80.	Rumelikavağı Numunesinin TRIGA Mark II Reaktöründeki Işınlama Sonuçları (Doğal sayım = 22).....	80
Tablo 5.81.	Rumelikavağı Numune Alım Noktası Tuzluluk Sonuçları.....	81
Tablo 5.82.	Tarabya Numunesinin TRIGA Mark II Reaktöründeki Işınlama	81

	Sonuçları (Doğal sayım = 22).....	
Tablo 5.83.	Tarabya Numune Alım Noktası Tuzluluk Sonuçları.....	81
Tablo 5.84.	Emirgan Numunesinin TRIGA Mark II Reaktöründeki Işınlama Sonuçları (Doğal sayım = 22).....	81
Tablo 5.85.	Emirgan Numune Alım Noktası Tuzluluk Sonuçları.....	82
Tablo 5.86.	Bebek Numunesinin TRIGA Mark II Reaktöründeki Işınlama Sonuçları (Doğal sayım = 22).....	82
Tablo 5.87.	Bebek Numune Alım Noktası Tuzluluk Sonuçları.....	82
Tablo 5.88.	Tuzla Numunesinin TRIGA Mark II Reaktöründeki Işınlama Sonuçları (Doğal sayım = 22).....	83
Tablo 5.89.	Tuzla Numune Alım Noktası Tuzluluk Sonuçları.....	83
Tablo 5.90.	Kilyos Numune Noktası Kasım 2002 Uçurma Yöntemiyle Elde Edilen Deney Sonuçları.....	83
Tablo 5.91.	Kilyos Numune Noktası Şubat 2003 Uçurma Yöntemiyle Elde Edilen Deney Sonuçları.....	84
Tablo 5.92.	Kilyos Numune Noktası Mayıs 2003 Uçurma Yöntemiyle Elde Edilen Deney Sonuçları	84
Tablo 5.93.	Rumelikavağı Numune Noktası Mayıs 2002 Uçurma Yöntemiyle Tuzluluk Eldesinde Kullanılan Deney Sonuçları.....	85
Tablo 5.94.	Rumelikavağı Numune Noktası Ağustos 2002 Uçurma Yöntemiyle Tuzluluk Eldesinde Kullanılan Deney Sonuçları.....	85
Tablo 5.95.	Rumelikavağı Numune Noktası Kasım 2002 Uçurma Yöntemiyle Tuzluluk Eldesinde Kullanılan Deney Sonuçları.....	85
Tablo 5.96.	Rumelikavağı Numune Noktası Şubat 2003 Uçurma Yöntemiyle Tuzluluk Eldesinde Kullanılan Deney Sonuçları.....	86
Tablo 5.97.	Rumelikavağı Numune Noktası Mayıs 2003 Uçurma Yöntemiyle Tuzluluk Eldesinde Kullanılan Deney Sonuçları.....	86
Tablo 5.98.	Tarabya Numune Noktasının Uçurma Yöntemiyle Elde Edilen Deney Sonuçları.....	86
Tablo 5.99.	Tarabya Numune Noktası Ağustos 2002 Uçurma Yöntemiyle Elde Edilen Deney Sonuçları.....	87
Tablo 5.100.	Tarabya Numune Noktası Kasım 2002 Uçurma Yöntemiyle Elde Edilen Deney Sonuçları.....	87
Tablo 5.101.	Tarabya Numune Noktası Şubat 2003 Uçurma Yöntemiyle Elde Edilen Deney Sonuçları.....	87
Tablo 5.102.	Tarabya Numune Noktası Mayıs 2003 Uçurma Yöntemiyle Elde Edilen Deney Sonuçları.....	88
Tablo 5.103.	Emirgan Numune Noktası Mayıs 2002 Uçurma Yöntemiyle Elde Edilen Deney Sonuçları.....	88
Tablo 5.104.	Emirgan Numune Noktası Ağustos 2002 Uçurma Yöntemiyle Elde Edilen Deney Sonuçları.....	88
Tablo 5.105.	Emirgan Numune Noktası Kasım 2002 Uçurma Yöntemiyle Elde Edilen Deney Sonuçları.....	89
Tablo 5.106.	Emirgan Numune Noktası Şubat 2003 Uçurma Yöntemiyle Elde Edilen Deney Sonuçları.....	89
Tablo 5.107.	Emirgan Numune Noktası Mayıs 2003 Uçurma Yöntemiyle Elde Edilen Deney Sonuçları.....	89
Tablo 5.108.	Bebek Numune Noktası Mayıs 2002 Uçurma Yöntemiyle Elde Edilen Deney Sonuçları.....	90
Tablo 5.109.	Bebek Numune Noktası Ağustos 2002 Uçurma Yöntemiyle Elde	90

	Edilen Deney Sonuçları.....	
Tablo 5.110.	Bebek Numune Noktası Kasım 2002 Uçurma Yöntemiyle Elde Edilen Deney Sonuçları.....	91
Tablo 5.111.	Bebek Numune Noktası Şubat 2003 Uçurma Yöntemiyle Elde Edilen Deney Sonuçları.....	91
Tablo 5.112.	Bebek Numune Noktası Mayıs 2003 Uçurma Yöntemiyle Elde Edilen Deney Sonuçları.....	91
Tablo 5.113.	Salacak Numune Noktası Kasım 2002 Uçurma Yöntemiyle Elde Edilen Deney Sonuçları.....	92
Tablo 5.114.	Salacak Numune Noktası Şubat 2003 Uçurma Yöntemiyle Elde Edilen Deney Sonuçları.....	92
Tablo 5.115.	Salacak Numune Noktası Mayıs 2003 Uçurma Yöntemiyle Elde Edilen Deney Sonuçları.....	92
Tablo 5.116.	Tuzla Numune Noktası Mayıs 2002 Uçurma Yöntemiyle Elde Edilen Deney Sonuçları.....	93
Tablo 5.117.	Tuzla Numune Noktası Ağustos 2002 Uçurma Yöntemiyle Elde Edilen Deney Sonuçları.....	93
Tablo 5.118.	Tuzla Numune Noktası Kasım 2002 Uçurma Yöntemiyle Elde Edilen Deney Sonuçları.....	94
Tablo 5.119.	Tuzla Numune Noktası Şubat 2003 Uçurma Yöntemiyle Elde Edilen Deney Sonuçları.....	94
Tablo 5.120.	Tuzla Numune Noktası Mayıs 2002 Uçurma Yöntemiyle Elde Edilen Deney Sonuçları.....	94
Tablo 5.121.	Kilyos Numune Noktası Ağustos 2005 Uçurma Yöntemiyle Elde Edilen Deney Sonuçları.....	95
Tablo 5.122.	Rumelikavağı Numune Noktası Ağustos 2005 Uçurma Yöntemiyle Elde Edilen Deney Sonuçları.....	95
Tablo 5.123.	Tarabya Numune Noktası Ağustos 2005 Uçurma Yöntemiyle Elde Edilen Deney Sonuçları.....	95
Tablo 5.124.	Emirgan Numune Noktası Ağustos 2005 Uçurma Yöntemiyle Elde Edilen Deney Sonuçları.....	96
Tablo 5.125.	Bebek Numune Noktası Ağustos 2005 Uçurma Yöntemiyle Elde Edilen Deney Sonuçları.....	96
Tablo 5.126.	Salacak Numune Noktası Ağustos 2005 Uçurma Yöntemiyle Elde Edilen Deney Sonuçları.....	96
Tablo 5.127.	Tuzla Numune Noktası Ağustos 2005 Uçurma Yöntemiyle Elde Edilen Deney Sonuçları.....	97
Tablo 5.128.	Mayıs 2002 Örneklerinin İki Farklı Işınlamayla Elde Edilen Tuzluluk Sonuçlarının Karşılaştırılması.....	98
Tablo 5.129.	Kuzeyden Güneye Doğru İstanbul Boğazı Boyunca İlkbahar Tuzluluk Sonuçları.....	99
Tablo 5.130.	Kuzeyden Güneye Doğru İstanbul Boğazı Boyunca Yaz Tuzluluk Sonuçları.....	100
Tablo 5.131.	Kuzeyden Güneye Doğru İstanbul Boğazı Boyunca Sonbahar Tuzluluk Sonuçları.....	101
Tablo 5.132.	Kuzeyden Güneye Doğru İstanbul Boğazı Boyunca Kış Tuzluluk Sonuçları.....	102
Tablo 5.133.	Kilyos Numune Noktasının Tuzluluk Değişimi.....	103
Tablo 5.134.	Rumelikavağı Numune Noktasının Tuzluluk Değişimi.....	104
Tablo 5.135.	Tarabya Numune Noktasının Tuzluluk Değişimi.....	105

Tablo 5.136.	Emirgan Numune Noktasının Tuzluluk Değişimi.....	106
Tablo 5.137.	Bebek Numune Noktasının Tuzluluk Değişimi.....	107
Tablo 5.138.	Salacak Numune Noktasının Tuzluluk Değişimi.....	108
Tablo 5.139.	Tuzla Numune Noktasının Tuzluluk Değişimi.....	109
Tablo 5.140.	İki Farklı İlkbahar Mevsimi Tuzluluk Sonuçları.....	110
Tablo 5.141.	Nötron Aktivasyon Analizi ve Uçurma Yönteminin İlkbahar 2002 Sonuçları İçin Kıyaslanması.....	113
Tablo 5.142.	Nötron Aktivasyon Analizi ve Uçurma Yönteminin İlkbahar 2003 Sonuçları İçin Kıyaslanması.....	113
Tablo 5.143.	Nötron Aktivasyon Analizi ve Uçurma Yönteminin Yaz Sonuçları İçin Kıyaslanması.....	114
Tablo 5.144.	Nötron Aktivasyon Analizi ve Uçurma Yönteminin Sonbahar Sonuçları İçin Kıyaslanması.....	115
Tablo 5.145.	Nötron Aktivasyon Analizi ve Uçurma Yönteminin Kış Sonuçları İçin Kıyaslanması.....	116
Tablo 5.146.	Kıyaslanan Nötron Aktivasyon Analiziyle Uçurma Yöntemi Sonuçlarının Toplu Gösterimi.....	117
Tablo 5.147.	Kontrol Grubu Nötron Aktivasyon Analizi Sonuçlarının Uçurma Sonuçlarıyla Kıyaslanması.....	118
Tablo 5.148.	İlkbahar 2002 Nötron Aktivasyon Analizi Sonuçlarının Literatür Verileriyle Kıyaslanması.....	118
Tablo 5.149.	İlkbahar 2002 Uçurma Sonuçlarının Literatür Verileriyle Kıyaslanması.....	119
Tablo 5.150.	İlkbahar 2003 Nötron Aktivasyon Analizi Sonuçlarının Literatür Verileriyle Kıyaslanması.....	120
Tablo 5.151.	İlkbahar 2003 Uçurma Sonuçlarının Literatür Verileriyle Kıyaslanması.....	120
Tablo 5.152.	Literatür Kıyaslaması Yapılan Sonuçların Toplu Gösterimi.....	121
Tablo 6.1.	Numune Noktalarının Karadeniz Girişinden Uzaklıkları.....	126
Tablo 6.2.	Regresyon Sonuçları.....	129
Tablo 6.3.	İlkbahar 2002 Mevsimine Ait Tuzluluk Sonuçlarının Modelle Kıyaslanması.....	131
Tablo 6.4.	İlkbahar 2003 Mevsimine Ait Tuzluluk Sonuçlarının Modelle Kıyaslanması.....	131
Tablo 6.5.	Yaz Mevsimine Ait Tuzluluk Sonuçlarının Modelle Kıyaslanması.....	133
Tablo 6.6.	Sonbahar Mevsimine Ait Tuzluluk Sonuçlarının Modelle Kıyaslanması.....	134
Tablo 6.7.	Kış Mevsimine Ait Tuzluluk Sonuçlarının Modelle Kıyaslanması.....	135
Tablo 6.8.	Kontrol Grubu Uçurma Sonuçlarının Matematik Modelle Değerlendirilmesi.....	136
Tablo 6.9.	Kontrol Grubu Nötron Aktivasyon Analizi Sonuçlarının Matematik Modelle Değerlendirilmesi.....	136
Tablo 6.10.	Farkların Uçurma Yöntemi İçin Değerlendirilmesi.....	137
Tablo 6.11.	Nisan 2002 Dönemi Sonuçlarının Matematik Modelle Kıyaslanması.....	138
Tablo 6.12.	Zamana Bağlı Modelin Farklı Mevsimlerdeki Gösterimi.....	140
Tablo 6.13.	Mevsimsel Değişim Katsayısına Ait Regresyon Sonuçları.....	140
Tablo 6.14.	Rumelikavağı Numune Noktasına Ait Tuzluluk Sonuçlarının	141

	Modelle Kıyaslanması.....	
Tablo 6.15.	Tarabya Numune Noktasına Ait Sonuçların Modelle Kıyaslanması.....	142
Tablo 6.16.	Emirgan Numune Noktası Sonuçlarının Modelle Kıyaslanması...	143
Tablo 6.17.	Bebek Numune Noktasına Ait Tuzluluk Sonuçlarının Modelle Kıyaslanması.....	144
Tablo 6.18.	Kontrol Grubunun Uçurma Sonuçlarının Zamana Bağlı Modelle Değerlendirilmesi.....	145
Tablo 6.19.	Kontrol Grubu Sonuçlarının Zamana Bağlı Modelle Değerlendirilmesi.....	146
Tablo 6.20.	Farkların Uçurma Yöntemi İçin Değerlendirilmesi.....	146
Tablo 6.21.	Nötron Aktivasyon Analizi(NAA) Sonuçlarının Bileşik Matematik Modelle(BMM) Kıyaslanması.....	148
Tablo 6.22.	Bileşik Matematik Modelle(BMM) Uçurma Deney Sonuçlarının Kıyaslanması.....	149
Tablo 6.23.	Nötron Aktivasyon Analizi Sonuçlarının Bileşik Modelle Kıyaslanması.....	150
Tablo 6.24.	Uçurma Sonuçlarının Bileşik Modelle Kıyaslanması.....	150
Tablo 7.1.	FEMLAB İlkbahar Sonuçları.....	161
Tablo 7.2.	FEMLAB Yaz Sonuçları.....	162
Tablo 7.3.	FEMLAB Sonbahar Sonuçları.....	163
Tablo 7.4.	FEMLAB Kış Sonuçları.....	164
Tablo 7.5.	Rumelikavağı Numune Noktası Tuzluluk Sonuçlarının Topluca İrdelenmesi.....	165
Tablo 7.6.	Tarabya Numune Noktası Tuzluluk Sonuçlarının Topluca İrdelenmesi.....	166
Tablo 7.7.	Emirgan Numune Noktası Tuzluluk Sonuçlarının Topluca İrdelenmesi.....	167
Tablo 7.8.	Bebek Numune Noktası Tuzluluk Sonuçlarının Topluca İrdelenmesi.....	168
Tablo 7.9.	Salacak Numune Noktası Tuzluluk Sonuçlarının Topluca İrdelenmesi.....	169
Tablo 7.10.	FEMLAB Modeliyle Deney Sonuçların Genel Olarak Kıyaslanması.....	172
Tablo 7.11.	FEMLAB Ağustos 2005 Sonuçları.....	173
Tablo 7.12.	Kontrol Grubu Tuzluluk Sonuçlarının FEMLAB Modeliyle Kıyaslanması.....	174

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 : Tuz İyonunun Suda Çözünmesi, (a), (b) ve (c) İyon Bulutu Oluşumu	12
Şekil 2.2 : Frank-Evens-Wen Modeline Göre Hidrat Atmosferi	13
Şekil 4.1 : Çalışılan Bölge Haritası (http://earth.google.com)	29
Şekil 4.2 : Türk Boğazlar Sistemi Batimetrisi (Beşiktepe, 1994).	30
Şekil 4.3 : Karadeniz Haritası (http://earth.google.com)	31
Şekil 4.4 : İstanbul' daki Yağışın Mevsimsel Dağılımı	32
Şekil 4.5 : Türk Boğazlar Sistemi ve Karadeniz'den Oluşan Sistemde Tuzluluk ve Hacimsel Su Akıları (km^3/y). (Ünlüata 1990; Beşiktepe, 1994).	33
Şekil 4.6 : Numune Noktaları (http://earth.google.com)	36
Şekil 4.7 : İstanbul Boğazının Karadeniz Girişinden Marmara'ya Doğru Genel Görüntüsü	36
Şekil 4.8 : Sodyumklorürün Kristal Yapısı (Gert, 2003)	40
Şekil 4.9 : Kütle Ölçmede Kullanılan Tartı	41
Şekil 4.10 : Deniz Suyunu Buharlaştırmada Kullanılan Elektrikli Isıtıcı (hot plate)	42
Şekil 4.11 : Tortuların İnfrared Işık Altında Tamamen Kurutulması	42
Şekil 4.12 : Hazırlanan Örneklerin Işınlamaya Hazır Hali	43
Şekil 4.13 : Buharlaştırma ile Tuzluluk Tayini ve Nötron aktivasyon Analizi İçin Örnek Hazırlanması	44
Şekil 4.14 : TRIGA Mark II Reaktörünün Kuşbakışı Görüntüsü (Güvenlik Raporu, 1978)	45
Şekil 4.15 : Nötron Howitzer Kaynağının Dış Görüntüsü	46
Şekil 4.16 : Nötron Howitzer Kaynağının İç Yapısı (Yiğit, 1996)	47
Şekil 4.17 : Pu/Be Kaynağının Enerji Spektrumu (Knoll, 1982)	47
Şekil 4.18 : Sayımda Kullanılan NaI(Tl) Sintilasyon Dedektörü ve Kurşun Hücre	48
Şekil 4.19 : Sayımda Kullanılan Çok Kanallı Analizör	49
Şekil 4.20 : Sintilasyon Kristalinin Bant Yapısı	50
Şekil 4.21 : Sintilasyon Detektörünün Şematik Olarak Parçalarının Gösterimi	51
Şekil 4.22 : Çok Kanallı Analizörün İç Yapısı (Nucleus)	51
Şekil 4.23 : Deney Düzenegi ve Geometrisi	52
Şekil 5.1 : İlkbaharda İstanbul Boğazı Boyunca Tuzluluk Değişimi	99
Şekil 5.2 : Yazın İstanbul Boğazı Boyunca Tuzluluk Değişimi	100
Şekil 5.3 : Sonbaharda İstanbul Boğazı Boyunca Tuzluluk Değişimi	101
Şekil 5.4 : Kışın İstanbul Boğazı Boyunca Tuzluluk Değişimi	102
Şekil 5.5 : Kilyos Numune Noktası Mevsimsel Tuzluluk Değişimi	103
Şekil 5.6 : Rumelikavağı Numune Noktasının Mevsimsel Tuzluluk Değişimi	104

Şekil 5.7	: Tarabya Numune Noktasının Mevsimsel Tuzluluk Değişimi	105
Şekil 5.8	: Emirgan Numune Noktasının Mevsimsel Tuzluluk Değişimi	106
Şekil 5.9	: Bebek Numune Noktasının Mevsimsel Tuzluluk Değişimi	107
Şekil 5.10	: Salacak Numune Noktasının Mevsimsel Tuzluluk Değişimi	108
Şekil 5.11	: Tuzla Numune Noktası Mevsimsel Tuzluluk Değişimi	109
Şekil 5.12	: İlkbahar Sonuçlarının Kendi İçinde Kıyaslanması	110
Şekil 5.13	: İki Farklı Yıla Ait Yaz Sonuçları	111
Şekil 5.14	: İlkbahar 2002 Örneklerinin Kıyaslanması	112
Şekil 5.15	: İlkbahar 2003 Örneklerinin Kıyaslanması	114
Şekil 5.16	: Yaz 2002 Örneklerinin Kıyaslanması	115
Şekil 5.17	: Sonbahar 2002 Örneklerinin Kıyaslanması	116
Şekil 5.18	: Kış 2003 Örneklerinin Kıyaslanması	117
Şekil 5.19	: Nisan 2000 İstanbul Boğazı Tuzluluk Haritası (http://www.shodb.gov.tr)	119
Şekil 6.1	: İstanbul Boğazındaki Numune ve Referans Noktaları (http://earth.google.com)	125
Şekil 6.2	: İlkbahar 2002 Mevsimine Ait Deneysel Tuzluluk Sonuçlarının Modelle Kıyaslanması	132
Şekil 6.3	: İlkbahar 2003 Mevsimine Ait Deneysel Tuzluluk Sonuçlarının Modelle Kıyaslanması	132
Şekil 6.4	: Deneysel Sonuçların Modelle Yaz Mevsimi İçin Kıyaslanması	133
Şekil 6.5	: Sonbahar Mevsimine Ait Deneysel Tuzluluk Sonuçlarının Modelle Kıyaslanması	134
Şekil 6.6	: Kış Mevsimine Ait Deneysel Tuzluluk Sonuçlarının Modelle Kıyaslanması	135
Şekil 6.7	: Matematik Modelle Kontrol Grubu Sonuçlarının Kıyaslanması	137
Şekil 6.8	: Zamana Bağlı Modelin Ayrıntıları	139
Şekil 6.9	: Rumelikavağı Numune Noktası Tuzluluk Sonuçlarının Matematik Modelle Kıyaslanması	142
Şekil 6.10	: Tarabya Numune Noktası Sonuçlarının Matematik Modelle Kıyaslanması	143
Şekil 6.11	: Emirgan Numune Noktası Sonuçlarının Matematik Modelle Kıyaslanması	144
Şekil 6.12	: Bebek Numune Noktası Sonuçlarının Matematik Modelle Kıyaslanması	145
Şekil 7.1	: FEMLAB Açılış Araüzeyi	157
Şekil 7.2	: FEMLAB Model Seçim Arayüzü	158
Şekil 7.3	: Çözülecek Modelin Geometrisinin Oluşturulduğu Arayüz	159
Şekil 7.4	: Ağ Örgü Yapısının Oluşturulması Arayüzeyi	160
Şekil 7.5	: Modelin Çözüm Arayüzeyi	160
Şekil 7.6	: FEMLAB ile Elde Edilen İlkbahar Mevsiminde İstanbul Boğazındaki Tuzluluk Dağılımı	161
Şekil 7.7	: FEMLAB ile Elde Edilen Yaz Mevsiminde İstanbul Boğazındaki Tuzluluk Dağılımı	162
Şekil 7.8	: FEMLAB ile Elde Edilen Sonbahar Mevsiminde İstanbul Boğazındaki Tuzluluk Dağılımı	163
Şekil 7.9	: FEMLAB ile Elde Edilen Kış Mevsiminde İstanbul Boğazındaki Tuzluluk Dağılımı	164
Şekil 7.10	: İlkbahar Tuzluluk Değerlerinin Kıyaslanması	170
Şekil 7.11	: Yaz Mevsimi Tuzluluk Değerlerinin Kıyaslanması	170

Şekil 7.12	: Sonbahar Mevsimi Tuzluluk Sonuçlarının Kıyaslanması	171
Şekil 7.13	: Kış Tuzluluk Değerlerinin Kıyaslanması	171
Şekil 7.14	: FEMLAB ile Elde Edilen Ağustos 2005 Döneminde İstanbul Boğazındaki Tuzluluk Dağılımı	173
Şekil 7.15	: Kontrol Grubu Deney Sonuçlarının FEMLAB ile Kıyaslanması	174
Şekil A.1	: Rumelikavağı Numune Noktasının Referans Noktaya Uzaklığı	190
Şekil A.2	: Tarabya Numune Noktasının Referans Noktaya Uzaklığı	191
Şekil A.3	: Emirgan Numune Noktasının Referans Noktaya Uzaklığı	192
Şekil A.4	: Bebek Numune Noktasının Referans Noktaya Uzaklığı	193
Şekil A.5	: Salacak Numune Noktasının Referans Noktaya Uzaklığı	193
Şekil B.1	: İlkbahar Mevsimi Veri Giriş Arayüzeyi	194
Şekil B.2	: Sonbahar Mevsimi Veri Giriş Arayüzeyi	195
Şekil B.3	: Kış Mevsimi Veri Giriş Arayüzeyi	195
Şekil B.4	: İlkbahar Sonuçlarının Analiz Arayüzeyi	196
Şekil B.5	: Sonbahar Sonuçlarının Analiz Arayüzeyi	197
Şekil B.6	: Kış Sonuçlarının Analiz Arayüzeyi	198
Şekil C.1	: Rumelikavağı Numune Noktasının Tuzluluk Sonuçlarının Programa Girildiği Arayüz	199
Şekil C.2	: Tarabya Numune Noktasının Tuzluluk Sonuçlarının Programa Girildiği Arayüz	200
Şekil C.3	: Emirgan Numune Noktasının Tuzluluk Sonuçlarının Programa Girildiği Arayüz	200
Şekil C.4	: Bebek Numune Noktasının Tuzluluk Sonuçlarının Programa Girildiği Arayüz	201
Şekil C.5	: Rumelikavağı Numune Noktası Analiz Arayüzü	202
Şekil C.6	: Tarabya Numune Noktası Analiz Arayüzü	203
Şekil C.7	: Emirgan Numune Noktası Analiz Arayüzü	204
Şekil C.8	: Bebek Numune Noktası Analiz Arayüzü	205

SEMBOL LİSTESİ

S	:Tuzluluk
Cl	: Klor konsantrasyonu
K₁₅	: İletkenlik kesri,
ρ	: Özgöl ağırlık
ρ_o, ρ_s	: Örnek su, saf su yoğunluğu
i, r	: Gelen, kırılan ışık açısı
v₁, v₂	: Gelen, kırılan ışık hızı
N₁₀, N₂	: Işınlanan, oluşan radyoizotop atom sayısı
ϕ	: Nötron akısı
σ_1	: Tesir kesiti
λ_2	: Bozunum sabiti
ζ, η, ξ	: Örnek, referans, tortu faktörü
N_s, N_{re}	: Örnek, referans net sayım
m_s, m_{re}, m_{ev}, m_{rs}	: Örnek, referans, uçurulan su, rezidü kütle
β	: Yüzey tuzluluk dağılım katsayısı
X	: Mesafe
L	: İstanbul Boğazı'nın boyu
α	: Tuzluluğun mevsimsel değişim katsayısı
ω	: Açısal hız
T	: Periyot
q_m	: Akış yoğunluğu
C	: Ortalama konsantrasyon
M_S	: Kaynak yoğunluk fonksiyonu

İSTANBUL BOĞAZI İÇİN NÜKLEER TEKNİKLE YÜZEY TUZLULUK TAYİNİ, YENİ BİR ANALİTİK MODEL VE İRDELENMESİ

ÖZET

Bu Doktora Tez çalışması ile, öncelikle, nükleer teknik kullanılarak, tuzluluk geçiş bölgesinde yüzey tuzluluk seviyelerinin değerlendirilmesine ilişkin deneysel bir çalışma yapılması amaçlanmıştır. Deniz suyu tuzluluk tayinine ilişkin hayli çalışma yapılmış olmasına karşın, nötron aktivasyon analizi ile deniz suyu tuzluluk tayininin yapılmadığı görülmüştür.

Öncelikle, iki farklı tuzluluk değerine sahip iki deniz arasında dar bir su yolu durumunda olan İstanbul Boğazı yüzey deniz suyu tuzluluk tayini, nötron aktivasyon analizi kullanılarak yapılması amaçlanmıştır. Diğer taraftan da tuzluluk tayinin, konvansiyonel bir yöntem olan uçurma yöntemiyle de yapılması uygun görülmüş ve nötron aktivasyon analiziyle elde edilen sonuçlar uçurma yöntemi sonuçlarıyla ve literatürden elde edilen sonuçlarla kıyaslanmıştır.

Nötron aktivasyon analiziyle elde edilen tuzluluk değerleri kullanılarak yere ve zamana bağlı analitik bir model önerilmiştir. Birbirinden bağımsız olan yere ve zamana bağlı fonksiyonların parametreleri ayrı ayrı bulunarak uçurma yöntemi sonuçlarıyla karşılaştırılmış, daha sonra da birleşik matematik model oluşturularak hem nötron aktivasyon analizi hem de uçurma yöntemi tuzluluk değerleriyle kıyaslanmıştır.

Çeşitli kıyaslamalarla sınanan nötron aktivasyon analizi tuzluluk sonuçlarının ayrıca teorik bir modellemeyle de sınanması yoluna gidilmiştir. Bu kıyaslama için güncel olarak geniş kullanıma sahip FEMLAB 3.1 bilgisayar programı seçilmiştir. İstanbul Boğazı için çözümlenen tek boyutlu difüzyon denklemi sonuçlarının nötron aktivasyon analizi, uçurma ve birleşik matematik model tuzluluk sonuçlarıyla kıyaslanması yapılarak nötron aktivasyon analizi sonuçlarının teorik çalışmaya diğer sonuçlardan daha yakın olduğu gösterilmiştir.

Yapılan çalışmayla, deneysel özgünlüğün yanı sıra, matematik modelleme de yapılmış olmaktadır. Bu bağlamda, deneysel ve önerilen analitik model çerçevesinde farklı yönlerden özgün bir çalışma gerçekleştirilmiş bulunmaktadır.

SURFACE SALINITY DETERMINATION FOR THE BOSPHOROUS WITH A NUCLEAR TECHNIQUE, A NEW ANALYTICAL MODEL AND EVALUATION

SUMMARY

In this Ph.D Thesis, to measure the surface salinity level with a nuclear technique has been aimed as an experimental work, firstly. There are many studies which have been done in order to determine salinity with different methods, but in the literature there is no study that comes up with salinity determination by neutron activation analysis.

Initially, the salinity determination of the Bosphoros which is a narrow channel that two flows different in salinity pass has been done by a neutron activation analysis. On the other hand, evaporation technique, which is a routine salinity determination technique has been chosen as an alternative technique and the results of neutron activation analysis have been compared with those of evaporation and literature.

Using the neutron activation analysis results, a model which depends on position and time has been offered. The parameters of independent functions (one dependent on position, the other dependent on time) have been determined and evaporation results have been compared with those and then a combined model has been evaluated and investigated with neutron activation and evaporation results.

A theoretical comparison has also been tried to be done with the results of neutron activation analysis which have been compared in many ways. For this comparison, a widely used computer program, FEMLAB, has been selected. The values obtained from one dimensional diffusion equation that has been solved for Bosphorous have been used in comparison with those of neutron activation analysis, evaporation and combined mathematical model and it has been concluded that neutron activation results has been in good accuracy with those of program.

Besides the experimental work of this study, mathematical model has been built. A different study has been done in terms of experimental work and analytical modelling.

1. GİRİŞ

1.1 Dünya Denizleri

Oşinografi (denizbilim); okyanusların, tabanlarının jeolojik, jeokimyasal yapılarını, oluşumlarını inceleyerek, atmosferle ilişkisini anlamlandırarak ve iklimsel değişimlerin sebeplerine temel oluşturabilecek değerlere ulaşarak okyanuslar ve denizler hakkında bilgilere ulaşmayı hedefleyen bir bilim durumundadır. Oşinografi (oceanography) Yunanca iki kelimedenden meydana gelmektedir. “Oceanus”, okyanus; “graphos” ise tanımlamak anlamında kullanılmaktadır (**Gross, 1987**).

Oşinografi başlıca dört bölüme ayrılmaktadır. Bunlar; fiziksel, jeolojik, kimyasal ve biyolojik olarak sınıflanabilmektedir. Fiziksel oşinografinin temel konularını deniz suyunun fiziksel özelliklerini incelemek oluşturmaktadır. En önemli olan fiziksel parametreler ise tuzluluğun, sıcaklığın ve yoğunluğun dağılımı, akıntı, dalga doğasının incelenmesi biçiminde ifade edilebilmektedir. Jeolojik oşinografi, okyanusların oluşumunu jeolojik zaman içinde değerlendirerek okyanusların taban yapısının incelenmesini, sediment ve fosillerin okyanus tabanındaki dağılımını incelemektedir. Kimyasal oşinografi, kimyasal elementlerin okyanustaki ve okyanus tabanındaki dağılımını ve deniz suyunun temel kimyasal özelliklerini değerlendirmekte, biyolojik oşinografi ise deniz canlılarının okyanuslar içindeki değişimini ifade etmektedir (**Bhatt, 1978**).

Oşinografinin ne zaman ortaya çıktığı kesin olarak bilinmemekle birlikte, oşinografi tarihine bakılınca önemli bazı gelişmeler göze çarpmaktadır. M.Ö. 300-400 yıllarında, Yunanlıların Akdeniz’i incelemeye başladıkları ve okyanusların haritalarını yayımladıkları bilinmektedir (**Bhatt, 1978**). Okyanuslar hakkında genel bilgiler; 1492’de Christopher Columbus’un, Atlantik Okyanusunu aşarak yeni kıtayı keşfetmesiyle, 1498’de Vasco da Gama’nın, Ümit Burnunu geçerek Hindistan’a ve Hint Okyanusuna ulaşmasıyla, 1519’da Ferdinand Magellan’ın, dünyanın çevresini dolaşmasıyla gelişmeye başlamıştır. Bundan sonra, 1768-1777 yılları arasında kaptan James Cook Yeni Zelanda ve Güney Denizlerinin haritasını çıkarmış, 1832-1836 yıllarında Charles Darwin, Galapagos adalarında deniz canlılarını inceleyerek evrim

teorisini oluşturmuştur. 1872-1876 yıllarında Wyllie Thomson dünya okyanuslarına ait fiziksel, kimyasal ve biyolojik birçok veri toplamıştır. 1925 yılında okyanus tabanı ilk olarak ses ile incelenmeye başlamıştır. Aynı yıl Hint ve Atlantik okyanusu da bu yöntemle incelenmiştir. Böylelikle, yirminci yüzyılın başında, deniz tabanı incelemeleri başlamış, yeni teknikler geliştikçe de örnekleme ve bilgiye ulaşma yöntemleri hızlı bir gelişim göstermiştir (**Gross, 1987**).

Tüm okyanusları ve denizleri oluşturan büyük tuzlu su kütlesi yeryüzünün neredeyse dörtte üçünü kaplamaktadır. Canlılar için önemli bir yaşam ortamı olan okyanuslar ve denizler, bilim adamlarınca biyolojik olarak incelenmekte, canlıların değişimi ve bu değişimlerin sonuçları değerlendirilerek bilimsel çıkarımlar yapılmaktadır. Bu bağlamda denizler bir şekilde denetim altında tutulmaya çalışılmaktadır (**Siedler, 2001**)

Denizler, yeryüzünün yaklaşık % 71'ini kaplamaktadır ki; bu da toplam hacim olarak yaklaşık $1.347 \times 10^9 \text{ km}^3$ 'e karşı gelmektedir. Dünyada birbirinden kıta kütleleriyle ayrılan temel üç okyanus; Atlantik okyanusu, Pasifik Okyanusu ve Hint Okyanusu bulunmaktadır. Yeryüzündeki okyanuslar ve denizler derinlik, alan ve hacim bakımından farklılıklar göstermektedirler. Pasifik Okyanusu en derin okyanus olma özelliğinin yanı sıra en büyük alanı kaplama en fazla hacme sahip olma gibi özellikleri de kendinde bulundurmaktadır. Okyanusların ve başlıca denizlerin derinlik, alan ve hacim gibi değerleri Tablo 1.1'de gösterilmektedir (**Gross, 1987; Bhatt, 1978**). Oşinografi bilimi çeşitli araştırma ve bilimsel yöntemlerden destek almaktadır. Bunlardan biri de nükleer tekniklerdir.

Nükleer teknikler, 1895 yılında Roentgen'in X-ışını keşfetmesi, 1932'da Chadwick'in nötronu bulması, 1936'da Hevesy'nin izleyicileri inceleme amaçlı olarak kullanmaya başlamasıyla gelişmeye ve geniş bir uygulama alanı bulmaya başlamıştır. Günümüzde rutin olarak kullanılan bu tekniklerden sanayide, tıpta, tarımda ve arkeometride pratik teknikler olarak yararlanılmaktadır. (**Bilge, 1991; Almeas, 1992**)

Tablo 1.1: Yeryüzündeki Okyanus ve Bazı Denizlerin Özellikleri (Gross, 1987; Bhatt, 1978).

Okyanus veya Deniz	Ortalama Derinlik (m)	Yüzey Alanı ($\times 10^6$) (km^2)	Hacim ($\times 10^6$) (km^3)
Pasifik Okyanusu	4300	165.7	707.6
Atlantik Okyanusu	3900	82.4	324.6
Hint Okyanusu	3900	73.4	291
Kuzey Buz Denizi	1300	14.1	17
Meksika Körfezi ve Karayip Denizi	2200	4.3	9.6
Akdeniz ve Karadeniz	1430	3.0	4.2
Bering Denizi	1440	2.3	3.33
Okhotsk Denizi	838	1.6	1.3
Kuzey Denizi	94	0.6	0.05
Baltık Denizi	55	0.4	0.02

Oşinografide kullanılan nükleer teknikler ise; sediment ve su analizi için nötron aktivasyon analizi, sedimentte yaş tayini için alfa ölçüm yöntemleriyle ^{226}Ra tayini, elementlerin su ve sedimentlerde yaşam sürelerinin belirlenmesinde radyasyon ölçme teknikleri olarak bilinmektedir.

1.2 Denizlerle İlgili Araştırmalar

Bu Doktora Tez Çalışması çerçevesinde, farklı tuzluluk seviyelerine sahip suların karışımının nükleer teknikler bağlamında incelenmesi hedeflenmiştir. Bu hedef doğrultusunda, öncelikle yakın konularda literatür taraması yapılmış, konuya yakın olabileceği düşünülen çalışmalar aşağıda özet olarak sunulmaktadır.

Jones ve diğ., (1995), çalışmalarında, Birleşik Krallık Kuzey Denizi Projesi (1988-1989) çerçevesinde elde edilen tuzluluk ölçüm verilerini kullanarak Kuzey Denizinin güney bölümünün tuzluluk modellemesini yapmışlardır.

Özsoy ve diğ., (1995), yaptıkları çalışmada, İstanbul Boğazı'ndaki deşarjin karışım ve transferini floresans boya tekniğiyle yapmışlardır. Floresans boyanın İstanbul Boğazı'nda dağılımıyla elde ettikleri deneysel verileri deşarjin dağılımı olarak düşünerek konsantrasyon denklemini tek boyutlu çözerek düşey dağılım hakkında bir genel bilgiye ulaşmışlardır.

Samuelsson (1996), çalışmasında Baltık Denizinin 1954-1990 yılları arasında yıllık olarak tuzluluk değişimini buharlaşmanın, çökelmenin, tatlı su akışının etkilerini vererek analiz etmiştir.

Lein ve diğ., (1997), çalışmalarında Hippoglossus hippoglossus L. Larvalarının çeşitli tuzluluk değerlerindeki yaşam adaptasyonlarını laboratuvar koşullarında değerlendirmişlerdir.

Williams (1998), çalışmasında tuzlu göllerdeki biyolojik toplulukları incelemiş ve beklenildiği gibi tuzluluğun göllerde komünite oluşumunu etkileyen birincil parametre olmadığını göstermiştir.

Kurup ve diğ., (1998), yaptıkları çalışmada Avustralya'nın batısında tatlı suyun karıştığı bir bölgedeki tuzluluk değişimini mevsimsel olarak inceleyerek yeni bir tuzluluk ifadesi geliştirmişlerdir.

Elbaz-Poulichet ve diğ., (1999), yaptıkları çalışmada denizsuyla karışan iki nehrin karışım noktalarında nadir toprak elementlerinin davranışını incelemişlerdir. Genelde düşük klor konsantrasyonuna doğru birikmesi düşünülen nadir toprak elementlerinin bunun tersi bir davranış gösterdiği belirlenmiştir.

Li ve diğ., (1999), yaptıkları çalışmada körfezlerin üç boyutlu hidrodinamik ve tuzluluk modellemesini değişken katmanlı olarak yapmışlardır. Düşey katman farkları çeşitli batimetrlere için uygulanmıştır. Modellemenin temelini, dalga süreklilik denkleminin serbest yüzey için çözümlenmesini ve yatay hızların yatay momentum denkleminin çözülmesiyle bulunması oluşturmaktadır.

Stokozov ve diğ., (1999), çalışmalarında, Karadeniz'e dökülen Tuna ve Dnieper nehirlerinin karışım oranlarını, tuzluluk ve yüzey sularındaki ⁹⁰Sr miktarını tayin ederek hesaplamışlardır. Karışım modeli uygulamasına örnek teşkil etmektedir.

Letolle ve diğ., (1999), yaptıkları çalışmada 1998 yılında Aral Denizindeki tuzluluk değişimini ve bunun sebebini incelemişlerdir. Ayrıca Aral Denizinin 1960-1998 yılları arasındaki tuzluluk seviyeleri de toplu olarak sunulmuştur.

Gil Kang ve diğ., (1999), çalışmalarında, Kore'deki Onsan Koyunun metal kirliliğine ulaşmak için Littorina brevicula (gastropod)'ı biyolojik olarak değerlendirmişlerdir.

Kim ve diğ., (1999), yaptıkları çalışmada FORTRAN dilinde yazılmış olan CREAMS koduyla doğu Japon Denizi'nin düşey olarak tuzluluk, sıcaklık ve çözünmüş oksijen dağılımını hesaplamışlardır.

Jungclaus ve diğ., (2000), çalışmalarında Akdeniz'den Cebelitarık Boğazı'na doğru akan çok tuzlu suyu üç boyutlu Princeton Ocean Model ile incelemiş, sıcaklık, tuzluluk profillerini değerlendirmişlerdir.

Woody ve diğ., (2000), çalışmalarında günümüzde kullanılan tuzluluk ölçüm yöntemlerini avantajlı ve dezavantajlı yanlarıyla sunmuşlardır. Ayrıca halen gelişmekte olan uydudan algılama yönteminin gelişimi hakkında da bilgi sunmuşlardır.

McAllen ve diğ., (2001), çalışmalarında Tigriopus brevicornis canlısının oksijen tüketimini ve hareketini tuzluluğun değişimin nasıl etkilediğini araştırmışlardır.

Paluszkiewicz ve diğ., (2001), yaptıkları çalışmada Ob ve Yenisey ırmaklarından Kara Deniz'e taşınma potansiyeli olan radyoizotopları modellemişlerdir.

Dinescu ve diğ., (2001), çalışmalarında, Tuna Deltasında kirliliği oluşturan elementlerle nadir elementler olan Hf ve Sc'un düşey olarak değişimini nötron aktivasyon analiziyle incelemişlerdir. Kirliliğin düşey olarak değişiminin değerlendirilmesi açısından farklı bir çalışmadır.

Bandong ve diğ., (2001), çalışmalarında farklı tuzluluk seviyelerindeki kıyı sularındaki düşük gama aktiviteli radyoizotopların miktarını yüksek çözünürlüklü gama spektroskopisiyle ölçmüşlerdir.

Ramakrishna ve diğ., (2001), yaptıkları çalışmada, Ganj Nehri'nin yatağından elde ettikleri örnekleri nötron aktivasyon analizi yöntemiyle değerlendirip, ağır metal kirliliğinin sebeplerine ulaşmaya çalışmışlardır.

Özsoy ve diğ., (2001), yaptıkları çalışmada Karadeniz ve İstanbul Boğazı'nın karışım sırasında Boğazdan Karadeniz'e doğru hareket eden daha yoğun olan suyun akışını incelemiş, deneysel verilerini ayrıca oluşturdukları matematik modelle de karşılaştırmışlardır.

Leung ve diğ., (2001), çalışmalarında deniz suyundaki kirliliğin temiz sudan yararlanarak bulunup bulunamayacağına cevap aramışlardır.

Cong ve diğ., (2002), çalışmalarında geliştirdikleri optik sistemle tuzluluğu ölçmüşlerdir. Kendilerinin geliştirmiş olduğu yöntemde, fiber optik sensörler, hidrojellerle kaplanmış Bragg yarıklarıyla oluşturulmuştur. Tuzluluğun bu sistemle nasıl tayin edilebileceğini göstermişlerdir.

Maderich ve diğ. (2002), çalışmalarında, Karadeniz-Boğaz sistemini mevsimsel olarak incelemişlerdir. Karadeniz modelinin temelini mevsimsel rüzgarlar, ısı akısı, tuzsuz su girişi ve alt Boğaz akıntılarının çözümlenmesi oluşturmaktadır. Temel kütle denge denklemlerinin uygun sınır şartlarıyla çözümlenmesi sonucu istenilen model oluşturulmuş ve elde edilen model çeşitli senaryolara uygulanmıştır.

Flecker ve diğ., (2002), çalışmalarında, $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ etkileşimini kullanarak tuzluluğa buharlaşmanın etkisini yeni bir yaklaşımla modellemişlerdir. Sr izotopundan elde edilen verilerin çok eski deniz sistemlerinin hidrolojik davranışı hakkında bilgi edinmek üzere nasıl kullanılabileceğini değerlendirmişlerdir.

Liu ve diğ., (2002), yaptıkları çalışmada, tercih edilen birçok numerik yöntemin birbirinden farklılıklarını Tanshui Nehrine uygulayarak göstermişlerdir. Seçilen modellerin türbülansa yakın modeller olmasının, bu modellerin kullanım alanını kısıtlamakta olduğunu bildirmişlerdir.

Davila ve diğ., (2002), çalışmalarında Şili'nin okyanus kıyısında tuzsuz suyun karıştığı yerlerdeki tuzluluğun dağılımını incelemişlerdir. Tuzsuz suyun karışım oranını ve bunun tuzluluk ve tuzsuz suyla ilişkisini yeni bir yaklaşımla ifade etmişlerdir.

Uncles (2003), çalışmasında Humber, Tumber ve San Fransisco körfezinin uzun süreli (1-100 yıl) modellemesini yapmış ve modellemede, ısı, akış ve tuzluluk üç boyutlu olarak simüle edilmiştir.

Harris (2003), çalışmasında türbülanslı akışa sahip olan koyların yüzey tuzluluğunu incelemiştir. Örnekleme alanı olarak Kuzey Denizindeki Humber ve Ouse yöreleri seçilmiştir. Deneysel olarak elde edilen tuzluluk verileriyle yazarın kendisi tarafından yapılmış olan EcoS3 koduyla elde edilen tuzluluk sonuçlarının uyumu gösterilmektedir.

Punt ve diğ., (2003), yaptıkları çalışmada Tweed Nehri deltasını EcoS3 koduyla modellemişlerdir. Tuzluluğun ırmağın denize karıştığı noktadan itibaren nasıl değişime uğrayarak dağılım gösterdiğini incelemiş bulunmaktadır.

Krauss ve diğ., (2003), çalışmalarında Hawaii'de 1902 yılından beri yaşamaya başlayan ve sahil kararlılığı için önem arz eden *Rhizophora mangle* ve *Bruguiera sexangula* bitkilerinin çeşitli tuzluluktaki fotosentez yetilerini araştırmışlardır.

O'Connor ve diğ., (2004), çalışmalarında inci ıstırdyesi olan *Pinctada imbricata*'nın embriyolarının hangi sıcaklık ve tuzluluk değerlerinde yaşayabildiklerini araştırmışlardır. Bu canlılar, 29-35 ppt aralığındaki tuzluluk ve 18⁰ – 26⁰ C aralığındaki sıcaklıkta yaşayabilmektedirler.

Moustakas ve diğ., (2004), yaptıkları çalışmada *Paralichthys lethostigma* canlısının ışığın çeşitli düzeylerinde ve tuzluluğun farklı değerlerinde yaşama ve büyüme değerlerini laboratuvar ortamında incelenmiştir.

Rejmankova ve diğ., (2005), yaptıkları çalışmada Karayip bölgesinin kireç ağırlıklı yerlerinde önemli bir ekosistem olan cyanobacteria canlılarının beslenme, azot etkileşimi ve tuzluluk değişim dirençlerini incelemişlerdir.

Angeli ve diğ., (2005), çalışmalarında yapay bir gölün tuzluluk gradientinin korunmasında termodifüzyonun etkisini incelemişlerdir. Oluşturdukları bir boyutlu matematik modelde moleküler difüzyonla termodifüzyonun aynı yönde olduğunu göstermişlerdir.

Al-Khateeb (2006), çalışmasında tuzluluk-sıcaklık etkileşimine duyarlı olan *Panicum turgidum* canlısının hangi sıcaklık-tuzluluk değerlerinde yaşayabildiğini ve çoğalabildiğini araştırmış bulunmaktadır.

Yapılan literatür araştırması sonunda farklı denizlerin sularının karışım bölgelerinin öne çıktığı ve deniz tuzluluğu parametresinin önemi kuvvetle tespit edilmiştir. Bu kapsamda, karışım bölgelerinin yarattığı dağılımı da içeren ve ekolojik çevre için önemi olan bir konunun nükleer bir teknik ile araştırılması, bu doktora tezinin konusu olarak hedeflenmiştir.

Buradan hareketle bu doktora tezinde, Karadeniz ve Marmara Denizlerinin geçiş bölgesi olan İstanbul Boğazı'nda deniz tuzluluğunun sodyum elementi analizine dayalı olarak nötron aktivasyon analizi ile tayini ve matematiksel değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

2. DENİZ TUZLULUĞU TAYİNİ VE TAYİN YÖNTEMLERİ

2.1 Deniz Tuzluluğu

19. yüzyılın sonunda deniz suyunun bileşenleri üzerinde önemle durulmaya başlanmıştır. Denizbilimcilere göre, deniz suyu basit bir yaklaşımla iki bileşenden oluşmaktadır; saf su ve tüm çözünmüş iyonlar. Çözünmüş iyonlar, deniz tuzluluğunu oluşturmaktadırlar. Deniz suyunun durumunu tanımlayabilmek için üç termodinamik parametre bilinmek durumundadır. Bunlar tuzluluk (S), sıcaklık (T) ve basınç (P) olarak tanımlanabilir (**Grasshoff, 1999**)

Deniz suyunun karmaşık bir kimyasal madde olmasının temel sebebi teorik olarak, doğal olan tüm kimyasal elementlerin ve birçok organik bileşiğin, suyun içinde çözünmüş olmasından kaynaklanmaktadır. Mevcut element ve bileşiklerin yanında suda çözünmüş gazlar, çeşitli süspansiyonlar ve canlı organizmaların aktif hücreleri de suyun bünyesinde yer almaktadır. Tüm bileşenler içinde en fazla yüzdeye sahip grup, deniz suyunun içinde çözünmüş olan inorganik tuzlar olarak ifade edilmektedirler (**Grasshoff, 1999**).

Deniz tuzluluğu, suda çözünmüş toplam iyon miktarı olarak tanımlanan ve deniz suyu için önemli olan bir parametredir. Çevresel açıdan, tuzluluk seviyesi, nehir/deniz karışım bölgelerindeki bitki ve hayvan türlerinin yaşayabilmesini kontrol etmektedir. Bazı türler her seviyedeki tuzlulukta yaşayabilirken bazı türler sadece adapte oldukları seviyede yaşamlarını sürdürebilmektedirler. Özellikle kıyı sularındaki temel biyolojik ve fiziksel olayları anlayabilmek için de tuzluluğun büyük önemi bulunmaktadır (**Dera, 1992**).

Deniz tuzluluğu çökelme, buharlaşma, gel-git hareketi ve suyun rüzgarlarla karışması sonunda değişim göstermektedir. Deniz tuzluluğu korunumlu olduğu için, değişim; global ısınmaya, dolaşımdaki bozukluğa ve hava/deniz etkileşimine uygun bir habercidir (**Woody, 2000**). Bu bakımdan denizbilimcilerce, deniz tuzluluğu sürekli izlenmektedir.

Tablo 2.1: Deniz suyunun ortalama kimyasal bileşenleri (Dera, 1992)

Element	Ağırlık %	Element	Ağırlık %
Oksijen (O)	85,94	Azot (N)	$1,700 \times 10^{-3}$
Hidrojen (H)	10,80	Stronsiyum (Sr)	$1,330 \times 10^{-3}$
Klor (Cl)	1,898	Bor (B)	$4,600 \times 10^{-4}$
Sodyum (Na)	1,056	Silikon (Si)	$2,000 \times 10^{-4}$
Magnezyum (Mg)	$1,272 \times 10^{-1}$	Flor (F)	$1,300 \times 10^{-4}$
Kükürt (S)	$8,840 \times 10^{-2}$	Argon (Ar)	$6,100 \times 10^{-5}$
Kalsiyum (Ca)	$4,000 \times 10^{-2}$	Rubidyum (Rb)	$2,000 \times 10^{-5}$
Potasyum (K)	$3,800 \times 10^{-2}$	Lityum (Li)	$1,000 \times 10^{-5}$
Brom (Br)	$6,500 \times 10^{-3}$	Fosfor (P)	$1,000 \times 10^{-5}$
Karbon (C)	$3,000 \times 10^{-3}$	İyot (I)	$5,000 \times 10^{-6}$

Deniz suyunun bileşenleri Tablo 2.1’de gösterilmektedir. Temel elementler suyun bileşenleri olan oksijen ve hidrojen ağırlıkça en fazla oranlara sahipken bu iki elementi takip eden sodyum ve klor da deniz tuzluluğunu oluşturan temel elementler olarak yer almaktadır.

Okyanus suyunun kilogramında ortalama 35 g tuz bulunmaktadır. Denizde tuzun bulunması temel süreçlerin gerçekleşmesini etkilemektedir.

Bunların başlıcaları;

- Deniz içinde olan kütle dolaşımı,
- Deniz yüzeyinin donması,
- Elektrik akımının iletilmesi,
- Deniz suyunun canlılarla etkileşimleri

olarak sayılabilir (Grasshoff, 1999).

Saf suya tuz kristali eklendiğinde, tuzun kristal yapısı bozularak iyon oluşturmaktadır. Su moleküllerinin polaritesi bu sonucu yaratmaktadır. Negatif ve pozitif tuz iyonları su molekülleri içinde birbirlerinden ayrı olarak yer almakta ve su molekülleri tuz iyonları arasında bir elektrostatik “perde” (screen) oluşturmaktadır.

Su moleküllerinin bu özelliği, tuz iyonlarının yeniden birleşmelerini engellemektedir. Şekil 2.1’de tuz kristaliyle su moleküllerinin etkileşimleri gösterilmektedir (**Dera, 1992**).

Bir tuz iyonunun çevresindeki su moleküllerinden oluşan buluta “iyon hidratı” denmektedir. Frank-Evens-Wen modeline (Şekil 2.2) göre; tuz iyonunu çevreleyen bulut üç farklı bölgeden oluşmaktadır. İyonun hemen etrafındaki su moleküllerinin oluşturduğu bölgede su molekülleri iyona sıkı sıkı bağlı bulunmaktadır. A bölgesi olarak adlandırılan bu bölge elektriksel kuvvetlerin hakim olduğu yer olmaktadır. Moleküllerin sıkı bir paket oluşturmalarından dolayı bu bölgenin yoğunluğu yüksek olurken, sıkıştırılabilirliği ise düşük olmaktadır.

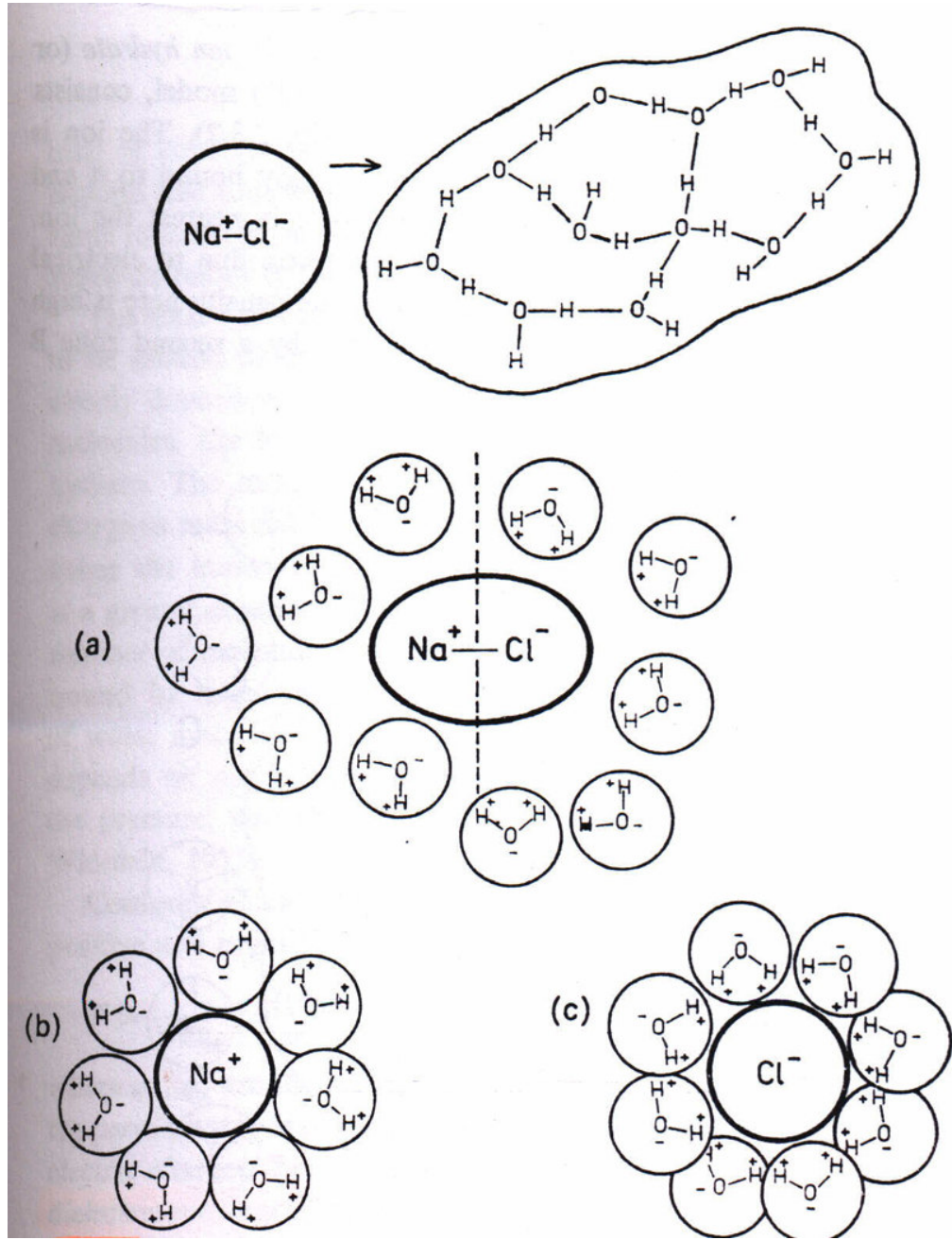
A bölgesini saran yeni bir yapı içinde, diğer bir bölge olan B bölgesi bulunmaktadır. Buradaki kuvvetlerin etkisi A bölgesindekilere göre daha düşüktür ve burada su molekülleri birbirlerine hidrojen bağlarıyla bağlanmışlardır.

En dışta yer alan C bölgesi ise serbest su bölgesi olarak nitelenmektedir. Söz konusu bölgelerdeki yoğunluklar sırasıyla; A, B, C bölgelerine ilişkin olarak azalma göstermektedir (**Dera, 1992**).

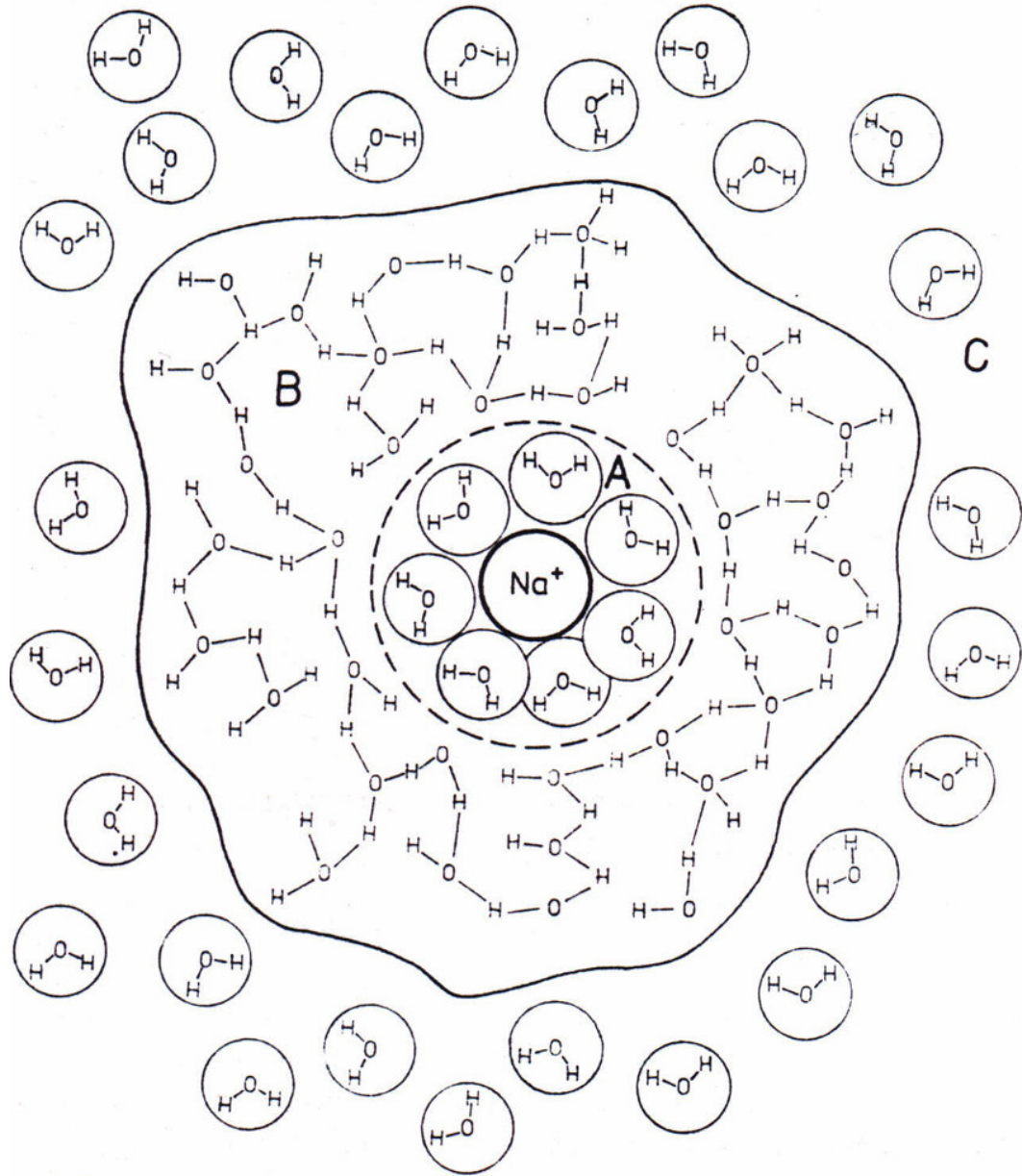
2.2 Deniz Tuzluluğu Tayin Yöntemleri

Deniz incelemeleri için tayini zorunlu görülen deniz tuzluluğu tayinine yönelik yöntem belirlemesi önem arz etmektedir. Zira, seçilen yöntem, deniz tuzluluğu tayin hatası açısından farklılıklar oluşturabilmektedir.

Deniz tuzluluğunu belirlemede kullanılan birçok yöntem bulunmaktadır. Bunlar fiziksel veya kimyasal olarak iki ana bölümde toplanabilirler. Fiziksel yöntemlerde iletkenlik, yoğunluk ve kırınım gibi fiziksel parametrelerden faydalanılarak tuzluluk belirlenmeye çalışılırken, kimyasal yöntemlerde klor tayini yapılarak tuzluluğa ulaşılması hedeflenmektedir. Tuzluluk tayin metodlarını rutin yöntemler, alternatif yöntemler ve yeni gelişmekte olanlar olarak üç kısımda toplayabilmekteyiz.



Şekil 2.1: Tuz İyonunun Suda Çözünmesi, (a), (b) ve (c) İyon Bulutu Oluşumu



Şekil 2.2: Frank-Evens-Wen Modeline Göre Hidrat Atmosferi

2.2.1 Rutin Yöntemler

2.2.1.1 Titrasyon Yöntemi

Deniz tuzlarının bileşimlerinin birbirleriyle sabit oranda olmasından yararlanan Knudsen, 1901 yılında tuzluluğun, klorun gümüş nitratla (AgNO_3) titrasyonu ile bulunmasını önermiştir. Gümüş nitrat suya eklendiği zaman nitrat iyonu (NO_3^-) reaktif olmazken, gümüş iyonu (Ag^+) hızla klor iyonu ile (Cl^-) tepkimeye girmektedir. Ortama eklenen her gümüş iyonu klor iyonu ile birleşmektedir. Etkileşim, ortamdaki klorla eşdeğer oluncaya, dolayısıyla doyum noktasına gelinceye

kadar, gümüş iyonu eklenmekte ve bundan faydalanılarak da tuzluluk hesaplanabilmektedir. Knudsen, Baltık, Kızıldeniz ve Akdeniz’den aldığı örnekleri incelemiş ve hesaplamalarında;

$$S = 0.03 + 1.8050 Cl \quad (2.1)$$

olarak kullanmıştır. Knudsen formülü olarak bilinen Denklem 2.1’de,

S: Tuzluluk (‰)

Cl Klor konsantrasyonu (‰)

olarak ifade edilmektedir.

Daha sonra yapılan araştırmalarda Knudsen formülü (Denklem 2.1), biraz değişim ile kabul görmüştür (**Grasshoff, 1999**)

$$S = 1.80655 Cl \quad (2.2)$$

2.2.1.2 Elektrik İletkenliği Yöntemi

Elektrik iletkenliği sudan elektriğin geçebilme yetisidir. Saf su iyi bir yalıtıkcıdır, deniz suyu iletkenlidir. Suda çözünmüş olan tuzlar, suyun iletkenliğini etkileyen başlıca etkenlerdendir. Ayrıca iletkenlik sıcaklığa da bağlılık göstermektedir. 1960’ların başında geliştirilen laboratuvar salinometreleriyle bir deniz suyu numunesinin iletkenliği bir referansa göre hayli büyük bir hatayla ölçülebilmekteydi. **Cox, 1962** deniz suyunun iletkenlik kesrini ve klorluluğunu, 10⁰C’den daha sıcak bir standartla ilişkilendirmiştir (**Grasshoff, 1999**). Denklem 2.2 diğer denizbilim parametrelerini içinde bulundurmadağı için yeterli olmamaktaydı. Tuzluluğu etkileyen parametreleri ihtiva eden Pratik Tuzluluk Skalası 1978’de (PSS-78) oluşturulmuştur. İletkenlik ölçüsünün tuzlulukla ilişkilendirilmesi bu skalada tanımlanmıştır (**UNESCO 1981a,1981b**).

$$S = a_0 + a_1 K_{15}^{1/2} + a_2 K_{15} + a_3 K_{15}^{3/2} + a_4 K_{15}^2 + a_5 K_{15}^{5/2} \quad (2.3)$$

Burada,

K₁₅: iletkenlik kesri, 15⁰C’te ve 1 atm (101325 Pa) basınçtaki örnek deniz suyunun elektrik iletkenliğinin, standart potasyum klorürün (32.4356 g/kg) elektrik iletkenliğine oranı

Sabit katsayılar ise;

$$a_0= 0.0080 \quad (2.4)$$

$$a_1=-0.1692 \quad (2.5)$$

$$a_2=25.3851 \quad (2.6)$$

$$a_3=14.0941 \quad (2.7)$$

$$a_4=-7.0261 \quad (2.8)$$

$$a_5=2.7081 \quad (2.9)$$

olarak verilmektedir (Dera, 1992).

1 Ocak 1982'den sonra oşinografide Pratik Tuzluluk Skalası zorunlu olarak kullanılmaya başlanmıştır Bu yöntem çerçevesinde deniz tuzluluğunu etkileyen tüm faktörler ilişkilendirilmiş olmaktadır. Elektrik iletkenliği yöntemiyle çalışan ve ticari olarak satılan farklı hassasiyette salinometreler bulunmaktadır.

2.2.1.3 Hidrometrik Yöntem

Hidrometrik deniz tuzluluğu ölçüm yöntemi temel olarak saf su ile tuzlu suyun yoğunluk farkından faydalanılarak geliştirilmiş bulunmaktadır. Örnek suyun yoğunluğunun saf suyun yoğunluğuna oranı “özümlü ağırlık” olarak tanımlanmaktadır.

$$\rho = \frac{\rho_o}{\rho_s} \quad (2.10)$$

Burada,

ρ : özümlü ağırlık

ρ_o : örnek suyun yoğunluğu

ρ_s : saf suyun yoğunluğu

şeklinde ifade edilebilmektedir.

Yoğunluk, sıvı içinde çözünen madde miktarına ve sıcaklığa bağlıdır. Bu mantık çerçevesinde geliştirilmiş, ticari olarak bulunabilen hidrometre diye adlandırılan aletler, deniz tuzluluğunu pratik ölçmede yaygın olarak kullanılmaktadır.

Hidrometrelerde görsel değerlendirme skalası örneğin özgül ağırlığını ölçmek üzere hazırlanmıştır. Sıcaklık, suyun yoğunluğunu değiştiren bir parametre olduğu için aletten okunan değerin mevcut tablolar kullanılarak sıcaklık-özgül ağırlık değerlendirmesiyle deniz tuzluluğu bulunmuş olmaktadır (**Grasshoff, 1999**).

2.2.1.4 Refraktometrik Yöntem

Refraktometrik yöntemde, amaçlanan tuzlu suyun suya göre farklı olan kırılma indeksi kullanılarak, tuzlu suda oluşan farklı kırınımdan yararlanılarak tuzluluğun ölçülmesi sağlanmaktadır. Yöntem için geliştirilmiş bir alet olan refraktometre, pratik olarak deniz tuzluluğu için tercih edilen aletler arasında yer almakta bunun toprak tuzluluğunu ölçen tipleri de bulunmaktadır. Refraktometrenin çalışma prensibi tamamen Snell Kanununa göre olmaktadır:

$$\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{V_1}{V_2} \quad (2.11)$$

Burada,

i: gelen ışığın açısı

r: kırınımına uğrayan ışığın açısı

v₁: gelen ışığın bulunduğu ortamdaki hızı

v₂: kırılan ışığın bulunduğu ortamdaki hızı

şeklinde ifade edilmektedir (**Guenther, 1990**).

2.2.1.5 Uçurma Yöntemi

Bu yöntemde, deniz suyunun buharlaştırma sonucunda geride bulunan tortu, tuz miktarı olarak değerlendirilmektedir. Tuz, nemden çok çabuk etkilenebildiği için, bu yöntemin uygulanmasında ortam şartları önem kazanmaktadır. Burada dikkat edilmesi gereken bir başka nokta da, suyun kaynatılmadan buharlaştırılmasıdır. Zira NaCl hariç, deniz suyundaki diğer çözülmüş tuzlar uçucudurlar. Bu bakımdan buharlaştırma işlemi, yöntemin titizlikle üzerinde durulması gereken aşamasını oluşturmaktadır. Su, tam olarak buharlaştıktan sonra tuzun kristal yapısına sıkışıp kalmış gözle tayin edilemeyen su da infrared lamba altında buharlaştırılabilir (**Dera, 1992**).

2.2.2 Alternatif Yöntemler

2.2.2.1 İkili Modlu Yoğunluk Ölçme (DMD-Dual Mode Densitometer) Yöntemi

DMD sistemi bir gama enerji kaynağı ve uygun geometride yerleştirilmiş iki dedektörden oluşmakta, gama absorpsiyon ile yoğunluk ölçme esasına dayanmaktadır. Deniz tuzluluğundaki değişim, suyun yoğunluğunun değişmesinden dolayı olmaktadır. Bu bağlamda nükleer teknik ile yoğunluk ölçümü ve dolayısıyla tuzluluk tayinine gidilmiştir. **Johansen, (2000)** NaI(Tl) sintilasyon detektörü ve Cs¹³⁷ kaynağı ile CdZnTe ve Am²⁴¹ kaynağı kullanarak tuzluluk değişimini saptamışlardır

2.2.2.2 Fiber Optik Mikrosensör Yöntemi

Grunwald (1999), sulu sistemlerinin tuzluluğunu belirlemede kullanılabilen yüzey plazmon rezonans (surface plasmon resonance) ilkesine dayanan yeni bir kırınım endeksi mikrosensörü geliştirmişlerdir. Bu mikrosensör silikon çift modlu fiberden oluşmaktadır. Üzerindeki koruyucu katman çıkarılmış, yerine altın tabakayla kaplanmış haldedir. Çözünürlüğün artması için fiberin çapı azaltılmıştır. Yüzey plazmon rezonans fiber uça polikromatik ışıkla uyarılıp fibere gönderilerek yansıyan ışık spektrometreyle ölçülmektedir. Kırılma indisindeki değişim spektral ışık yoğunluğunda kaymaya yol açmakta ve kayma miktarından kırılma indisiyle beraber yüzey tuzluluğu bulunmuş olmaktadır.

2.2.3 Yeni Gelişen Yöntem

2.2.3.1 Uzaktan Algılama

Büyük denizler tuzluluk tayini açısından zor oldukları için bilim adamlarını farklı alternatiflere yönlenmişlerdir. Uydudan tuzluluk belirleme için çalışmalar günümüzde sürmektedir. SMOS (Soil Moisture and Ocean Salinity) olarak tanımlanan uydudan algılama projesi çerçevesinde 200 km²'lik bir alanda hata payı 0.1-0.2 psu'dan (practical salinity unit) daha aza indirilmeye çalışılmaktadır. Üzerinde çalışmalar süren uydudan algılamanın 2005'ten sonra ancak kullanılabilir hale geleceği düşünülmektedir (**Font, 2001; Camps 2000**)

Deniz tuzluluğu için kullanılan yöntemlerin karşılaştırması Tablo 2.2'de görülmektedir.

Tablo 2.2: Tuzluluk Ölçüm Tekniklerinin Karşılaştırılması

Tayin Yöntemi	Özelliklerin Karşılaştırılması				
	<i>Kullanılan Fiziksel Parametre</i>	<i>Ulaşılabilirlik</i>	<i>Hareket Kolaylığı</i>	<i>Gerektirdiği Uzmanlık Düzeyi</i>	<i>Maliyet</i>
Salinometre	İletkenlik (Fiziksel)	Ticari	Taşınabilir/ sabit	Deneyim	yüksek
Hidrometre	Özgül Ağırlık (Fiziksel)	Ticari	Taşınabilir	Teknisyen	düşük
Refraktometre	Kırınım (Fiziksel)	Ticari	Taşınabilir	Teknisyen	düşük
Uçurma	Tortu Miktarı (Fiziksel)	Laboratuvar Ortamı	sabit	Sıradan kişi	düşük
Titrasyon	Klor Konsantrasyonu (Kimyasal)	Laboratuvar Ortamı	sabit	Deneyim	düşük
Uydudan Algılama	Termal Işınım	Uydu Sistemi	sabit	Uzman	Çok yüksek

3. NÖTRON AKTİVASYON ANALİZİ

3.1 Nötron Aktivasyon Analizinin Nükleer Teknikler İçindeki Yeri

Atomun yapısı hakkındaki bilgiler arttıkça, nükleer teknikler de paralel olarak gelişme göstermiş bulunmaktadır. Günümüzde nükleer yöntemler, kullanım alanlarına göre; endüstride, tıpta, tarımda ve arkeometride rutin olarak kullanılmaktadırlar.

3.1.1 Nükleer Tekniklerin Genel Tanıtımı

Radyasyonun ölçülmesiyle yüksek hassasiyetle bilgi alınan teknikler endüstride çoğu kez tercih edilmektedirler (**Bilge, 1991**). Bu tekniklerin arasında radyasyonla ölçümleme, malzeme modifikasyonu, sterilizasyon, gıda ışınlaması ve radyografi ile nötron aktivasyon analizi gibi teknikler sayılabilir (**Lilley, 2001**).

3.1.1.1 Radyasyon Ölçümleme

George de Hevesy'nin 1940 yılında Nobel ödülünü almasıyla kullanılmaya başlanan radyoaktif izleyiciler günümüzde de tercih edilmektedirler. Burada radyoaktif olmayan bir ortama zerk edilen radyoaktif izleyicinin yaydığı radyasyon algılanarak çeşitli bilgilere ulaşılmaktadır. Kimyasal yöntemlere göre izleyici yöntemi tahribatsız bir teknik olarak değerlendirilebilmektedir. Aşınma ölçümleri, kaçak tayinleri, karışım zamanı tayini ve akış hızı tayini biçiminde sayabileceğimiz çalışmalarda radyoaktif izleyicilerin kullanımı öne çıkmaktadır. Ayrıca radyoaktif kaynaktan çıkan radyasyonun detekte edilerek bilgi alınması kuralı çerçevesinde yükseklik tayini, nem tayini ve kalınlık tayini yapılabilmektedir (**Bilge, 1991**).

3.1.1.2 Transmisyon Tekniği

Radyoaktif kaynak ve detektör ile temas olmadan, nispeten basit bir şekilde ortamdan veya malzemedan bilgi alınması günümüzde uygulanan tekniklerdendir. Radyasyonun maddeyle etkileşerek enerjisini kaybetmesi ve radyasyon şiddetindeki değişimin detekte edilmesiyle, malzemenin kalınlığı, yoğunluğu gibi parametreleri hassasiyetle tayin edilebilmektedir. Ölçülebilen kalınlıklar ince film, kağıt üstündeki

bir damla mürekkep, sıcak çelik çubuk gibi çok farklı amaçlarda ve düzeylerde olabilmektedir (Lilley, 2001). Kapalı kaplardaki sıvı veya malzeme seviyesi yine bu teknikle rutin olarak değerlendirilen çalışmaların başında gelmektedir.

3.1.1.3 Işınlama Teknikleri

Işınlama teknikleri olarak sterilizasyon; malzeme modifikasyonu ve gıda ömrünün uzatılması için kullanılmaktadır.

Radyasyonun, malzemenin doğal yapısını bozduğu bilgisi kullanılarak, amaca uygun olan maddelerin oluşturulmasında radyasyondan yararlanılmaktadır. Bu şekilde üretilen malzemeler arasında bilgisayar diskleri, araba lastikleri, kablolar ve sıcak su boruları sayılabilmektedir (Lilley, 2001).

Özellikle tıpta kullanılan alet ve giysilerin steril hale getirilmesinde radyasyondan faydalanılmaktadır. Sterilize edilmek istenen araç gereç yürüyen bir bant üzerine yerleştirilip, belli hızla hareket ettirilerek radyasyona maruz bırakılmaktadırlar. Sonuçta üzerlerinde bulunan mikroorganizmalardan arındırılmış olmaktadır (Bernier, 1997).

Gıdaların raf ömrünü uzatan; konserve, derin dondurucu kullanımı, tütsüleme ve kimyasal koruyucular ekleme yöntemlerine alternatif olarak gıda ışınlaması önerilmektedir. Burada bozulmayı hızlandıran mikroorganizmaların radyasyonla elenmesi yöntemin esasını oluşturmaktadır (Lilley, 2001).

3.1.1.4 Radyasyonla Görüntü Alma Teknikleri

Radyasyonla görüntü alma teknikleri olarak, radyografi ve tomografi gibi teknikler sayılabilirler. Radyografi; öz olarak radyasyonla, malzeme iç yapısına ilişkin görüntü alma tekniğidir. Kullanılan kaynağa göre; X-ışını, gama ışını ve nötron radyografisi endüstride sıkça kullanılan radyografi teknikleridir. Sanayide gama ışını radyografisi kalın malzemelerden bilgi almak için kullanılmakta, X-ışınları ise kalınlığı 5cm'den az olan malzemeler için tercih edilmektedir. X-ışını ve gama ışını radyografisi çekilecek malzemenin cinsine göre kullanımına karar verilen, birbirinin alternatifi olan tekniklerdir. Nötron radyografisi ise X-ışını ve gama ışını radyografilerinden çok farklı olarak içinde hidrojen, karbon ve türevleri olan malzemelerden bilgi almak için kullanılmaktadırlar (Bilge, 1991).

3.1.2 Nükleer Tekniklerin Kullanım Alanları

Rutin olarak nükleer teknikler tıpta, endüstride, tarımda ve arkeometride kullanılmaktadır.

3.1.2.1 Tıpta Kullanılan Nükleer Teknikler

Temelde endüstride kullanılan teknikler insana zarar vermeyecek şekilde düzenlenerek tıpta da kullanılmaktadırlar. Nükleer tekniklerin tıpta kullanım amacı; hastadan bilgi almak veya hastalığı tedavi etmek amacıyla olabilmektedir.

Tıptaki nükleer teknikler temel olarak teşhis ve tedavi amaçlı uygulanmaktadırlar. Radyoaktif izleyici teknikleri hastalığın teşhisinde, radyoaktif izotopların hastaya enjekte edilmesinden sonra radyoaktivite ölçümüyle bilginin alınması şeklinde uygulanmakta; sintigrafi ve lenf anjiyografisi gibi isimlerle anılmaktadır. Radyoaktif izotop insan vücudunda bilgi alınacak organ ile bağlantı kuracak bir işaretleyici ile birleştirilerek (pharmaceutical) enjekte edilmekte, böylece hedeflenen organ incelemesi mümkün olabilmektedir (**Saha, 2001**).

Tıpta sık kullanılan bir nükleer teknik de radyografidir. Tıpta esas olarak X-ışını radyografisi kullanılmakta ve kemiklerden bilgi almak amacıyla uygulanmaktadır. Radyografinin gelişmiş bir uygulaması olan ve istenilen bölgenin taramasıyla kesit görüntü veren bir yöntem de “bilgisayarlı tomografidir”. Teşhiste kullanılan diğer nükleer teknikler arasında, talyum testi de sayılabilir (**Bernier, 1997**).

Tedavi amaçlı kullanılan nükleer teknik ise radyoterapi olup, özellikle kanserli alanların tedavisinde tercih edilen bir tekniktir. Burada radyoaktif bir kaynakla DNA’sı bozulmuş hücrelerin öldürülerek yok edilmesi amaçlanmaktadır.

Günümüzde tıpta kullanılan nükleer teknikler diğer bütün alanlardaki kullanımının çok önüne geçmiş ve yaygınlaşmış bulunmaktadır. Nükleer tekniklerin dezavantajlarının minimuma indirilmesi için yapılan çalışmalar hızla değerlendirilerek insanlığın hizmetine sunulmaktadır.

Tıpta eser element analizinin yapılması gereken durumlarda; organ ve dokulara, kan, saç ve üre gibi maddelere nötron aktivasyon analizi uygulanarak sonuca ulaşılmaya çalışılmaktadır (**Alfassi, 1990**).

3.1.2.2 Endüstride Kullanılan Nükleer Teknikler

Nükleer tekniklerin kullanım alanları arasında tıp ve endüstri en fazla yere sahip durumdadır. Radyoaktif izleme teknikleri, radyasyonla görüntü alma teknikleri, ışınlama teknikleri ve radyasyon ölçüm teknikleri endüstride geniş bir kullanıma sahiptir.

Element analizinde hassas bir yöntem olan nötron aktivasyon analizi endüstriye hizmet edebilmektedir. Sanayi kuruluşlarında da temel teknolojisini nötron aktivasyon analizine dayanan sistemler kullanılmaktadır (Alfassi, 1990; Gilmore, 1998) .

3.1.2.3 Tarımda Kullanılan Nükleer Teknikler

Tarımda kullanılan nükleer tekniklerin temel amacı ürün kalitesini ve verimi yükseltmek için yapılan çalışmaları kapsamaktadır. Radyoaktif ışınlama yapılan ürün modifikasyonlarıyla daha iyi tohumlar ve dolayısıyla ürünler hedeflenmektedir. Ayrıca, radyoaktif izotop teknikleri kullanılarak bitkinin suyu veya ilacı alma zamanı, prosesi takip edilerek ürün gelişimi için optimum çözümler üretilebilmektedir. Element analizinin gerektiği şartlarda nötron aktivasyon analizi, tercih edilen bir teknik olmaktadır (Gimor, 1998; Lilley, 2001)

3.1.2.4 Arkeometride Kullanılan Nükleer Teknikler

Arkeometri, öz olarak arkeolojik buluntuların fen bilimlerine dayalı tekniklerin kullanarak değerlendirilmesi şeklinde ifade edilebilir. Arkeometride, antik eserlere zarar verilmemesi için tahribatsız muayene, özellikle ilk tercih edilmesi gereken unsur olarak göze çarpmaktadır. Nükleer tekniklerin önemli bir kısmı tahribatsız muayene yöntemleri arasında yer aldığından arkeometride de öne çıkmaktadırlar. Buluntunun yerinin tespiti, fiziksel özelliklerin tespiti, yaş, malzeme, imal usulü, kaynak ve gerçeklik tayini, restorasyon ve buluntunun korunması gibi arkeometride önemli olan parametrelerin değerlendirilmesinde nükleer teknikler kullanılmaktadır. Nötron aktivasyon analizi arkeometride sıkça tercih edilen nükleer bir teknik durumundadır (Lilley 2001).

3.1.3 Nükleer Tekniklerin Avantaj ve Dezavantajları

Nükleer teknikler genelde farklı amaçlarla ve yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Bu husus ise diğer tekniklere göre daha avantajlı olduklarını gösteren önemli bir kanıttır.

- hassas olmaları,
- kesinlik ifade etmeleri,
- diğer tekniklerin ulaşamayacağı ayrıntılara ulaşmaya olanak vermeleri,
- uygulamanın nispeten kolay olması,
- çabuk sonuç alınabilmesi
- genellikle tahribatsız muayene olmaları

nükleer tekniklerin başlıca avantajları şeklinde ifade edilebilir.

Bununla beraber dezavantajları olduğu gerçeği de gözardı edilmemelidir.

Dezavantajları olarak ise;

- yüksek maliyet,
- kalifiye eleman ihtiyacı,
- özel cihaz ve malzeme gereksinimi,
- nükleer güvenlik,
- radyasyondan etkilenebilecek malzemelere uygulanamaması

sayılabilir.

3.2 Nötron Aktivasyon Analizinin Tanıtımı

3.2.1 Nötron Aktivasyon Analizinin Özellikleri

Nötronların kullanıldığı teknikler, ileri teknikler olarak nitelendirilmektedir. Nötron Aktivasyon Analizi genel ayırım içinde radyasyon ölçüm teknikleri içinde yer alabilecek bir tekniktir. Kimi dinamik sistemler içinde izleme amaçlı da kullanmak mümkündür.

Günümüzde nötron aktivasyon analizi, nötron radyografisi, nötron termalizasyon tekniği ve nötron çoğaltma tekniği, geliştirilmiş nötron teknikleri arasındadır. Nötron aktivasyon analizi, nötron tekniklerinin belki de en yaygın kullanılanı durumundadır. Element analizinin hassas yapılması gereken durumlar için sıkça tercih edilen bir yöntem olarak göze çarpmaktadır (**Güngör, 1998**).

Aktivasyon analizi bir maddenin radyasyona maruz bırakılmasının ardından oluşan ikincil radyasyonun değerlendirilerek analiz amaçlı kullanımı olarak ifade edilebilir.

Tahribatsız aktivasyon analizi ilk olarak 1936 yılında Hevesy ve Levi tarafından uygulanmıştır.

Aktivasyon analizi,

$N(a, b)M$

olarak gösterilebilir (**Meyerhof, 1989**). Burada,

N: Hedef madde

a: Gelen radyasyon; nötron, alfa parçacığı, protonlar, döteryum, elektronlar, gama olabilmektedir.

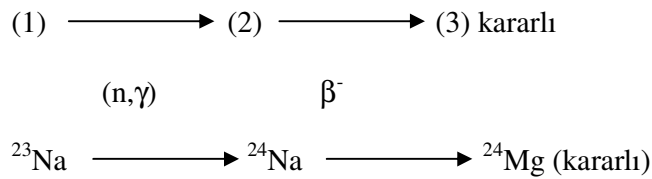
b: Oluşan radyasyon; değişik enerjili nötronlar, alfa parçacığı, proton, beta yayını, gama ve bunların kombinasyonları şeklinde oluşabilmektedir.

Nötron aktivasyon analizi maddenin, nötronlarla bombardıman edilerek kendisinin gama aktif bir radyoizotopunun oluşması ve atoma özgü olarak yayınlanan gama ışınının değerlendirilerek elementin belirlenmesi olarak ifade edilebilir.

Nötronlarla ışınlanan malzemelerde (n, γ) reaksiyonu büyük bir olasılıkla meydana gelmektedir. Bir başka deyişle, nötronla ışınlamayı takiben meydana gelen radyoizotop büyük bir tesir kesiti ile gama ışını vererek bozunmaktadır. Nötron aktivasyon analizinin iki temel özelliği bulunmaktadır. Bunlar,

- Radyoaktif olmayan madde, nötronlarla bombardıman edilince radyoaktif hale gelmektedir.
- Bozunum ışını olan gama ışınları, oluşan radyoizotopa has, karakteristik özellikler taşımaktadır. Bu özellikten yararlanılarak çeşitli elementler incelenmekte ve miktarları bulunabilmektedir.

^{23}Na (n, γ) ^{24}Na reaksiyonu nötron aktivasyon analizine örnek olarak verilebilecek örnek bir reaksiyondur. Kimi zaman (n, γ) reaksiyonu tek olarak meydana gelmemekte ve gama bozunumunu takiben farklı bozunumlar da gözlemlenebilmektedir.



Burada bozunum;

$$\frac{dN_2}{dt} = \phi \sigma_1 N_{10} - \lambda_2 N_2 \quad (3.1)$$

$$\lambda_2 N_2 = \phi \sigma_1 N_{10} (1 - \exp(-\lambda_2 t)) \quad (3.2)$$

olarak ifade edilebilir.

Burada,

N_{10} : Işınlanan çekirdeğin atom sayısı

ϕ : Nötron akısı

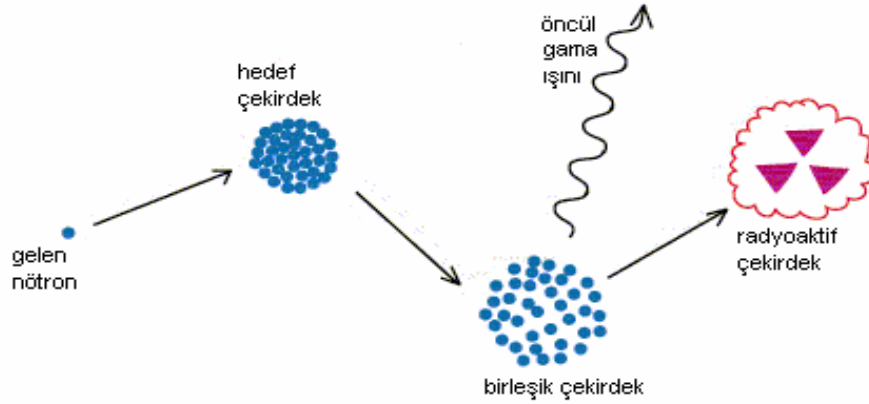
σ_1 : Hedef atomun tesir kesiti

N_2 : Oluşan radyoizotopun atom sayısı

λ_2 : Oluşan radyoizotopun bozunum sabiti

olarak ifade edilebilmektedir (Soete 1972).

Nötron aktivasyon analizinin genel bir şematik gösterimi Şekil 3.1’de gösterilmektedir.



Şekil 3.1: Nötron Aktivasyon Analizinin Şematik Gösterimi (Gilmore, 1999)

3.2.2 Nötron Aktivasyon Analizinin Tipleri

Nötron aktivasyon analizi farklı şekillerde sınıflandırılabilir. Bunlardan biri ölçüm zamanına göre yapılan sınıflamadır. Temelde nötron aktivasyon analizi ölçüm zamanına göre iki kategoride incelenebilir; (Alfassi, 1990).

- Anında (prompt) gama-ışını nötron aktivasyon analizi (PGNAA),

Bu teknikte gama ölçüm işlemi, ışınlama sırasında gerçekleşmektedir.

- Gecikmiş (delayed) gama-ışını nötron aktivasyon analizi (DGNAA),

Bu teknikte ise gama ölçümleri ışınlamadan sonra, diğer bir deyişle bozunum sırasında yapılmaktadır. Genelde tercih edilen DGNAA olmaktadır.

Elementlerin, yaklaşık %70 kadarı, NAA ile incelenmeye uygunluk göstermektedir.

Nötron aktivasyon analizi için yapılabilecek başka bir sınıflandırma ise, ışınlamada kullanılan nötronların tipine göre olmaktadır.

- Hızlı nötronlarla yapılan ışınlamayla oluşan nötron aktivasyon analizi, hızlı nötron aktivasyon analizi (FNAA),
- epitermal nötronlarla yapılan ışınlamayla epitermal nötron aktivasyon analizi (ENAA),
- termal nötronlarla yapılan ışınlama ile oluşan nötron aktivasyon analizine ise termal nötron aktivasyon analizi (TNAA)

şeklinde adlandırılmaktadır. Bunlar içinde yaygın kullanılanı termal nötron aktivasyon analizidir.

Bir başka sınıflama ise ışınlanan örneklerin kimyasal işlem görüp görmemesine göre yapılmaktadır. Işınlamadan sonra ölçülecek olan element konsantrasyonunun etkilenmemesi için eğer kimyasal işlemler yapılıyorsa, buna radyokimyasal nötron aktivasyon analizini (RNAA) adı verilmektedir.

Element analizinde güç bir yöntem olan nötron aktivasyon analizi farklı şekillerde kullanılmaktadır. Tıpta özellikle eser element tayini için organ ve dokulara, kan, saç, üre gibi diğer maddelere uygulanmaktadır. Kömür ve bileşenlerinin analizinde, su analizlerinde, arkeolojide, tarımda, ve botanikte kullanım alanına sahip olmaktadır **(Alfassi, 1990)**

Bu doktora tezinde gecikmiş nötron aktivasyon analizi kullanılacaktır. Bu bağlamda tez içinde nötron aktivasyon analizi nitelemesi ile termal ve gecikmiş olan tipi kastedilmektedir

4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

4.1 Deneyisel Çalışmaların Amacı

Bu doktora tez çalışmasında deneyisel olarak, farklı tuzluluktaki karışım bölgelerinin tuzluluk tayininin yeni bir yöntemle yapılması amaçlanmıştır. Bu amaçla da konuya uygunluğu açısından deniz karışım bölgesinin seçilmesi benimsenmiştir. Çalışılacak deniz karışım bölgesinin, genel karışım bölgesi karakteri taşıması çalışmamızın da daha genel karakterli olması bakımından önem arz etmektedir. Bu bağlamda, deniz karışım bölgesi temsili için çalışılacak bölgenin bazı kriterleri sağlaması gerekliliği üzerinde durulmuştur.

4.1.1 Deniz Karışım Bölgesi Seçimi

Deniz karışım bölgesi seçim kriteri olarak;

Seçilen bölge dış sınırları arasında,

- Deniz tuzluluğu farklılığının en az ‰ 2 olması,
- Deniz tuzluluğunun fiziksel bir parametre olması bakımından, mümkünse kimyasal parametreleri açısından olabildiğince benzer olması,
- Tatlı su karışımlarının ihmal edilebilecek mertebede olması,
- Dünya oşinografisi açısından özel bir bölge olması,
- Numune alınmasının mümkün olması,
- Mümkünse, seçilen deniz karışım bölgesi için farklı yöntemlerle yapılmış çalışmaların bulunması

vardır.

Bu seçim kriterleri çerçevesinde deniz tuzluluğu farkı en az ‰ 5 olan ve bulunduğumuz coğrafyada en uygun deniz karışım bölgesi olan Marmara Denizi - İstanbul Boğazı – Karadeniz sistemi inceleme alanı olarak seçilmiştir. Böylece belirlenen deniz karışım bölgesi, seçim kriterlerini sağlayan uygun bir bölge ile çalışılması mümkün olmuştur.

4.1.2 Çalışılan Bölge Oşinografisi

Öncelikle, İstanbul Boğazı boyunca karışım gösteren Karadeniz ve Marmara deniz suyunun detaylı bir incenlemesinin uygun olacağı düşünülmüştür. DeneySEL bölge olarak seçilen sistemin denizbilimi açısından önemi ve yapısı aşağıda sunulmaktadır. Çalışılan bölgenin genel bir coğrafi haritası Şekil 4.1’de görölmektedir.

4.1.2.1 Marmara Denzinin Genel Oşinografisi

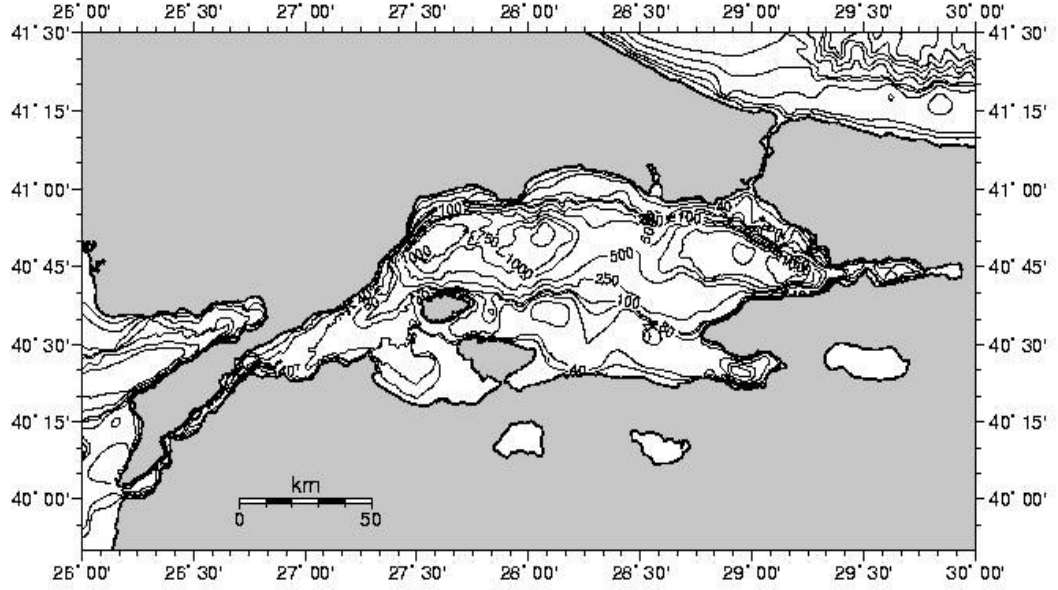
Marmara Denizi, Akdeniz ve Karadeniz arasında yer alan bir iç deniz olarak nitelenmektedir. Yaklaşık 70 km x 250 km boyutlarında, 11,500 m² yüzey alanlı ve 1390 m maksimum derinlikte bir karaktere sahiptir. Çanakkale ve İstanbul Boğazları ile Marmara Denizi'nin birlikte oluşturdukları sistem, 'Türk Boğazlar Sistemi' (TBS) olarak adlandırılmaktadır (Ünlüata, 1990)

Marmara Denizi'nin taban topoğrafyasında, güney kıyısı boyunca uzanan 100 m derinliğindeki geniş kıta sahanlığı bölgesi ile, bunun kuzeyinde doğu - batı yönünde uzanan, batıdan doğuya doğru sırasıyla 1100 m, 1390 m, ve 1240 m derinlikte üç depresyon bölgesi dikkat çekicidir. Bu derin depresyon bölgelerini, yaklaşık 750 m derinlikte ve batıda 20 km, doğuda ise 40 km uzunluğunda olan iki eşik yapı birbirinden ayırmaktadır (Beşiktepe, 2000).

İstanbul Boğazının güneyinde oldukça dar bir kıta sahanlığı bulunmakta ve doğu Marmara derin çukurundan keskin bir eğim ile ayrılmaktadır. Çanakkale Boğazı, doğu yönünde genişleyerek Marmara Denizi'nin sığ güney kıta sahanlığına açılmaktadır ve güney kesiminde 70 m derinliğinde bir kanal doğuya uzanmakta, buradan da taban eğimi ile birleşerek batı Marmara derin çukuruna bir kanyon şeklinde ulaşmaktadır (Beşiktepe, 2000).



Şekil 4.1: Çalışılan Bölge Haritası (<http://earth.google.com>)



Şekil 4.2: Türk Boğazlar Sistemi Batimetrisi (Beşiktepe, 1994).

Türk Boğazlar Sisteminde, yüzey akıları ve her iki yönde de etkili olan türbülanslı girişim ('entrainment') söz konusudur. Burada geçen su kütleleri, geçiş sırasında sürekli olarak değişime uğramaktadırlar. Değişimin en hızlı olduğu yerler, Boğazlar'ın hidrolik kontrol sonrası bölgeleridir. Bu bölgeler, İstanbul Boğazı güneyi, Karadeniz eşiği kuzeyi, Çanakkale Boğazı'nda Nara Burnu batısı olmaktadır. Ayrıca değişimin önemli olduğu bölgeler arasında komşu denizlere çıkış bölgeleri de sayılabilir (Ünlüata, 1991; Özsoy 2002). Şekil 4.2'de Türk Boğazlar Sisteminin batimetri haritası verilmektedir.

4.1.2.2 Karadeniz'in Genel Oşinografisi

İstanbul Boğazı'nın Karadeniz girişinde Boğaz'ın doğal uzantısı konumundaki derin kanal kuzey-doğu yönünde Karadeniz'e doğru kıta sahanlığına bağlanmaktadır. 60 m derinlikteki Boğaz eşiğinden başlayan bu kanalın derinliği eşik sonrasında 75-80 m'ye ve kıta sahanlığı sonrasında 1000 m'ye ulaşmaktadır. Kanalın genişliği ise 500 ile 1000m arasında değişmektedir. Boğaz-Karadeniz Birleşimindeki (BKB) sığ kıyı şeridi dar olup, su derinliği 20 km açıktaki 2000 m'ye ulaşmaktadır (Özsoy 1988; Özsoy 2000b; Özsoy 2001).

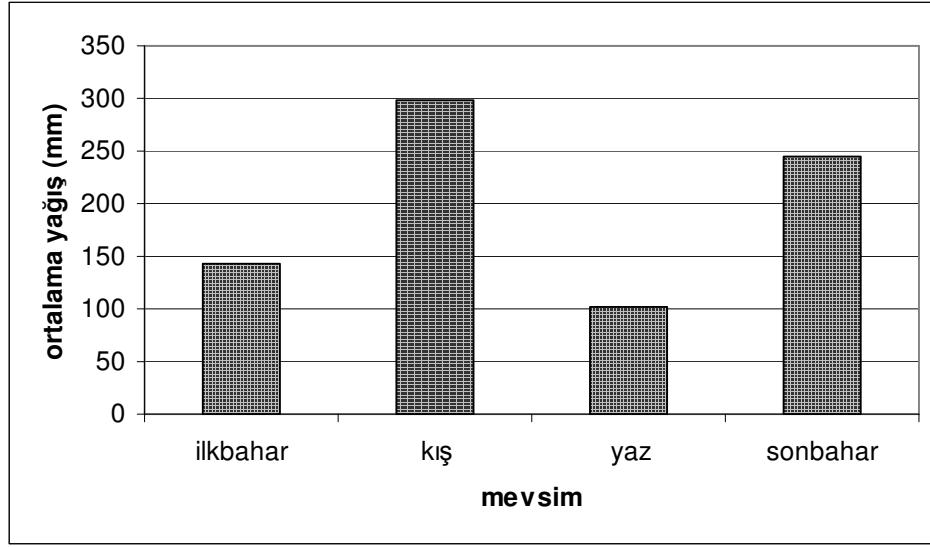


Şekil 4.3: Karadeniz Haritası (<http://earth.google.com>)

Karadeniz'in yüzey alanı 413 488 km², su hacmi 547 015 km³'dür. Maksimum genişliği Batı Karadeniz'de 615 km, uzunluğu ise 1148 km'dir. Kıyı şeridinin uzunluğu 4 431 km'dir. Karadeniz'in derinliği 2000 m'yi aşabilmektedir. Bu derinlikte topoğrafya oldukça düz olup, toplam su hacminin %60'ını içermektedir. Boğaz-Marmara Birleşimi (BMB) bölgesinde olduğu gibi kıyıdaki sığlık şerit genelde dar olup, genişliği 3-15 km arasında değişmektedir. Ancak, kuzey-batı Karadeniz'de bu genişlik 200 km'yi bulabilmektedir. Şekil 4.3'te Karadeniz haritası yer almaktadır.

Oşinografik açıdan önem taşıyan meteorolojik özellikler; hava sıcaklığı, nem, yağış ve rüzgar rejimleridir. Karadeniz iklimi genelde ılımandır. Son 120 yıllık gözlemlere göre, kışların %15'i sert, %35'i orta sertlikte, %50'si ılıman geçmiştir. En düşük yıllık ortalama sıcaklıklar kuzeyde 9.9°C (mutlak minimum -28°C), en yüksek yıllık ortalama sıcaklıklar güneyde 14.5°C (mutlak maksimum 40°C) civarındadır. Karadeniz'in yıllık ortalama nisbi nem oranı %70-80'dir (İski, 1999; İski, 2000; İski 2002).

İstanbul'da örnek alınan zamanlardaki yağış dağılımı Şekil 4.4' te verilmektedir.



Şekil 4.4: İstanbul’ daki Yağışın Mevsimsel Dağılımı

4.1.2.3 İstanbul Boğazının Genel Oşinografisi

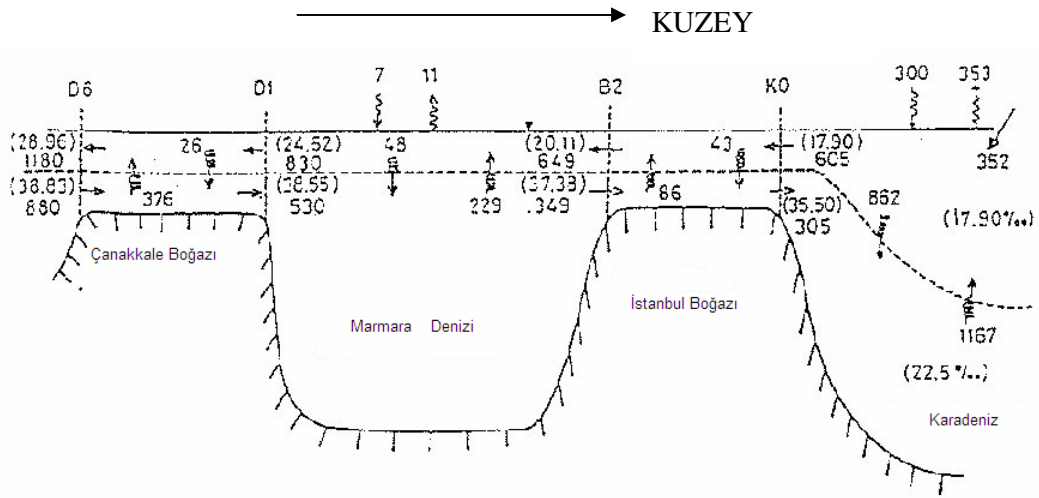
İstanbul Boğazı; Akdeniz – Ege - Çanakkale Boğazı – Marmara - Karadeniz sisteminde Akdeniz ve Karadeniz suyunun değişimde olduğu temel karışım bölgesi olarak önem arz etmektedir. İki deniz arasında bir geçiş yolu olarak sistemin bir parçası durumunda bulunmaktadır. Karadeniz suları Marmara Denizi’ne İstanbul Boğazı üst akıntısı olarak katılmakta ve havzayı Çanakkale Boğazı üst akıntısı olarak terk etmektedir. Öte yandan, Ege Denizi suları Çanakkale Boğazı alt akıntısı olarak Marmara Denizi’ne katılmakta ve havzayı İstanbul Boğazı alt akıntısı olarak terk etmektedir. Karadeniz’den Akdeniz’e doğru olan yüzey akıntısı İstanbul Boğazı’ndan Marmara Denizi’ne jet etkisiyle girmekte ve kuvvetli bir akım güneye doğru ilerlemektedir (Bayazit, 1989; Yüce, 1996; Özsoy 1988)

İstanbul Boğazı genel olarak 31 km uzunluğunda dar ve sığ bir su kanalı olarak tanımlanabilmektedir. Genişliği 0.7 km ile 3.5 km arasında değişim göstererek ortalama olarak 1.3 km’lik bir yüzeysel genişliğe sahip bulunmaktadır. Derinlik arttıkça Boğazın genişliği de genel olarak azalma göstermektedir. Boğazın derinliği genel olarak 30 m ile 110 m arasında değişim göstermektedir. Derinlik için bir ortalama değer oluşturmak güç olmakla beraber, genelde kesit alan hesaplamaları için bu kanalın merkezinde derinlik değeri 50 m olarak varsayılmaktadır. Debi ise 20000 m³/s ortalama değere sahiptir (Özsoy, 1995; Özsoy 2000a).

İstanbul Boğazının güneyine doğru, genişlikte ve derinlikte değişimler gözlemlenmektedir. Boğazın geometrisindeki görülen en farklı değişim, güneyinde

oluşan daralmalar olarak belirmektedir. Küçük koyların dışında, Boğazın güneyine doğru her iki kıyıda da daralma bölgeleri Emirgan-Kanlıca kısmından başlayarak, Arnavutköy-Vaniköy kısmına kadar devam etmektedir. En çok daralma Kandilli-Bebek bölümünde 600 m ve ona karşılık gelen derinlik ise 110 m olarak gözlemlenmektedir. Daralan bu bölgelerdeki yüzey suyunun hızı yaklaşık 2 m/s değerine çıkmış olmaktadır (Özsoy, 1998). Şekil 4.5'te Türk Boğazlar Sisteminin tuzluluk ve akış hızı değerleri verilmektedir.

Boğazın her iki giriş bölümünde akış karakterini değiştiren eşikler bulunmaktadır. Marmara Deniziyle boğazın birleşim noktasının kuzeyindeki eşiğin derinliği 28 m ile 34 m arasında olmaktadır. Bu kanal güneye doğru eşikten sonra derinleşerek, Marmara Deniziyle birleşim noktasındaki denizaltı kanyonuna ulaşmaktadır. Diğer eşik ise Karadeniz ile Boğazın birleşiminde, 60 m derinliğe ve 2 km'lik boya sahip bulunmaktadır. Bu oluşumun kuzeyinde, kanal 75-80 m'lik derinliğe ulaşarak Karadeniz havzasına katılmaktadır (Özsoy, 1988; Ünlüata 1990).



Şekil 4.5: Türk Boğazlar Sistemi ve Karadeniz'den Oluşan Sistemde Tuzluluk ve Hacimsel Su Akıları (km³/y) (Ünlüata 1990; Beşiktepe, 1994)

4.2 Numune Alım Noktalarının Seçimi ve Numunelerin Toplanması

Karadeniz - İstanbul Boğazı - Marmara Denizi karışımında deniz tuzluluğunun dağılımını inceleyebilmek amacıyla bu bölgede numuneler toplanmıştır. Numune alım noktaları belirlemede bazı kriterler göz önüne alınmıştır.

Numune alım noktalarının (mekansal) seçim kriterleri;

Numune alım noktalarının,

- İstanbul Boğazı'nın giriş ve çıkış bölgelerinden örnek alınıyor olması,
- Numune alım noktalarının İstanbul Boğazı'nı karakterize edeceği düşünülen yerlerden alınması,
- Numune alım noktaları arasındaki mesafenin tuzluluk dağılımı hakkında fikir verebilecek mesafelerde olması bu bağlamda iki numune alım noktasının birbirinden 3km'den daha az olmaması,
- Tatlı su karışım bölgesi olmaması,
- Atık madde karışım yeri olmaması,
- Akıntının yoğun olduğu yerlerden uzak olması,

olarak sıralanabilir.

Bu kriterler çerçevesinde, numune alım noktaları olarak;

- ❖ Kilyos
- ❖ Rumeli Kavağı
- ❖ Tarabya
- ❖ Emirgan
- ❖ Bebek
- ❖ Salacak
- ❖ Tuzla

seçilmiştir. Numune alım noktaları Şekil 4.6'da gösterilmektedir.

Numune alımında zamansal kriter de benimsenmiştir. Bu bağlamda, deniz karışım bölgesi olarak seçilen Karadeniz – İstanbul Boğazı – Marmara Denizi sisteminde etkin olan dört mevsim göz önüne alınmıştır.

Numuneler mevsimsel dağılımı incelemek amacıyla yıllık periyot için farklı numune alım zamanları belirlenmiştir.

Numune alım zamanları;

- ❖ Mayıs (2002)
- ❖ Ağustos (2002)
- ❖ Kasım (2002)
- ❖ Şubat (2003)
- ❖ Mayıs (2003)
- ❖ Ağustos (2005)

olarak seçilmiştir.

Numune alım zamanı olarak seçilen aylar, aralarında üç ay gibi bir zaman olacak şekilde belirlenip, mevsimsel değişimlerin gözlenebileceği düşünülmüştür. Numune alım zamanında, hava şartlarının mevsim normallerinin dışında olduğu haller, özellikle numune alımı için tercih edilmemişlerdir. Ağustos 2005 döneminde alınan numuneler kontrol grubu olarak kullanılmıştır.

Yüzeyden toplanan numuneler daima kıyıdan 1m açıktan alınmıştır. Alınan deniz suyu numuneleri temiz polietilen kaplara alınmış ve taşınmış, şişeler yer ve tarih belirtilerek etiketlenmişlerdir.

Şekil 4.7’de İstanbul Boğazı’ndan bir görüntü verilmektedir.



Şekil 4.6: Numune Noktaları (<http://earth.google.com>)



Şekil 4.7: İstanbul Boğazının Karadeniz Girişinden Marmara'ya Doğru Genel Görüntüsü

4.3 Nötron Aktivasyon Analizi ile Tuzluluk Tayini

Bu doktora tez çalışmasında numunelerin tuzluluk tayini için nötron aktivasyon analizi deneysel çalışma yöntemi olarak seçilmiştir. Nötron aktivasyon analizi; bölüm 3 içinde tanıtıldığı üzere bir elementin nötronlarla bombardımana uğratılarak bir radyoizotopunun oluşturulması sonucu açığa çıkan karakteristik gama ışınının değerlendirilmesiyle element hakkında bilgi alma yöntemidir.

Deniz tuzluluğu tayini de çoğu kez, temelde element analizine dayanmaktadır. Rutin olarak kullanılan tuzluluk tayin yöntemlerine bakılınca genelde klor (Cl) konsantrasyonunun tayiniyle, tuzluluğun belirlendiği görülmektedir.

Burada bilinmeyen bir elementin tayini için değil, bilinen bir elementin miktarının saptanarak tuzluluk tayini yapılabileceği düşünülmüştür. Bu amaçla, pratik olarak referans ile birlikte ışınlanan deniz suyu rezidü örneğinin, gama spektrumu bilgisi doğrultusunda referansla karşılaştırılması sonucunda konsantrasyon tayini yapılması, bu doktora tez çalışması için düşünülmüş deneysel yöntemdir. Bu konuda, tarafımızdan yapılmış çalışmalar dışında bir çalışmaya literatürde rastlanmamıştır.

Deniz suyu tuzluluk tayini için öncelikle titizlikle deniz suyu örneklerinin toplanması gerektiği açıktır. Örnek alınmasının ardından (içme ve maden suyu incelemelerinde olduğu gibi) örnek rezidülerinin eldesi ikinci önemli safhayı oluşturacaktır **(Er, 1995;Tuncer 1991)**.

Tuzluluk miktarının tayini için numunelerden katı rezidülerin elde edilmesi gerekmektedir. Numune sulardaki tuzluluğun, suyun tamamen uçurulmasıyla dibe çöken tortudan oluştuğu varsayılmıştır. Bu tortu içindeki temel tuzluluk elementinin konsantrasyonunun referans ile karşılaştırılmasıyla, tuzluluk tayini yapılabileceği düşünülmüştür.

Elde edilen rezidü kullanılarak nötron aktivasyon analizi uygulamasıyla deniz suyu tuzluluk tayinine gidilmesi çalışmanın ana hedefini oluşturmaktadır. Elde edilen rezidünün miktarı bilinen referans elemanla ışınlanması ve buna göre değerlendirilmesi ise nötron aktivasyon analizi için takip edilecek ana yol olarak benimsenmiştir.

Deneyisel olarak deniz tuzluluğunun nötron aktivasyon analizi ile hesaplanması için;

$$S(\%) = \zeta \eta \xi \cdot 1000 \quad (4.1)$$

bağlantısının kullanılabileceği önerilmektedir.

Burada,

ζ : örnek faktörü

η : referans faktörü

ξ : tortu faktörü

olarak ifade edilebilmektedir.

Ayrıca,

$$\zeta = \frac{N_s}{m_s} \quad (4.2)$$

Örnek faktörü (ζ): Örneğin net sayımın (N_s), örneğin kütlesine (m_s) oranı,

$$\eta = \frac{m_{re}}{N_{re}} \quad (4.3)$$

Referans faktörü (η): ışınlanan referans örneğin kütlesinin (m_{re}), ışınlanan referans örneğin net sayımına (N_{re}) oranı

$$\xi = \frac{m_{rs}}{m_{ev}} \quad (4.4)$$

Tortu faktörü (ξ): örneğin toplam rezidü kütlesinin (m_{rs}), suyun toplam kütlesine (m_{ev}) oranı

olarak tanımlanabilmektedir.

Deniz suyunun %96.5'lik kısmını H_2O (su) oluşturmakta, geri kalan %3.5'lik kısmını da deniz tuzları meydana getirmektedir (**Dera 1992**).

Esas itibarıyla, deniz tuzunu oluşturan temel iyonlar ise % 45.09 Cl^- , % 38.67 Na^+ 'dur. Bu iki element sodyum klörürün bileşenleri olarak deniz suyunda bulunmaktadırlar. Bir başka deyişle, deniz tuzlarının içinde en yüksek orana sahip olan sodyumklörür ($NaCl$) kristalinin suda çözünmesinden oluşan sodyum ve klor

iyonları olarak göze çarpmaktadır. Bu bilgiden hareketle, söz konusu bu iki iyonun konsantrasyonundan tuzluluk analizine gidilebileceği düşünülmüştür. Tablo 4.1’de sodyum ve klorun kimyasal özellikleri verilmektedir.

Tablo 4.1: Sodyum ve Klorun Kimyasal Özellikleri (Chaikin, 1995; Petrucci 1993)

Element	Atom No	Grup	Kristal Yapı	Atom Ağırlığı	Erime Noktası (°C)	Kaynama Noktası (°C)	Atom Yarıçapı (Å)	293 K’de Yoğunluk (g cm ⁻³)
Na	11	Alkali metal	cisim merkezli kübik	22,989768	97,81	882,9	2,23	0,971
Cl	17	Halojen	Ortorombik	35,452700	-100,98	-34,6	0,97	0,003214

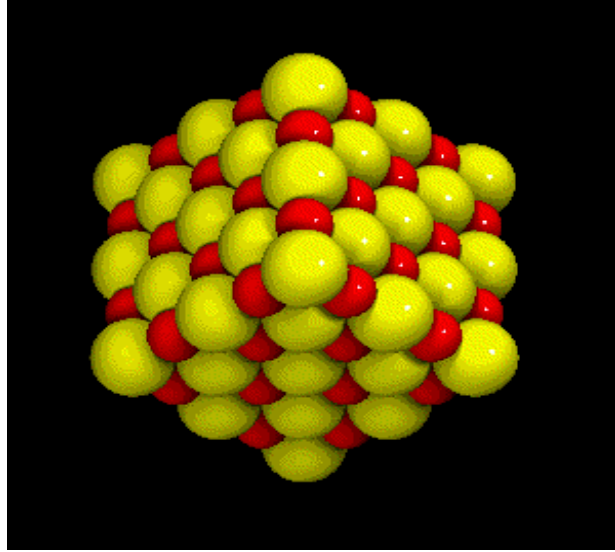
Kübik kristal yapıya sahip olan sodyumklorürün (NaCl), kristal yapısı Şekil 4.8’de yer almaktadır. Kimyasal özellikleri ise Tablo 4.2’de verilmiştir.

Tablo 4.2: Sodyum Klorürün Kimyasal Özellikleri (Chaikin, 1995)

Kristal Yapı	Kübik
Molekül Ağırlığı	58,45
293 K’de Yoğunluk (g cm ⁻³)	2,17
Erime Noktası (K)	1070
Bant aralığı (eV)	9

Nötron Aktivasyon Analiziyle tuzluluğu oluşturan temel elementlerin konsantrasyonun tayini ve böylece genel olarak tuzluluğa ulaşmak hedeflenmiş olduğundan sodyum ve klorun nötronik özellikleri araştırılmıştır. Nötron Aktivasyon Analizinde çalışılacak elementin ışınlandıktan sonra sayım işlemine kadarki süre içinde yarılanmadan ortamda bulunması gerekmektedir. Bu sebeple elementin yarıömrünün ışınlama, bekleme ve sayım işlemleri için geçecek süreden hayli uzun

olması gerekmektedir. Tablo 4.3'te sodyum ve klorun radyoizotoplarının nötronik özellikleri verilmektedir.



Şekil 4.8: Sodyumklorürün Kristal Yapısı (Gert, 2003)

Tablo 4.3 incelenip, sodyum ve klorun özellikleri göz önüne alındığında yarıömrünün yeteri kadar uzun olmasından dolayı sodyum (Na) ile çalışma tercih edilmiştir. Sodyum konsantrasyonu ile tuzluluk tayini, rutin olarak kullanılan tekniklere yeni bir yaklaşım getirmektedir. Zira konvansiyonel deniz tuzluluğu yöntemleri, esas itibariyle klor konsantrasyonu tayinine dayanmaktadır. Bu bağlamda, sodyum analiziyle tuzluluk tayini bu doktora tezinin diğer bir orijinal kısmını oluşturmaktadır.

Tablo 4.3: Sodyum ve Klorun Nötronik Özellikleri (Meyerhof, 1989; Lilley, 2001)

Element	Yarı ömür	Enerji (keV)	Bolluk (%)	Oluşum Şekli	Termal Nötron kesiti (barn)
Na-24	14.96 saat	1368.60 2754.00	100.00 99.94	Na-23 (n,γ) Mg-24 (n,p) Al-27 (n, γ)	0.513
Cl-38	37.24 dak.	1642.69	31.00	Cl-37 (n, γ)	0.423

4.4 Örnek Hazırlanması

Bu doktora tez çalışmasında “numune” kelimesi, denizlerden alınan ve polietilen şişelerde muhafaza edilen sular için kullanılmıştır. “Örnek” kelimesi ise tuzluluk tayininde kullanılan numunelerden elde edilen tortuları (rezidüleri) ifade etmektedir.

Numunelerden örnek hazırlama işlemi, dikkat ve özenle yapılması gereken bir işlem durumundadır. Aksi takdirde, yanıltıcı sonuçlara ulaşılabilir. Öncelikle kullanılacak kapların temizliğinden emin olunduktan sonra numunelerden örnek hazırlanması işlemine başlanmıştır. Kullanılan tüm elemanların (beher, spatula, planşet vb.) temizliği özel işlem sırasından geçirilerek gerçekleştirilmiştir. Tüm elemanlar için uygulanan temizlik işlemleri sırasıyla;

1. Genel yıkama,
2. Özel asit ile yıkama,
3. Saf suyla çalkalama,
4. Fırında kurutma,

olarak yapılmıştır.

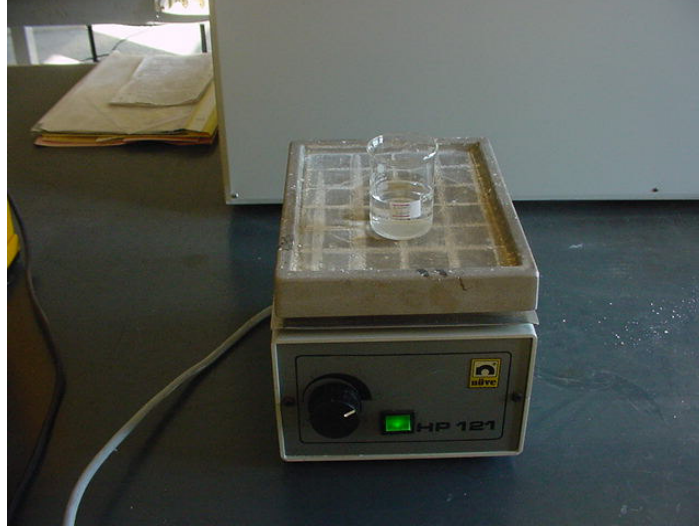
Polietilen şişelerde bulunan deniz suyu numunelerinden yaklaşık 50 cc veya 100 cc’lik su kütleleri beherlere konarak tartılıp, etiketlenmiştir. Şekil 4.9 ‘da kullanılan tartının görüntüsü verilmektedir.



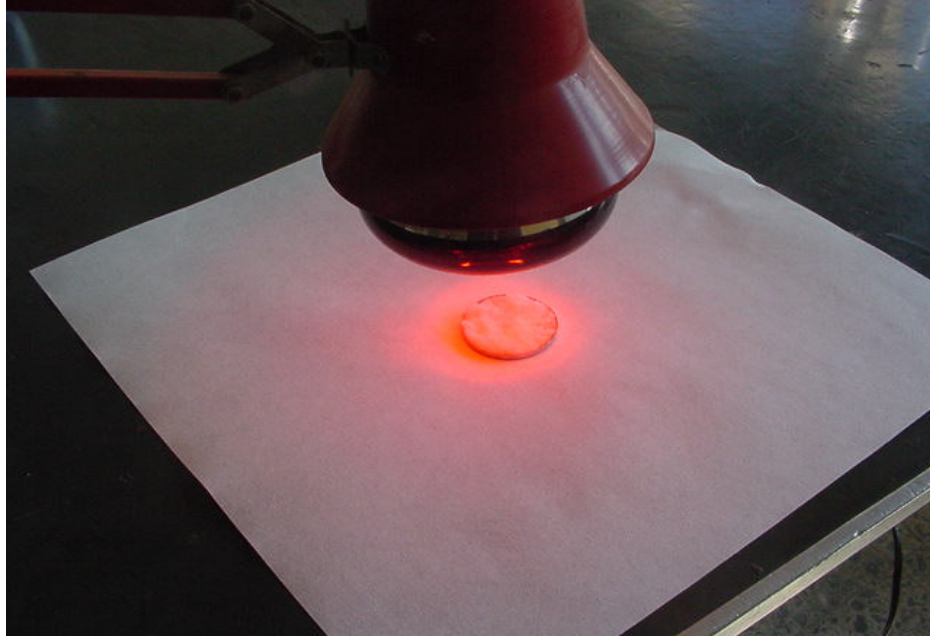
Şekil 4.9: Kütle Ölçmede Kullanılan Tartı

İçindeki su miktarı bilinen beherler, laboratuvar ısıtıcıları (hot plate) üzerine konulmuş ve uçurma işlemi için bekletilmişlerdir. Şekil 4.10’da kullanılan ısıtıcının (hot plate) fotoğrafı verilmektedir.

Bu sırada kaynama olmamasına özen gösterilmiştir. Bu işlem, genellikle 4-6 saat süre almıştır. Gözle görünen suyun tamamen uçurulması gerçekleştikten sonra tortular (rezidü) infrared ışık altında 2 saat bekletilmiştir. Şekil 4.11’de kullanılan lamba gösterilmektedir.



Şekil 4.10: Deniz Suyunu Buharlaştırmada Kullanılan Elektrikli Isıtıcı (hot plate)

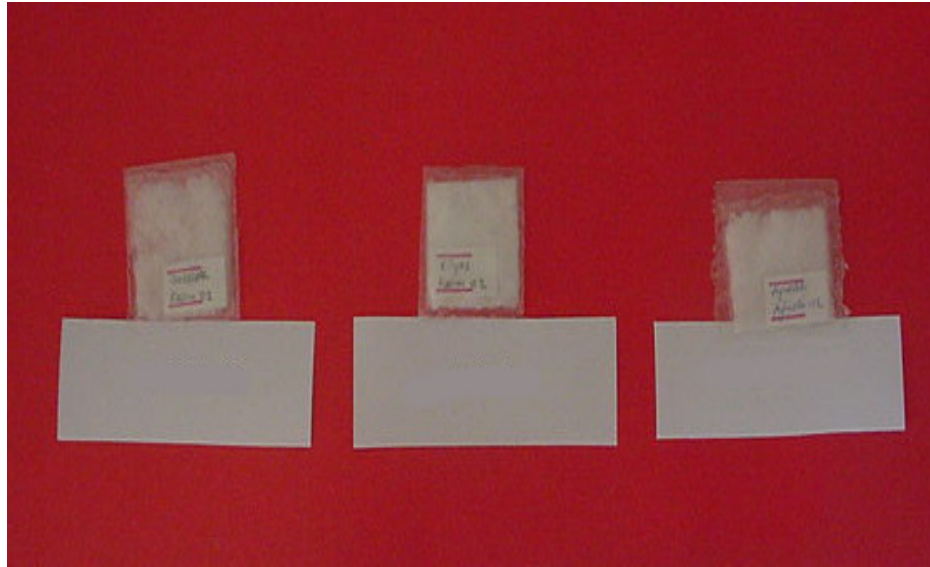


Şekil 4.11: Tortuların İnfrared Işık Altında Tamamen Kurutulması

Suyunu tamamen kaybeden tortulardan örnekler alınmış ve Şekil 4.9’da gösterilen duyarlı tartıda tartılarak yaklaşık 100 mglık örnekler oluşturulmuş ve bu örnekler paketleme işlemine tabi tutulmuşlardır.

Paketleme, özel tecrit makinası ile gerçekleştirilmiştir. Herhangi bir sızma olmaması için üç kat paketleme yapılmıştır. Böylelikle, paketlerin ışınlama veya taşıma sırasında oluşabilecek dış etkilere zarar görmesi engellenmiştir. Paketlenen örnekler, elde edildikleri numuneler göz önüne alınarak etiketlenmişlerdir. Paketlenen ve etiketlenen örnekler ışınlamaya hazır hale getirilmişlerdir. Şekil 4.12’de ışınlamaya hazır olan örnekler verilmektedir.

Rasyonel değerlendirme yapabilmek için referans örnek ışınlattırılması yoluna gidilmiştir. Bu amaçla referans örnek hazırlanmıştır. Örneklerimizle uyum bağlamında, referans numune de yaklaşık 100 mg olarak hazırlanmıştır. Referans olarak kullanılan NaCl, 106405 Merck katalog numaralı sodyumklorür (NaCl) olarak seçilmiştir (Merck, 1996).



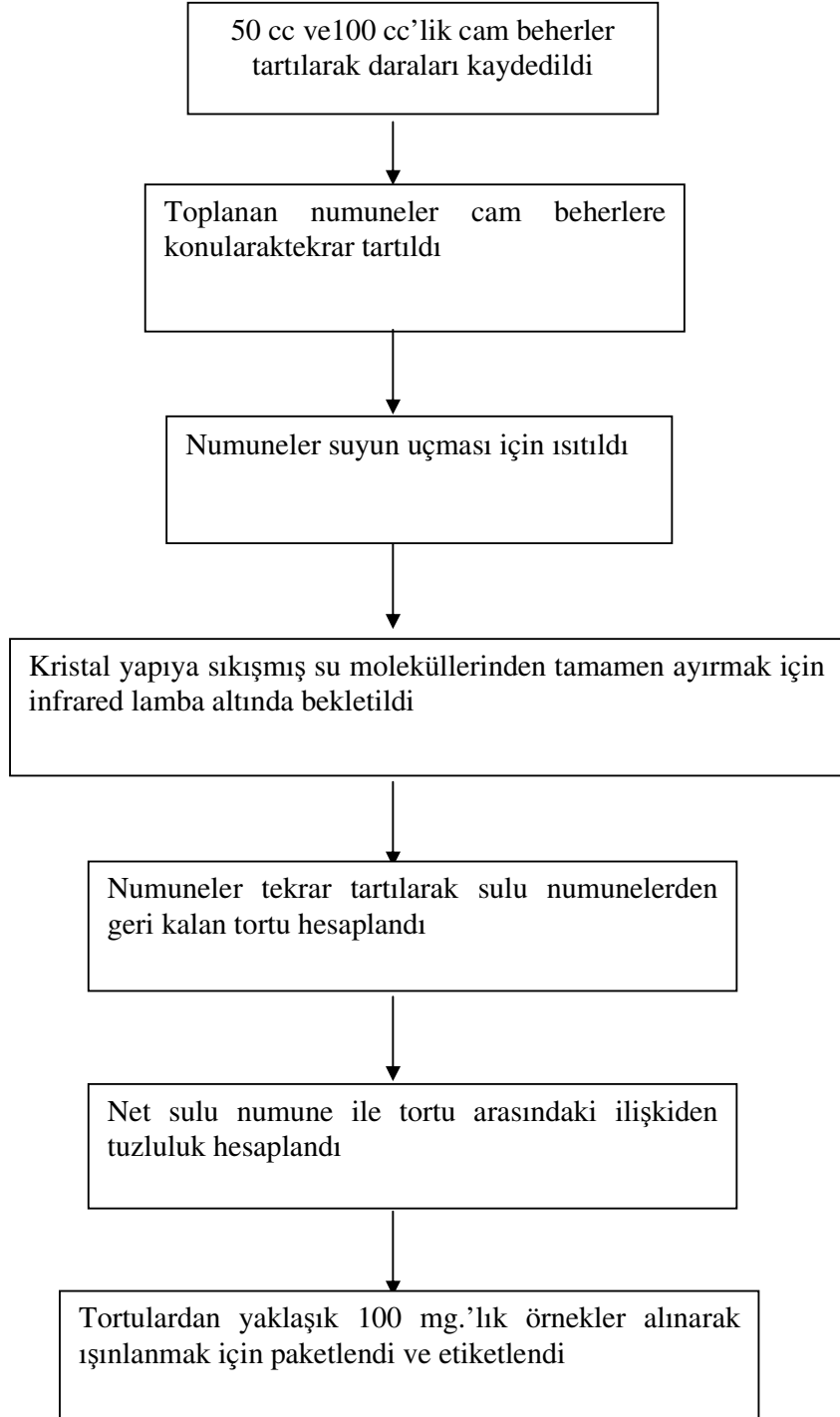
Şekil 4.12: Hazırlanan Örneklerin Işınlamaya Hazır Hali

Hazırlanmış örnekler ve referans örnek birlikte ışınlanmıştır. Işınlama için öncelikle İ.T.Ü. TRIGA Mark II reaktörünün tavşan sistemi tercih edilmiştir. İ.T.Ü. TRIGA Mark II reaktöründe ışınlama sorunu ortaya çıkmasından sonra ışınlamalar için Howitzer (Pu/Be) nötron kaynağı ışınlamalar için kullanılmıştır. Örneklerin hazırlanma aşamaları Şekil 4.13’te blok diyagram olarak gösterilmiştir.

4.5 Nötron Kaynağının Tanıtımı

Tüm örneklerin Howitzer 3 (Pu/Be) kaynağı ile ışınlanması ile çalışılmıştır. Bununla beraber İTÜ TRIGA Mark II reaktörü ile yapılan ışınlamalarla elde edilen sonuçlar

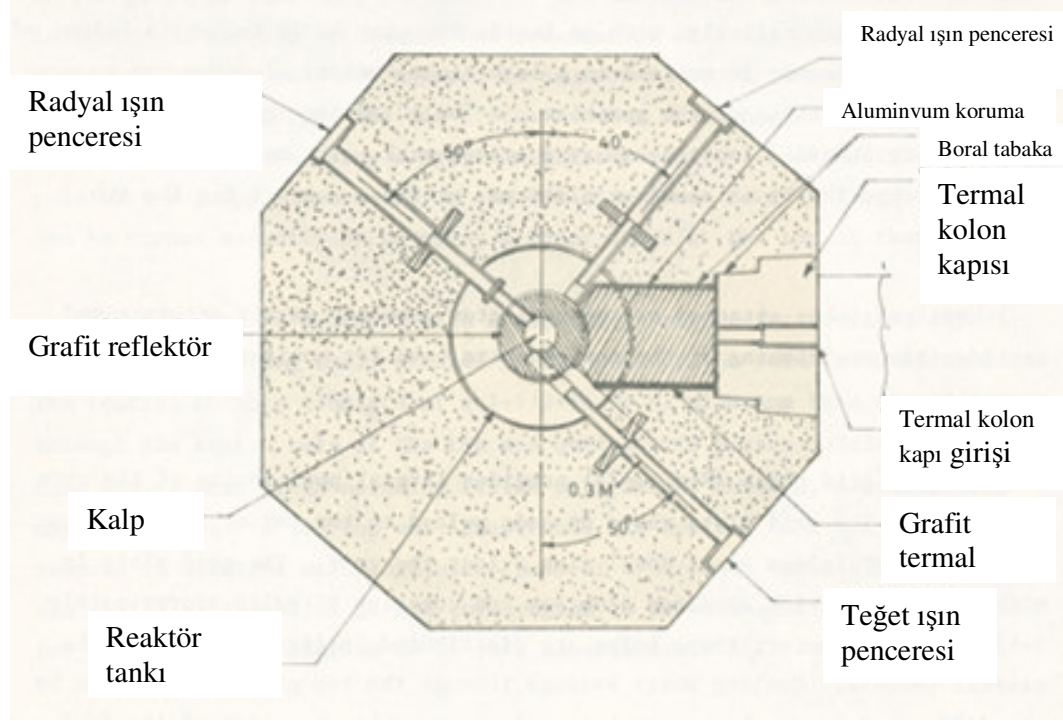
söz konusu örnekler için karşılaştırma amaçlı kullanılmıştır. Bu nedenle burada her iki nötron kaynağı hakkında bilgi verilmektedir.



Şekil 4.13: Buharlaştırma ile Tuzluluk Tayini ve Nötron aktivasyon Analizi İçin Örnek Hazırlanması

4.5.1 TRIGA Mark II Reaktörü Tavşan Sistemi

Işınlama için, 250 kW gücünde çalışabilen İ.T.Ü. TRIGA Mark-II Eğitim ve Araştırma Reaktörü'nün tavşan sistemi kullanılmıştır. Tavşan sisteminin nötron akısı $1.65 \times 10^{12} \text{ n/cm}^2 \cdot \text{s}$ 'dir (Altınsoy, 1999). İ.T.Ü. TRIGA Mark-II Eğitim ve Araştırma Reaktörüne ait bazı özellikler Tablo 4.4.'te verilmektedir.



Şekil 4.14: TRIGA Mark II Reaktörünün Kuşbakışı Görüntüsü (Güvenlik Raporu, 1978)

TRIGA Mark II reaktörünün kuşbakışı görüntüsü Şekil 4.14'te verilmektedir.

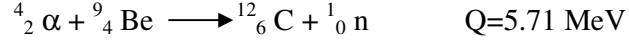
Tablo 4.4: İTÜ TRIGA Mark II Reaktör Kalbinin Bazı Özellikleri (Güvenlik Raporu, 1978)

Zarf malzeme	SS- zarf U-ZrH _{1.6}
Ani nötron ömrü (μs)	43
Etkin gecikmiş nötron oranı	0,0070
Ortalama yakıt sıcaklığı (°C)	23 400

4.5.2 Pu/Be Nötron Kaynağı (Nötron Howitzer 3 (NH-3))

Nötron Howitzer 3 mobil ve pratik kullanıma elverişli bir nötron kaynağıdır. Temelinde (α, n) reaksiyonu bulunan bu nötron kaynağının çeşitli hedef malzemelerle

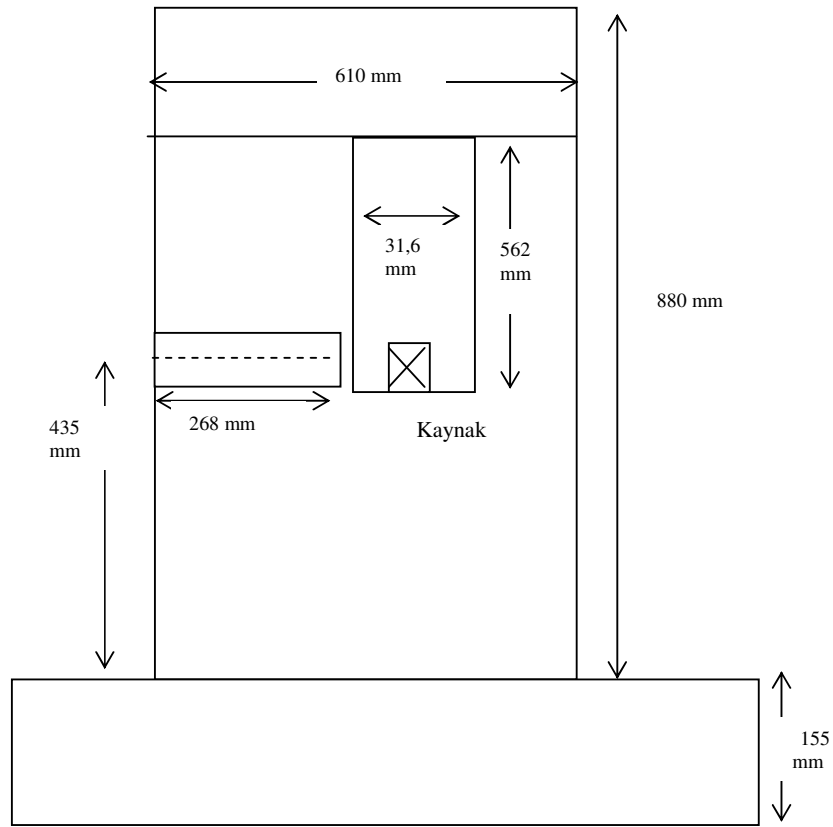
çeşitlenmesi olasılık dahilindedir. En yüksek nötron verimliliğine hedef malzemenin berilyum olması durumunda ulaşılmaktadır. Hedef malzeme berilyum olunca aşağıdaki reaksiyon gerçekleşmektedir.



Nötron Howitzer-3 ile çalışma süresi nötron akısına göre saptanmaktadır. Nötron Howitzerin yüzeyindeki nötron akısı açık alana göre yaklaşık 15-20 kez fazla olmaktadır. Bu kaynakla çalışan kişiler haftada en çok 20 saat nötron demetlerine maruz kalabilirler. Bu sürenin canlı dokuda meydana getireceği risk bütün vücut için saatte 0.5 mrem (5µSv)'den az olmaktadır (**Yiğit, 1996**). Nötron Howitzer kaynağının Şekil 4.15'te dış görüntüsü ve Şekil 4.16'da ise iç yapısı şematik olarak gösterilmektedir. Şekil 4.17'de Pu/Be kaynağına ait enerji spektrumu yer almaktadır.

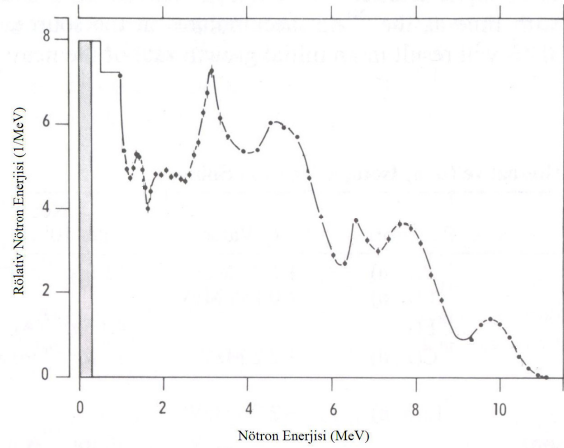


Şekil 4.15: Nötron Howitzer Kaynağının Dış Görüntüsü



Şekil 4.16: Nötron Howitzer Kaynağının İç Yapısı (Yiğit, 1996)

Nötron Howitzer kaynağında Pu-Be kaynağını ışınlama kanalı seviyesine getirebilmek için Howitzerin üst yüzeyinde bulunan çubuk kullanılmaktadır. Nötron zırhlaması Howitzerin iç çeperinde kaplanmış bulunan parafinle sağlanmaktadır.



Şekil 4.17: Pu/Be Kaynağının Enerji Spektrumu (Knoll, 1982)

4.6 Işınlama Parametreleri

ITU TRIGA Mark II Reaktöründeki tavşan sistemi ışınlama için tercih edilmektedir. Işınlamada kullanılan özel korumalı tüplere yerleştirilen örnekler 90 s süreyle ışınlanmışlardır. Sayımlar ışınlamalardan 24 saat sonra alınmıştır.

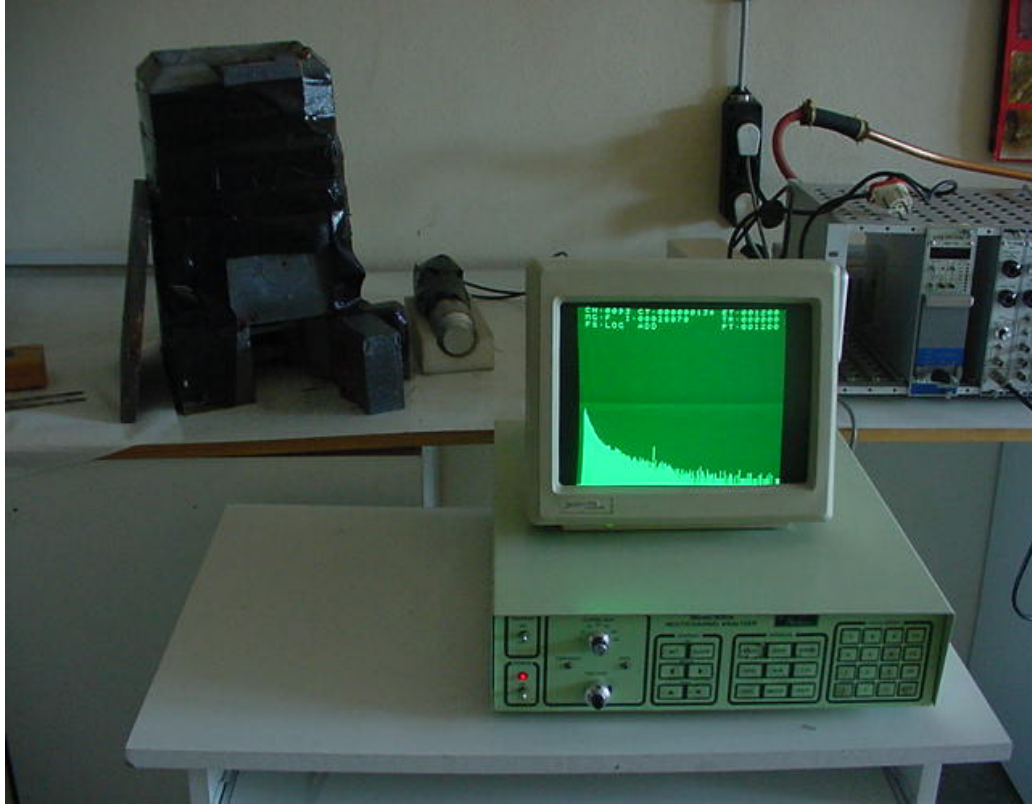
Işınlamada Howitzer kullanılması durumunda örnekler 14 saat ışınlanmışlardır. Bu durumda sayımlar ışınlamanın ardından yapılmıştır.

4.7 Sayım Şartlarının ve Sayım Düzeneginin Tanıtılması

Işınlanan örneklerin sayım işlemi için NaI(Tl) sintilasyon detektörü ve onun bağlı olduğu çok kanallı analizör sistemi kullanılmıştır. Sayım sırasında örnek ve detektör kurşun hücre içinde yer almıştır. Kurşun hücre 5 cm kalınlıktaki kurşun tuğlalardan oluşturulmuştur. Şekil 4.18’de detektör ve kurşun hücre birlikte gösterilmektedir. Detektörün bağlı olduğu çok kanallı analizör Şekil 4.19’da görülmektedir



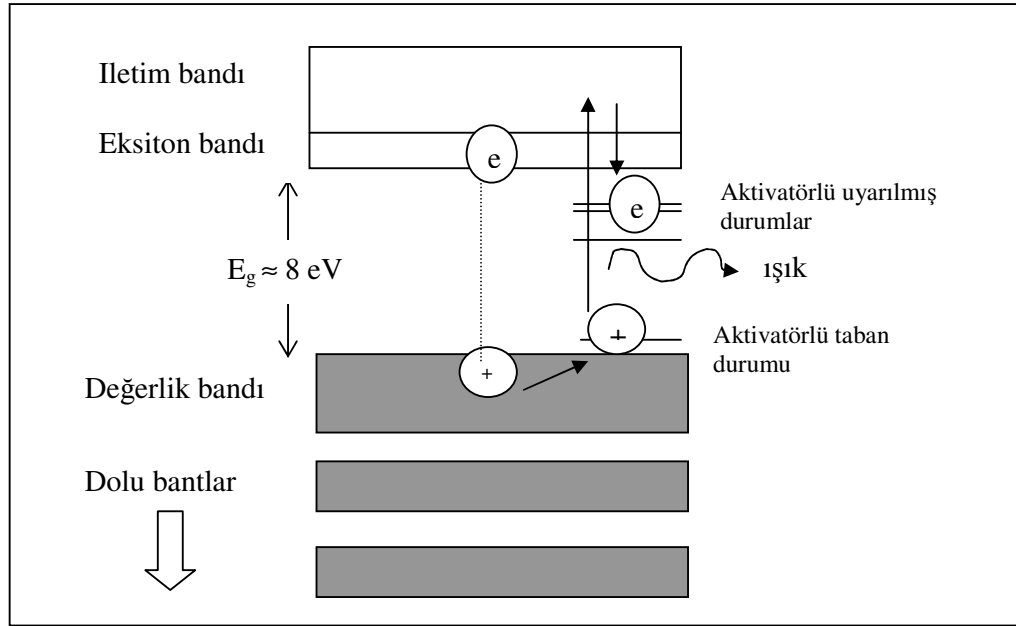
Şekil 4.18: Sayımda Kullanılan NaI(Tl) Sintilasyon Detektörü ve Kurşun Hücre



Şekil 4.19: Sayımda Kullanılan Çok Kanallı Analizör

4.7.1 NaI(Tl) Sintilasyon Detektörü

Sintilasyon detektörünün temel fonksiyonu, gama ışınımı etkisiyle enerjisini kaybeden birincil elektronların oluşturduğu elektron-boşluk çiftlerini ve bu bağlamda oluşan elektrik sinyalini toplamaktır. Şekil 4.20’de yer alan bant yapısı gereğince gama ışınımının oluşturduğu birincil elektronların ikincil elektronları iletim bandına yükselmesiyle geride (değerlik bandı) elektron eksikliği anlamında olan boşluklar kalmaktadır (**Gilmore, 1998**). Bazı durumlarda elektronun enerjisi iletim bandına çıkmaya yeterli olmaz ise tekrar elektrostatiksel olarak boşluk ile etkileşime girebilirler. Birikimde bulundukları bölgeye de eksiton bandı denilmektedir. İletim bandındaki elektronların tekrar değerlik bandına inmeleri durumunda bir elektromanyetik ışınım salınımı olmaktadır. Bu elektromanyetik radyasyonun dalgaboyu optik dalgaboyuna yakınsa bu radyasyon, fotoçoğaltıcı bir tüp veya ışık ölçer bir alet vasıtasıyla sinyal olarak değerlendirilmektedir.



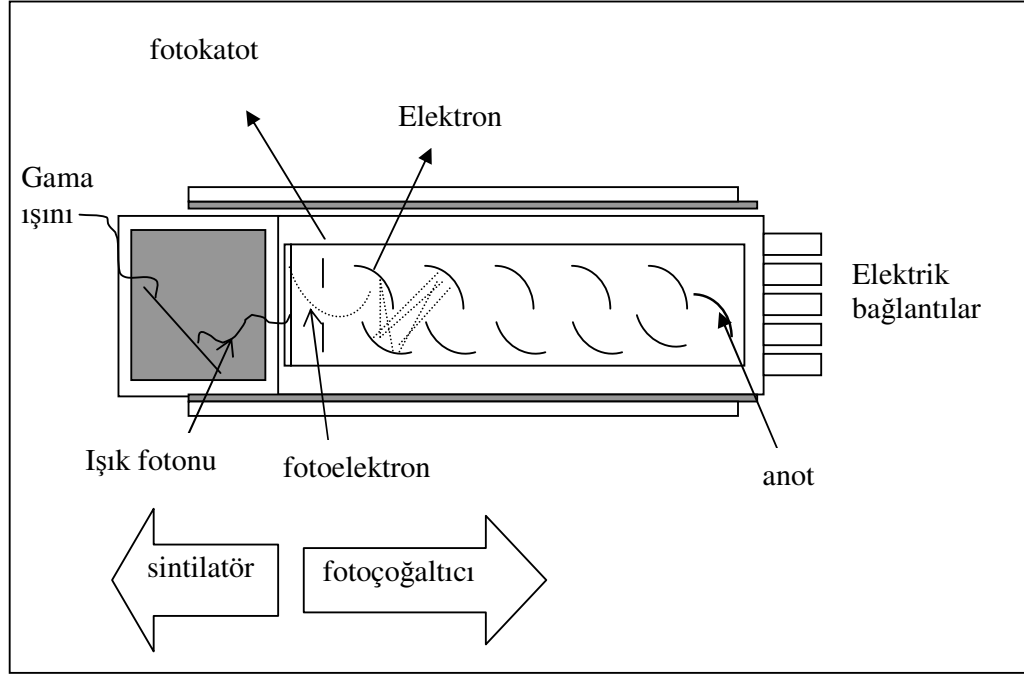
Şekil 4.20: Sintilasyon Kristalinin Bant Yapısı

Temel olarak sintilasyon detektörleri bu prensipler çerçevesinde farklı detektör kristalleri kullanılarak amaca göre geliştirilmişlerdir. Sintilasyon detektörlerinin tipleri kullanılan kristalin adıyla anılmaktadır. Günümüzde en çok kullanılanlar NaI (Tl), BGO (Bismuth germanate), CsI(Tl) olarak sıralanmaktadır. Parantez içinde ifade edilen elementler aktivatör olarak kullanılan elementleri göstermektedir. Şekil 4.20’de sintilasyon detektöründeki tüm elemanları ve Şekil 4.21’de ise detektörün iç yapısının şematik olarak gösterilmektedir (**Gilmore, 1998**).

Deneysel çalışmalar süresince kullanılan sintilasyon detektörü Nucleus firması tarafından üretilmiş olan Model P-2000 NaI(Tl)’dür. NaI(Tl) detektörünün bazı özellikleri Tablo 4.5’te verilmektedir.

Tablo 4.5: Model P-2000 NaI (Tl) dedektörünün Özellikleri

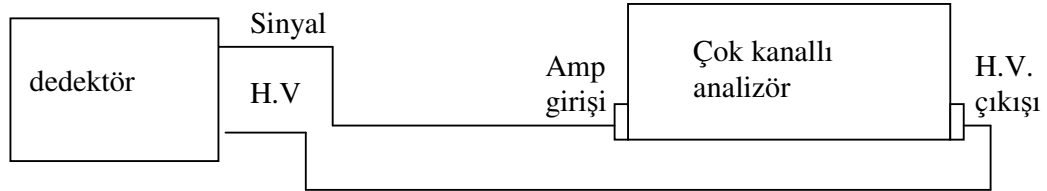
Sintilatör (NaI (Tl) boyutları)	3.8 cm çap x 2.5 cm kalınlık
Foto çoğaltıcı çapı	5.1 cm çap
Çözünürlük	%8.5 ve daha iyi FWHM ^{137}Cs için
Zırlanması	kurşunla kapatılmış kristal



Şekil 4.21: Sintilasyon Detektörünün Şematik Olarak Parçalarının Gösterimi

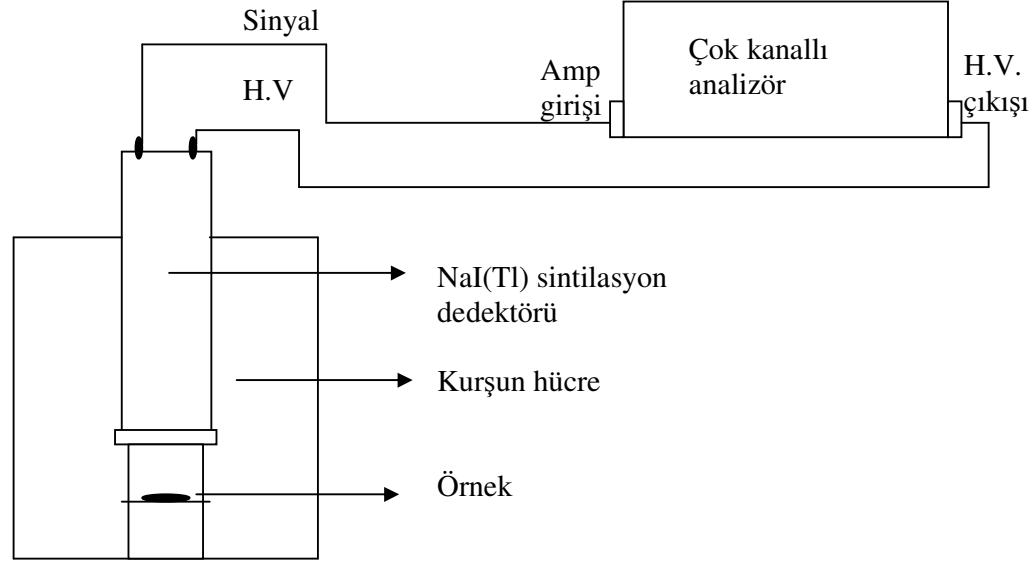
4.7.2 Çok Kanallı Analizör

Deneyisel çalışmalarda kullanılan çok kanallı analizör Nucleus firması tarafından üretilmiş olan Model 256'dır. Şekil 4.19'da bir görüntüsü verilmektedir. Model 256 çok kanallı analizörün içinde lineer yükseltici bulunmaktadır. Yapısı Şekil 4.22'de gösterilmektedir.



Şekil 4.22: Çok Kanallı Analizörün İç Yapısı (Nucleus)

Deney düzeneyi ve geometrisi Şekil 4.23'te gösterilmektedir. Sistemin kalibrasyonu ve tüm örneklerin sayım işlemi sırasında sistemin geometrisi hiç değiştirilmemiştir. Kurşun hücre içinde bulunan seviyeli ayağın orta kademesine örnekler yerleştirilmiş ve bu ayağın tam üst kısmına da NaI (TI) sintilasyon detektörü konulmuştur. Kurşun hücrenin tepesi ve örnek koyulmasını kolaylaştırmak için açık bırakılmış olan kenar penceresi de yine kurşun tuğlalarla kapatılarak sayımlar gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.23: Deney Düzeneği ve Geometrisi

4.8 Uçurma Yöntemiyle Tuzluluk Tayini

Uçurma tekniği ile tuzluluk tayini, rutin tuzluluk tayin yöntemlerinin en eskisi olarak bilinmektedir. İlk olarak tuzluluk tayini yapılırken kullanılan yöntemdir.

Temelde denizsuyunun iki bileşeni bulunmaktadır. Bunlar su ve tuzlardır. Bu yöntemde, suyun buharlaşmasıyla beraber geride kalan rezidünün deniz tuzlarından oluştuğu kabul edilmektedir (**Dera,1992**). Tuz dışı elemanların da deniz suyunda bulunan rezidü içinde bulunuyor olması, tuzluluk miktarının olandan fazla görünmesine sebep olmaktadır.

İstanbul Boğazı'ndan toplanan deniz suyu numunelerinin uçurma ile tuzluluk tayini yapılması bu doktora tezinde nötron aktivasyon analizi sonuçlarının mukayesesi için alternatif bir teknik olarak seçilmiştir.

Uçurma tekniği ile ilgili çalışmalarda, (nötron aktivasyon analizi tekniği ile yapılan çalışmada olduğu gibi) öncelikle kullanılacak kapların temizliğinden emin olunduktan sonra tuzluluk tayin işlemine başlanmıştır. Kullanılan tüm elemanların (beher, spatula, planşet vb.) temizliği özel işlem sırasından geçirilerek gerçekleştirilmiştir. Diğer örneklerin hazırlanmasında olduğu gibi tüm elemanlar için uygulanan temizlik işlemleri genel yıkama, özel asit ile yıkama, saf suyla çalkalama ve fırında kurutma sırasıyla yapılmıştır. Polietilen şişelerde bulunan deniz suyu numunelerinden 50 cc'lik ve 100cc'lik su kütleleri beherlere konarak tartılıp

etiketlenmiştir. İçindeki su miktarı bilinen beherler, laboratuvar ısıtıcıları (hot plate) üzerine konulmuş ve uçurma işlemi için bekletilmişlerdir. Bu sırada kaynama olmamasına özen gösterilmiştir. Bu işlem, 4 saat süre almıştır. Gözle görünen suyun tamamen uçurulması gerçekleştikten sonra rezidü infrared ışık altında 2 saat bekletilmiştir. Suyunu tamamen kaybeden rezidüler hassas tartıda tartılmışlardır.

Uçurma yöntemiyle tuzluluk;

$$S(\%) = \frac{m_r}{m_t} \cdot 1000 \quad (4.5)$$

şeklinde hesaplanabilmektedir.

Burada;

m_r : Uçurmadan kalan rezidü kütlesi

m_t : Toplam deniz suyu numunesinin kütlesi

olarak ifade edilebilmektedir.

4.9 Deneylerin Yapılışı

Deneylere, önemli bir su yolu olan ve farklı tuzluluktaki iki denizi birbirine bağlayan İstanbul Boğazı'ndan numuneler alınarak başlanmış, daha sonra toplanan numunelerden örnekler hazırlanmıştır.

Hazırlanan örnekler öncelikle İ.T.Ü. TRIGA Mark II reaktöründe ışınlamak üzere plastik tüplerin içine referans tuz örneği ile beraber yerleştirilmiştir. Reaktörde ışınlanan örnekler sadece Mayıs 2002 dönemine ait olanlardır. Tavşan sisteminde 90 s süreyle ışınlanan örnekler, kısa yarı ömürlü ürünlerin aktivitelerinin azalması için 24 saat bekleme süresinden sonra sayılmak üzere radyoizotop laboratuvarına özel zırhlı taşıma kapları içinde taşınmıştır. Howitzerde ışınlanan örnekler 14 saat ışınlanmıştır. Işınlanan örnekler TRIGA Mark II reaktörünün tavşan sistemindeki ışınlamada olduğu gibi özel zırhlı taşıma kapları içinde radyoizotop laboratuvarına taşınmış ve yine aynı şekilde sayım işlemine tabi tutulmuştur.

Radyoizotop laboratuvarında ortam radyasyon seviyesinin sürekli kontrol altında olması için oda detektörü çalışmalar sırasında daima açık tutulmuştur. İlk olarak referans kaynaklarla sistemin kalibrasyonu yapılmıştır. $_{11}\text{Na}^{24}$ 'un %100 ve %99.9

bollukla iki gama bozunumu (1368.6 keV, 2754.0 keV) bulunmaktadır. $^{24}_{11}\text{Na}$ 'un gama piklerine ilişkin kanal numaraları işaretlenerek altında kalan alan belirlenmiştir. Bundan sonra, sayım sisteminin sayımlara başlamadan ortamın doğal sayımı belirlenmiştir. Bu amaçla, sayım alınacak pik bölgeleri için ortamda herhangi bir örnek veya kaynak yokken doğal sayımlar (background) alınmıştır. Böylece sayım sistemi örnek sayımı için hazır hale getirilmiştir.

Işınlanan her örnek en az üç defa sayılmış ve her sayımdan doğal sayım çıkarılarak net sayımlara ulaşılmıştır. Bundan sonra net sayımların ortalamaları alınmış ve standart sapmaları bulunmuştur (**Gönül, 2000**). Tuzluluk hesaplaması için ortalama net sayım değerleri kullanılmıştır.

Reaktör tavşan sisteminde ışınlanan örnekler hayli aktif oldukları için örnekler sayım sisteminde 5 s, Howitzerde ışınlanan örnekler ise 30 dak. süreyle sayılmışlardır.

Her iki ışınlama yönteminde de (her ışınlamada) hazırlanan deniz suyu örnekleri ile beraber referans örnek de ışınlanmıştır. Referans örnekler, diğer örneklerin sayımı ile aynı şekilde sayım işlemine tabi tutulmuşlardır. Elde edilen veriler çerçevesinde Denklem 4.1 kullanılarak, toplanan numunelerin tuzluluk değerlerine ulaşılmıştır (**Karaaslan, 2004**).

Örneklerin, rutin tuzluluk tayin yöntemi olarak nitelenen uçurma yöntemi ile de tuzlulukları tayin edilmiştir. Bölüm 4.8 içinde detayı verildiği üzere elde edilen rezidülerden hareketle Denklem 4.5 kullanılarak numunelerin tuzluluk değerleri bulunmuştur.

5. DENEYSEL SONUÇLAR

Bu doktora tezi ile nükleer bir teknik olan nötron aktivasyon analizi kullanılarak izleme tekniği bağlamında bir incelemeye yönelik olarak İstanbul Boğazı'nda yedi farklı noktadan alınan numunelerin tuzlulukları her bir nokta için ayrı ayrı tayin edilmiştir. Ayrıca, bu doktora tezinin deneysel bir özgünlüğü olan nötron aktivasyon tekniği kullanılarak ulaşılan tuzluluk tayini sonuçlarının tuzluluk tayini için kullanılan rutin bir teknik olan uçurma tekniği ile karşılaştırılması yoluna da gidilmiştir. Bu amaçla alınan numunelerin uçurma tekniği uygulanarak da tuzlulukları tayin edilmiştir.

Numune noktalarının nötron aktivasyon analizi ile elde edilen tuzluluk sonuçları aşağıda Bölüm 5.1'de ve uçurma tekniği ile elde edilen tuzluluk verileri de Bölüm 5.2'de sunulmaktadır. Grafiksel gösterimler Microsoft Excel ile gerçekleştirilmiştir. Standart sapma hesaplamaları Microsoft Excel ile yapılmıştır.

5.1 Nötron Aktivasyon Analizi ile Ulaşılan Deney Sonuçları

İstanbul Boğazı'nın yedi noktasından dört mevsim için toplanan deniz suyu numuneleri için nötron aktivasyon analizi ile tuzluluk tayini yapılmıştır. Yapılan deneysel çalışmalardan elde edilen deney sonuçları ve tayin edilen tuzluluk değerleri referans örneğe ve herbir numune alım noktasına ilişkin olarak, Howitzerde ve İTÜ TRIGA Mark II reaktöründe ışınlamaya ait sonuçlar aşağıdaki alt bölümler içinde ayrı ayrı verilmektedir.

Bu bağlamda, Bölüm 5.1.1 – Bölüm 5.1.8 içinde Howitzer ışınlamalarına ilişkin deney sonuçları verilmekte, Bölüm 5.1.9 içinde ise İTÜ TRIGA Mark II reaktöründe yapılan ışınlama sonuçları verilmektedir.

5.1.1 Referans Örneğin Sonuçları

Nötron aktivasyon analiziyle tuzluluk tayini işlemi sırasında (numunelerle beraber ışınlanan) referans örneğe ilişkin sonuçlar Tablo 5.1'de verilmektedir. Bu referans

örnek sonuçları Denklem 4.1 kullanılarak çalışılan numunelerin tuzluluk sonuçlarının hesaplanması işlemlerinde kullanılmıştır.

Tablo 5.1: Referans Örneğe İlişkin Deney Sonuçları (Doğal sayım = 15)

Örnek	1. sayım		2. sayım		3. sayım		4. sayım		Ortalama net sayım	Standart sapma	Örnek kütle (mg)
	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım			
Referans	93	78	91	76	87	72	100	85	75,2	5,4	107,2

5.1.2 Kilyos Numune Alım Noktası Sonuçları

Kilyos'tan alınan denizsuyu numunelerinin mevsimlere ilişkin farklı zamanlara ait deney sonuçları ve tayin edilen tuzluluk değerleri aşağıdaki alt bölümlerde verilmektedir.

5.1.2.1 Kilyos Numune Alım Noktası Kasım 2002 Deney Sonuçları

Nötron aktivasyon analizi ile elde edilen deney sonuçları Tablo 5.2'de verilmektedir. Bu deney sonuçlarından hareketle referans örnek değerleri göz önüne alınarak Denklem 4.1 ile tayin edilen tuzluluk değerleri ise Tablo 5.3'te verilmektedir.

Tablo 5.2: Kilyos Numune Alım Noktası Kasım 2002 Işınlama Sonuçları (Doğal sayım =13)

Örnek	1. sayım		2. sayım		3. sayım		Ortalama net sayım	Standart sapma
	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım		
Kasım 2002	74	59	77	64	80	67	63,3	4,6

Tablo 5.3: Kilyos Numune Alım Noktası Kasım 2002 Tuzluluk Sonuçları

Örnek	Işınlanan Örnek Kütle (mg)	Tuzluluk (ppt)
Kasım 2002	91,90	15,79±1,01

5.1.2.2 Kilyos Numune Alım Noktası Şubat 2003 Deney Sonuçları

Nötron aktivasyon analizi ile elde edilen deney sonuçları Tablo 5.4'te verilmektedir. Bu deney sonuçlarından hareketle referans örnek değerleri göz önüne alınarak Denklem 4.1 ile tayin edilen tuzluluk değerleri ise Tablo 5.5'te verilmektedir.

Tablo 5.4: Kilyos Numune Alım Noktası Şubat 2003 Işınlama Sonuçları
(Doğal sayım =12)

Örnek	1. sayım		2. sayım		3. sayım		Ortalama net sayım	Standart sapma
	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım		
Şubat 2003	75	63	76	64	85	73	66,7	5,5

Tablo 5.5: Kilyos Numune Alım Noktası Şubat 2003 Tuzluluk Sonuçları

Örnek	Işınlanan Örnek Kütle (mg)	Tuzluluk (ppt)
Şubat 2003	96,70	14,91±1,31

5.1.2.3 Kilyos Numune Alım Noktası Mayıs 2003 Deney Sonuçları

Nötron aktivasyon analizi ile elde edilen deney sonuçları Tablo 5.6’da verilmektedir. Bu deney sonuçlarından hareketle referans örnek değerleri göz önüne alınarak Denklem 4.1 ile tayin edilen tuzluluk değerleri ise Tablo 5.7’de verilmektedir.

Tablo 5.6: Kilyos Numune Alım Noktası Mayıs 2003 Işınlama Sonuçları
(Doğal sayım =13)

Örnek	1. sayım		2. sayım		3. sayım		Ortalama net sayım	Standart sapma
	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım		
Mayıs 2003	74	61	81	68	82	69	66,0	4,4

Tablo 5.7: Kilyos Numune Alım Noktası Mayıs 2003 Tuzluluk Sonuçları

Örnek	Işınlanan Örnek Kütle (mg)	Tuzluluk (ppt)
Mayıs 2003	95,90	16,81±1,11

5.1.3 Rumelikavağı Numune Alım Noktası Sonuçları

Rumelikavağı'ndan alınan denizsuyu numunelerinin dört mevsimine ilişkin farklı zamanlara ait deney sonuçları ve tayin edilen tuzluluk değerleri aşağıdaki alt bölümlerde verilmektedir.

5.1.3.1 Rumelikavağı Numune Alım Noktası Mayıs 2002 Deney Sonuçları

Nötron aktivasyon analizi ile elde edilen deney sonuçları Tablo 5.8'de verilmektedir. Bu deney sonuçlarından hareketle referans örnek değerleri göz önüne alınarak Denklem 4.1 ile tayin edilen tuzluluk değerleri ise Tablo 5.9'da verilmektedir

Tablo 5.8: Rumelikavağı Numune Alım Noktası Mayıs 2002 Işınlama Sonuçları
(Doğal sayım =15)

Örnek	1. sayım		2. sayım		3. sayım		Ortalama net sayım	Standart sapma
	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım		
Mayıs 2002	86	71	78	63	81	66	66,7	4,0

Tablo 5.9: Rumelikavağı Numune Alım Noktası Mayıs 2002 Tuzluluk Sonuçları

Örnek	Işınlanan Örnek Kütle (mg)	Tuzluluk (ppt)
Mayıs 2002	103,00	17,19±1,05

5.1.3.2 Rumelikavağı Numune Alım Noktası Ağustos 2002 Deney Sonuçları

Nötron aktivasyon analizi ile elde edilen deney sonuçları Tablo 5.10'da verilmektedir. Bu deney sonuçlarından hareketle referans örnek değerleri göz önüne alınarak Denklem 4.1 ile tayin edilen tuzluluk değerleri ise Tablo 5.11'de verilmektedir

Tablo 5.10: Rumelikavağı Numune Alım Noktası Ağustos 2002 Işınlama Sonuçları
(Doğal sayım =15)

Örnek	1. sayım		2. sayım		3. sayım		Ortalama net sayım	Standart sapma
	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım		
Ağustos 2002	85	70	80	65	83	68	67,7	2,5

Tablo 5.11: Rumelikavağı Numune Alım Noktası Ağustos 2002 Tuzluluk Sonuçları

Örnek	Işınlanan Örnek Kütle (mg)	Tuzluluk (ppt)
Ağustos 2002	98,12	18,86±0,70

5.1.3.3 Rumelikavağı Numune Alım Noktası Kasım 2002 Deney Sonuçları

Nötron aktivasyon analizi ile elde edilen deney sonuçları Tablo 5.12’de verilmektedir. Bu deney sonuçlarından hareketle referans örnek değerleri göz önüne alınarak Denklem 4.1 ile tayin edilen tuzluluk değerleri ise Tablo 5.13’te verilmektedir

Tablo 5.12: Rumelikavağı Numune Alım Noktası Kasım 2002 Işınlama Sonuçları
(Doğal sayım =13)

Örnek	1. sayım		2. sayım		3. sayım		Ortalama net sayım	Standart sapma
	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım		
Kasım 2002	88	75	83	70	74	61	68,7	7,1

Tablo 5.13: Rumelikavağı Numune Alım Noktası Kasım 2002 Tuzluluk Sonuçları

Örnek	Işınlanan Örnek Kütle (mg)	Tuzluluk (ppt)
Kasım 2002	102,70	16,68±1,72

5.1.3.4 Rumelikavağı Numune Alım Noktası Şubat 2003 Deney Sonuçları

Nötron aktivasyon analizi ile elde edilen deney sonuçları Tablo 5.14'te verilmektedir. Bu deney sonuçlarından hareketle referans örnek değerleri göz önüne alınarak Denklem 4.1 ile tayin edilen tuzluluk değerleri ise Tablo 5.15'te verilmektedir

Tablo 5.14: Rumelikavağı Numune Alım Noktası Şubat 2003 Işınlama Sonuçları (Doğal sayım =12)

Örnek	1. sayım		2. sayım		3. sayım		Ortalama net sayım	Standart sapma
	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım		
Şubat 2003	77	65	72	60	87	73	66,0	6,5

Tablo 5.15: Rumelikavağı Numune Alım Noktası Şubat 2003 Tuzluluk Sonuçları

Örnek	Işınlanan Örnek Kütle (mg)	Tuzluluk (ppt)
Şubat 2003	101,00	16,01±1,60

5.1.3.5 Rumelikavağı Numune Alım Noktası Mayıs 2003 Deney Sonuçları

Nötron aktivasyon analizi ile elde edilen deney sonuçları Tablo 5.16'te verilmektedir. Bu deney sonuçlarından hareketle referans örnek değerleri göz önüne alınarak Denklem 4.1 ile tayin edilen tuzluluk değerleri ise Tablo 5.17'te verilmektedir

Tablo 5.16: Rumelikavağı Numune Alım Noktası Mayıs 2003 Işınlama Sonuçları (Doğal sayım =13)

Örnek	1. sayım		2. sayım		3. sayım		Ortalama net sayım	Standart sapma
	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım		
Mayıs 2003	84	71	83	70	86	63	68,0	4,4

Tablo 5.17: Rumelikavağı Numune Alım Noktası Mayıs 2003 Tuzluluk Sonuçları

Örnek	Işınlanan Örnek Kütle (mg)	Tuzluluk (ppt)
Mayıs 2003	100,30	17,78±1,13

5.1.4 Tarabya Numune Alım Noktası Sonuçları

Tarabya'dan alınan denizsuyu numunelerinin dört mevsimine ilişkin farklı zamanlara ait deney sonuçları ve tayin edilen tuzluluk değerleri aşağıdaki alt bölümlerde verilmektedir.

5.1.4.1 Tarabya Numune Alım Noktası Mayıs 2002 Deney Sonuçları

Nötron aktivasyon analizi ile elde edilen deney sonuçları Tablo 5.18'de verilmektedir. Bu deney sonuçlarından hareketle referans örnek değerleri göz önüne alınarak Denklem 4.1 ile tayin edilen tuzluluk değerleri ise Tablo 5.19'da verilmektedir.

Tablo 5.18: Tarabya Numune Alım Noktası Mayıs 2002 Işınlama Sonuçları
(Doğal sayım =15)

Örnek	1. sayım		2. sayım		3. sayım		Ortalama net sayım	Standart sapma
	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım		
Mayıs 2002	78	63	83	68	86	71	67,3	4,0

Tablo 5.19: Tarabya Numune Alım Noktası Mayıs 2002 Tuzluluk Sonuçları

Örnek	Işınlanan Örnek Kütle (mg)	Tuzluluk (ppt)
Mayıs 2002	102,00	18,56±1,11

5.1.4.2 Tarabya Numune Alım Noktası Ağustos 2002 Deney Sonuçları

Nötron aktivasyon analizi ile elde edilen deney sonuçları Tablo 5.20'de verilmektedir. Bu deney sonuçlarından hareketle referans örnek değerleri göz önüne

alınarak Denklem 4.1 ile tayin edilen tuzluluk değerleri ise Tablo 5.21’de verilmektedir

Tablo 5.20: Tarabya Numune Alım Noktası Ağustos 2002 Işınlama Sonuçları
(Doğal sayım =15)

Örnek	1. sayım		2. sayım		3. sayım		Ortalama net sayım	Standart sapma
	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım		
Ağustos 2002	78	63	80	65	77	62	63,3	1,5

Tablo 5.21: Tarabya Numune Alım Noktası Ağustos 2002 Tuzluluk Sonuçları

Örnek	Işınlanan Örnek Kütle (mg)	Tuzluluk (ppt)
Ağustos 2002	90,20	19,12±0,49

5.1.4.3 Tarabya Numune Alım Noktası Kasım 2002 Deney Sonuçları

Nötron aktivasyon analizi ile elde edilen deney sonuçları Tablo 5.22’de verilmektedir. Bu deney sonuçlarından hareketle referans örnek değerleri göz önüne alınarak Denklem 4.1 ile tayin edilen tuzluluk değerleri ise Tablo 5.23’te verilmektedir

Tablo 5.22: Tarabya Numune Alım Noktası Kasım 2002 Işınlama Sonuçları
(Doğal sayım =13)

Örnek	1. sayım		2. sayım		3. sayım		Ortalama net sayım	Standart sapma
	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım		
Kasım 2002	71	68	84	71	86	73	70,6	2,5

Tablo 5.23: Tarabya Numune Alım Noktası Kasım 2002 Tuzluluk Sonuçları

Örnek	Işınlanan Örnek Kütle (mg)	Tuzluluk (ppt)
Kasım 2002	101,80	18,04±0,64

5.1.4.4 Tarabya Numune Alım Noktası Şubat 2003 Deney Sonuçları

Nötron aktivasyon analizi ile elde edilen deney sonuçları Tablo 5.24'te verilmektedir. Bu deney sonuçlarından hareketle referans örnek değerleri göz önüne alınarak Denklem 4.1 ile tayin edilen tuzluluk değerleri ise Tablo 5.25'te verilmektedir

Tablo 5.24: Tarabya Numune Alım Noktası Şubat 2003 Işınlama Sonuçları
(Doğal sayım =12)

Örnek	1. sayım		2. sayım		3. sayım		Ortalama net sayım	Standart sapma
	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım		
Şubat 2003	71	59	81	69	82	70	66,0	6,1

Tablo 5.25 Tarabya Numune Alım Noktası Şubat 2003 Tuzluluk Sonuçları

Örnek	Işınlanan Örnek Kütle (mg)	Tuzluluk (ppt)
Şubat 2003	100,00	17,09±1,57

5.1.4.5 Tarabya Numune Alım Noktası Mayıs 2003 Deney Sonuçları

Nötron aktivasyon analizi ile elde edilen deney sonuçları Tablo 5.26'da verilmektedir. Bu deney sonuçlarından hareketle referans örnek değerleri göz önüne alınarak Denklem 4.1 ile tayin edilen tuzluluk değerleri ise Tablo 5.27'de verilmektedir.

Tablo 5.26: Tarabya Numune Alım Noktası Mayıs 2003 Işınlama Sonuçları
(Doğal sayım =13)

Örnek	1. sayım		2. sayım		3. sayım		Ortalama net sayım	Standart sapma
	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım		
Mayıs 2003	78	65	80	67	82	69	67,0	2,0

Tablo 5.27: Tarabya Numune Alım Noktası Mayıs 2003 Tuzluluk Sonuçları

Örnek	Işınlanan Örnek Kütle (mg)	Tuzluluk (ppt)
Mayıs 2003	101,90	18,92±0,54

5.1.5 Emirgan Numune Alım Noktası Sonuçları

Emirgan'dan alınan denizsuyu numunelerinin dört mevsimine ilişkin farklı zamanlara ait deney sonuçları ve tayin edilen tuzluluk değerleri aşağıdaki alt bölümlerde verilmektedir.

5.1.5.1 Emirgan Numune Alım Noktası Mayıs 2002 Deney Sonuçları

Nötron aktivasyon analizi ile elde edilen deney sonuçları Tablo 5.28'de verilmektedir. Bu deney sonuçlarından hareketle referans örnek değerleri göz önüne alınarak Denklem 4.1 ile tayin edilen tuzluluk değerleri ise Tablo 5.29'da verilmektedir.

Tablo 5.28: Emirgan Numune Alım Noktası Mayıs 2002 Işınlama Sonuçları
(Doğal sayım =15)

Örnek	1. sayım		2. sayım		3. sayım		Ortalama net sayım	Standart sapma
	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım		
Mayıs 2002	75	60	75	70	87	72	65	6,4

Tablo 5.29 Emirgan Numune Alım Noktası Mayıs 2002 Tuzluluk Sonuçları

Örnek	Işınlanan Örnek Kütle (mg)	Tuzluluk (ppt)
Mayıs 2002	93,90	19,53±1,81

5.1.5.2 Emirgan Numune Alım Noktası Ağustos 2002 Deney Sonuçları

Nötron aktivasyon analizi ile elde edilen deney sonuçları Tablo 5.30'da verilmektedir. Bu deney sonuçlarından hareketle referans örnek değerleri göz önüne alınarak Denklem 4.1 ile tayin edilen tuzluluk değerleri ise Tablo 5.31'de verilmektedir.

Tablo 5.30: Emirgan Numune Alım Noktası Ağustos 2002 Işınlama Sonuçları (Doğal sayım =15)

Örnek	1. sayım		2. sayım		3. sayım		Ortalama net sayım	Standart sapma
	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım		
Ağustos 2002	80	65	84	69	88	73	69,0	4,0

Tablo 5.31: Emirgan Numune Alım Noktası Ağustos 2002 Tuzluluk Sonuçları

Örnek	Işınlanan Örnek Kütle (mg)	Tuzluluk (ppt)
Ağustos 2002	100,00	20,40±1,19

5.1.5.3 Emirgan Numune Alım Noktası Kasım 2002 Deney Sonuçları

Nötron aktivasyon analizi ile elde edilen deney sonuçları Tablo 5.32'de verilmektedir. Bu deney sonuçlarından hareketle referans örnek değerleri göz önüne alınarak Denklem 4.1 ile tayin edilen tuzluluk değerleri ise Tablo 5.33'te verilmektedir.

Tablo 5.32: Emirgan Numune Alım Noktası Kasım 2002 Işınlama Sonuçları
(Doğal sayım =13)

Örnek	1. sayım		2. sayım		3. sayım		Ortalama net sayım	Standart sapma
	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım		
Kasım 2002	75	62	77	64	87	74	68,3	6,4

Tablo 5.33: Emirgan Numune Alım Noktası Kasım 2002 Tuzluluk Sonuçları

Örnek	Işınlanan Örnek Kütle (mg)	Tuzluluk (ppt)
Kasım 2002	100,90	18,65±1,75

5.1.5.4 Emirgan Numune Alım Noktası Şubat 2003 Deney Sonuçları

Nötron aktivasyon analizi ile elde edilen deney sonuçları Tablo 5.34'te verilmektedir. Bu deney sonuçlarından hareketle referans örnek değerleri göz önüne alınarak Denklem 4.1 ile tayin edilen tuzluluk değerleri ise Tablo 5.35'te verilmektedir.

Tablo 5.34: Emirgan Numune Alım Noktası Şubat 2003 Işınlama Sonuçları
(Doğal sayım =12)

Örnek	1. sayım		2. sayım		3. sayım		Ortalama net sayım	Standart sapma
	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım		
Şubat 2003	80	68	71	59	85	73	66,7	7,1

Tablo 5.35: Emirgan Numune Alım Noktası Şubat 2003 Tuzluluk Sonuçları

Örnek	Işınlanan Örnek Kütle (mg)	Tuzluluk (ppt)
Şubat 2003	98,40	17,80±1,89

5.1.5.5 Emirgan Numune Alım Noktası Mayıs 2003 Deney Sonuçları

Nötron aktivasyon analizi ile elde edilen deney sonuçları Tablo 5.36'da verilmektedir. Bu deney sonuçlarından hareketle referans örnek değerleri göz önüne alınarak Denklem 4.1 ile tayin edilen tuzluluk değerleri ise Tablo 5.37'de verilmektedir.

Tablo 5.36: Emirgan Numune Alım Noktası Mayıs 2003 Işınlama Sonuçları
(Doğal sayım =13)

Örnek	1. sayım		2. sayım		3. sayım		Ortalama net sayım	Standart sapma
	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım		
Mayıs 2003	75	62	80	67	81	68	65,6	3,2

Tablo 5.37: Emirgan Numune Alım Noktası Mayıs 2003 Tuzluluk Sonuçları

Örnek	Işınlanan Örnek Kütle (mg)	Tuzluluk (ppt)
Mayıs 2003	104,30	19,15±0,86

5.1.6 Bebek Numune Alım Noktası Sonuçları

Bebek'ten alınan denizsuyu numunelerinin dört mevsimine ilişkin farklı zamanlara ait deney sonuçları ve tayin edilen tuzluluk değerleri aşağıdaki alt bölümlerde verilmektedir.

5.1.6.1 Bebek Numune Alım Noktası Mayıs 2002 Deney Sonuçları

Nötron aktivasyon analizi ile elde edilen deney sonuçları Tablo 5.38'de verilmektedir. Bu deney sonuçlarından hareketle referans örnek değerleri göz önüne alınarak Denklem 4.1 ile tayin edilen tuzluluk değerleri ise Tablo 5.39'da verilmektedir.

Tablo 5.38: Bebek Numune Alım Noktası Mayıs 2002 Işınlama Sonuçları
(Doğal sayım =15)

Örnek	1. sayım		2. sayım		3. sayım		Ortalama net sayım	Standart sapma
	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım		
Mayıs 2002	77	62	82	67	88	73	67,3	5,5

Tablo 5.39: Bebek Numune Alım Noktası Mayıs 2002 Tuzluluk Sonuçları

Örnek	Işınlanan Örnek Kütle (mg)	Tuzluluk (ppt)
Mayıs 2002	97,70	20,75±1,70

5.1.6.2 Bebek Numune Alım Noktası Ağustos 2002 Deney Sonuçları

Nötron aktivasyon analizi ile elde edilen deney sonuçları Tablo 5.40’da verilmektedir. Bu deney sonuçlarından hareketle referans örnek değerleri göz önüne alınarak Denklem 4.1 ile tayin edilen tuzluluk değerleri ise Tablo 5.41’de verilmektedir.

Tablo 5.40: Bebek Numune Alım Noktası Ağustos 2002 Işınlama Sonuçları
(Doğal sayım =15)

Örnek	1. sayım		2. sayım		3. sayım		Ortalama net sayım	Standart sapma
	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım		
Ağustos 2002	77	62	81	66	82	67	65,0	2,6

Tablo 5.41: Bebek Numune Alım Noktası Ağustos 2002 Tuzluluk Sonuçları

Örnek	Işınlanan Örnek Kütle (mg)	Tuzluluk (ppt)
Ağustos 2002	94,00	21,81±0,88

5.1.6.3 Bebek Numune Alım Noktası Kasım 2002 Deney Sonuçları

Nötron aktivasyon analizi ile elde edilen deney sonuçları Tablo 5.42’de verilmektedir. Bu deney sonuçlarından hareketle referans örnek değerleri göz önüne alınarak Denklem 4.1 ile tayin edilen tuzluluk değerleri ise Tablo 5.43’te verilmektedir.

Tablo 5.42: Bebek Numune Alım Noktası Kasım 2002 Işınlama Sonuçları
(Doğal sayım =13)

Örnek	1. sayım		2. sayım		3. sayım		Ortalama net sayım	Standart sapma
	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım		
Kasım 2002	78	65	80	67	81	68	66,7	1,5

Tablo 5.43: Bebek Numune Alım Noktası Kasım 2002 Tuzluluk Sonuçları

Örnek	Işınlanan Örnek Kütle (mg)	Tuzluluk (ppt)
Kasım 2002	99,10	19,11±0,44

5.1.6.4 Bebek Numune Alım Noktası Şubat 2003 Deney Sonuçları

Nötron aktivasyon analizi ile elde edilen deney sonuçları Tablo 5.44’te verilmektedir. Bu deney sonuçlarından hareketle referans örnek değerleri göz önüne alınarak Denklem 4.1 ile tayin edilen tuzluluk değerleri ise Tablo 5.45’te verilmektedir.

Tablo 5.44: Bebek Numune Alım Noktası Şubat 2003 Işınlama Sonuçları
(Doğal sayım =12)

Örnek	1. sayım		2. sayım		3. sayım		Ortalama net sayım	Standart sapma
	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım		
Şubat 2003	80	68	82	70	82	70	69,3	1,2

Tablo 5.45 Bebek Numune Alım Noktası Şubat 2003 Tuzluluk Sonuçları

Örnek	Işınlanan Örnek Kütle (mg)	Tuzluluk (ppt)
Şubat 2003	101,80	18,07±0,30

5.1.6.5 Bebek Numune Alım Noktası Mayıs 2003 Deney Sonuçları

Nötron aktivasyon analizi ile elde edilen deney sonuçları Tablo 5.46’da verilmektedir. Bu deney sonuçlarından hareketle referans örnek değerleri göz önüne alınarak Denklem 4.1 ile tayin edilen tuzluluk değerleri ise Tablo 5.47’de verilmektedir.

Tablo 5.46: Bebek Numune Alım Noktası Mayıs 2003 Işınlama Sonuçları
(Doğal sayım =13)

Örnek	1. sayım		2. sayım		3. sayım		Ortalama net sayım	Standart sapma
	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım		
Mayıs 2003	74	61	80	67	85	72	66,6	5,5

Tablo 5.47: Bebek Numune Alım Noktası Mayıs 2003 Tuzluluk Sonuçları

Örnek	Işınlanan Örnek Kütle (mg)	Tuzluluk (ppt)
Mayıs 2003	101,80	20,12±1,76

5.1.7 Salacak Numune Alım Noktası Sonuçları

Salacak’tan alınan denizsuyu numunelerinin dört mevsimine ilişkin farklı zamanlara ait deney sonuçları ve tayin edilen tuzluluk değerleri aşağıdaki alt bölümlerde verilmektedir.

5.1.7.1 Salacak Numune Alım Noktası Kasım 2002 Deney Sonuçları

Nötron aktivasyon analizi ile elde edilen deney sonuçları Tablo 5.48’de verilmektedir. Bu deney sonuçlarından hareketle referans örnek değerleri göz önüne

alınarak Denklem 4.1 ile tayin edilen tuzluluk değerleri ise Tablo 5.49’da verilmektedir.

Tablo 5.48: Salacak Numune Alım Noktası Kasım 2002 Işınlama Sonuçları
(Doğal sayım =13)

Örnek	1. sayım		2. sayım		3. sayım		Ortalama net sayım	Standart sapma
	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım		
Kasım 2002	76	63	82	69	90	77	69,7	7,0

Tablo 5.49: Salacak Numune Alım Noktası Kasım 2002 Tuzluluk Sonuçları

Örnek	Işınlanan Örnek Kütle (mg)	Tuzluluk (ppt)
Kasım 2002	95,80	21,27±2,13

5.1.7.2 Salacak Numune Alım Noktası Şubat 2003 Deney Sonuçları

Nötron aktivasyon analizi ile elde edilen deney sonuçları Tablo 5.50’de verilmektedir. Bu deney sonuçlarından hareketle referans örnek değerleri göz önüne alınarak Denklem 4.1 ile tayin edilen tuzluluk değerleri ise Tablo 5.51’de verilmektedir.

Tablo 5.50: Salacak Numune Alım Noktası Şubat 2003 Işınlama Sonuçları
(Doğal sayım =12)

Örnek	1. sayım		2. sayım		3. sayım		Ortalama net sayım	Standart sapma
	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım		
Şubat 2003	73	61	81	69	72	70	66,7	4,9

Tablo 5.51: Salacak Numune Alım Noktası Şubat 2003 Tuzluluk Sonuçları

Örnek	Işınlanan Örnek Kütle (mg)	Tuzluluk (ppt)
Şubat 2003	99,90	19,19±1,41

5.1.7.3 Salacak Numune Alım Noktası Mayıs 2003 Deney Sonuçları

Nötron aktivasyon analizi ile elde edilen deney sonuçları Tablo 5.52’de verilmektedir. Bu deney sonuçlarından hareketle referans örnek değerleri göz önüne alınarak Denklem 4.1 ile tayin edilen tuzluluk değerleri ise Tablo 5.53’te verilmektedir.

Tablo 5.52: Salacak Numune Alım Noktası Mayıs 2003 Işınlama Sonuçları (Doğal sayım =13)

Örnek	1. sayım		2. sayım		3. sayım		Ortalama net sayım	Standart sapma
	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım		
Mayıs 2003	69	59	76	66	82	72	65,7	6,5

Tablo 5.53: Salacak Numune Alım Noktası Mayıs 2003 Tuzluluk Sonuçları

Örnek	Işınlanan Örnek Kütle (mg)	Tuzluluk (ppt)
Mayıs 2003	95,90	20,61±2,04

5.1.8 Tuzla Noktası Sonuçları

Tuzla’dan alınan denizsuyu numunelerinin dört mevsimine ilişkin farklı zamanlara ait deney sonuçları ve tayin edilen tuzluluk değerleri aşağıdaki alt bölümlerde verilmektedir.

5.1.8.1 Tuzla Numune Alım Noktası Mayıs 2002 Deney Sonuçları

Nötron aktivasyon analizi ile elde edilen deney sonuçları Tablo 5.54’te verilmektedir. Bu deney sonuçlarından hareketle referans örnek değerleri göz önüne alınarak Denklem 4.1 ile tayin edilen tuzluluk değerleri ise Tablo 5.55’te verilmektedir.

Tablo 5.54: Tuzla Numune Alım Noktası Mayıs 2002 Işınlama Sonuçları
(Doğal sayım =15)

Örnek	1. sayım		2. sayım		3. sayım		Ortalama net sayım	Standart sapma
	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım		
Mayıs 2002	77	62	82	67	86	71	66,7	4,5

Tablo 5.55: Tuzla Numune Alım Noktası Mayıs 2002 Tuzluluk Sonuçları

Örnek	Işınlanan Örnek Kütle (mg)	Tuzluluk (ppt)
Mayıs 2002	98,40	22,93±1,54

5.1.8.2 Tuzla Numune Alım Noktası Ağustos 2002 Deney Sonuçları

Nötron aktivasyon analizi ile elde edilen deney sonuçları Tablo 5.56’te verilmektedir. Bu deney sonuçlarından hareketle referans örnek değerleri göz önüne alınarak Denklem 4.1 ile tayin edilen tuzluluk değerleri ise Tablo 5.57’te verilmektedir.

Tablo 5.56: Tuzla Numune Alım Noktası Ağustos 2002 Işınlama Sonuçları
(Doğal sayım =15)

Örnek	1. sayım		2. sayım		3. sayım		Ortalama net sayım	Standart sapma
	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım		
Ağustos 2002	80	65	84	69	89	74	69,3	4,5

Tablo 5.57: Tuzla Numune Alım Noktası Ağustos 2002 Tuzluluk Sonuçları

Örnek	Işınlanan Örnek Kütle (mg)	Tuzluluk (ppt)
Ağustos 2002	99,60	23,99±1,57

5.1.8.3 Tuzla Numune Alım Noktası Kasım 2002 Deney Sonuçları

Nötron aktivasyon analizi ile elde edilen deney sonuçları Tablo 5.58’de verilmektedir. Bu deney sonuçlarından hareketle referans örnek değerleri göz önüne alınarak Denklem 4.1 ile tayin edilen tuzluluk değerleri ise Tablo 5.59’da verilmektedir.

Tablo 5.58: Tuzla Numune Alım Noktası Kasım 2002 Işınlama Sonuçları
(Doğal sayım =13)

Örnek	1. sayım		2. sayım		3. sayım		Ortalama net sayım	Standart sapma
	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım		
Kasım 2002	79	66	80	67	90	77	66,7	6,1

Tablo 5.59: Tuzla Numune Alım Noktası Kasım 2002 Tuzluluk Sonuçları

Örnek	Işınlanan Örnek Kütle (mg)	Tuzluluk (ppt)
Kasım 2002	100,90	22,03±2,01

5.1.8.4 Tuzla Numune Alım Noktası Şubat 2003 Deney Sonuçları

Nötron aktivasyon analizi ile elde edilen deney sonuçları Tablo 5.60’da verilmektedir. Bu deney sonuçlarından hareketle referans örnek değerleri göz önüne alınarak Denklem 4.1 ile tayin edilen tuzluluk değerleri ise Tablo 5.61’de verilmektedir.

Tablo 5.60: Tuzla Numune Alım Noktası Şubat 2003 Işınlama Sonuçları
(Doğal sayım =12)

Örnek	1. sayım		2. sayım		3. sayım		Ortalama net sayım	Standart sapma
	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım		
Şubat 2003	74	62	80	68	87	75	68,3	6,5

Tablo 5.61 Tuzla Numune Alım Noktası Şubat 2003 Tuzluluk Sonuçları

Örnek	Işınlanan Örnek Kütle (mg)	Tuzluluk (ppt)
Şubat 2003	99,80	21,56±2,06

5.1.8.5 Tuzla Numune Alım Noktası Mayıs 2003 Deney Sonuçları

Nötron aktivasyon analizi ile elde edilen deney sonuçları Tablo 5.62’de verilmektedir. Bu deney sonuçlarından hareketle referans örnek değerleri göz önüne alınarak Denklem 4.1 ile tayin edilen tuzluluk değerleri ise Tablo 5.63’te verilmektedir.

Tablo 5.62: Tuzla Numune Alım Noktası Mayıs 2003 Işınlama Sonuçları (Doğal sayım =13)

Örnek	1. sayım		2. sayım		3. sayım		Ortalama net sayım	Standart sapma
	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım		
Mayıs 2003	73	60	79	66	80	67	64,3	3,8

Tablo 5.63: Tuzla Numune Alım Noktası Mayıs 2003 Tuzluluk Sonuçları

Örnek	Işınlanan Örnek Kütle (mg)	Tuzluluk (ppt)
Mayıs 2003	105,60	22,30±1,18

5.1.9 Kontrol Grubu Numunelerin Tuzluluk Sonuçları

Numunelerin Ağustos 2005 dönemine ait tuzluluk sonuçlarının kontrol grubu olarak kullanılması düşünülmüştür. Kontrol grubu olarak kullanılacak olan sonuçların ölçüm yapılan Mayıs 2002-Mayıs 2003 periyodundan farklı olmasına özen gösterilmiştir. Bu bağlamda elde edilen sonuçlar aşağıdaki alt bölümlerde verilmektedir.

5.1.9.1 Referans Örnek Sayım Sonuçları

Referans örnek ile Ağustos 2005 dönemine ait örnekler beraber Howitzer nötron kaynağında ışınlanıp sayılmışlardır. Referans örneğin (107,2 mg) ışınlama sonucu elde edilen sonuçları Tablo 5.64'te verilmektedir.

Tablo 5.64: Referans Örneğin Sonuçları (Doğal sayım = 10)

Örnek	1. sayım		2. sayım		3. sayım		Ortalama net sayım	Standart sapma
	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım		
Ağustos 2005	85	75	92	82	93	83	80	4,4

5.1.9.2 Kilyos Numune Noktası Ağustos 2005 Sonuçları

Kontrol grubu sonuçlarından Kilyos numune noktasının ışınlama sonucunda elde edilen sayım değerleri Tablo 5.65'te bu değerlerle Denklem 4.1 kullanılarak hesaplanan tuzluluk sonuçları Tablo 5.66'da verilmektedir.

Tablo 5.65: Kilyos Numunesinin Ağustos 2005 Sonuçları (Doğal sayım = 10)

Örnek	1. sayım		2. sayım		3. sayım		Ortalama net sayım	Standart sapma
	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım		
Ağustos 2005	82	72	84	74	89	79	75	3,6

Tablo 5.66: Kilyos Numune Alım Noktası Ağustos 2005 Tuzluluk Sonuçları

Örnek	İşinlanan Örnek Kütle (mg)	Tuzluluk (ppt)
Ağustos 2005	100,10	17,21±0,83

5.1.9.3 Rumelikavağı Numune Noktası Ağustos 2005 Sonuçları

Kontrol grubu sonuçlarından Rumelikavağı numune noktasının ışınlama sonucunda elde edilen sayım değerleri Tablo 5.67’de bu değerlerle Denklem 4.1 kullanılarak hesaplanan tuzluluk sonuçları Tablo 5.68’de verilmektedir.

Tablo 5.67: Rumelikavağı Numunesinin Ağustos 2005 Sonuçları
(Doğal sayım = 10)

Örnek	1. sayım		2. sayım		3. sayım		Ortalama net sayım	Standart sapma
	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım		
Ağustos 2005	81	71	84	74	88	78	74,3	3,5

Tablo 5.68: Rumelikavağı Numune Alım Noktası Ağustos 2005 Tuzluluk Sonuçları

Örnek	İşinlanan Örnek Kütle (mg)	Tuzluluk (ppt)
Ağustos 2005	100,50	18,46±0,82

5.1.9.4 Tarabya Numune Noktası Ağustos 2005 Sonuçları

Kontrol grubu sonuçlarından Tarabya numune noktasının ışınlama sonucunda elde edilen sayım değerleri Tablo 5.69’da bu değerlerin Denklem 4.1 kullanılarak hesaplanan tuzluluk sonuçları Tablo 5.70’de verilmektedir.

Tablo 5.69: Tarabya Numunesinin Ağustos 2005 Sonuçları (Doğal sayım = 10)

Örnek	1. sayım		2. sayım		3. sayım		Ortalama net sayım	Standart sapma
	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım		
Ağustos 2005	82	72	83	73	86	76	73,6	2,1

Tablo 5.70: Tarabya Numune Alım Noktası Ağustos 2005 Tuzluluk Sonuçları

Örnek	Işınlanan Örnek Kütle (mg)	Tuzluluk (ppt)
Ağustos 2005	99,50	18,91±0,53

5.1.9.5 Emirgan Numune Noktası Ağustos 2005 Sonuçları

Kontrol grubu sonuçlarından Emirgan numune noktasının ışınlama sonucunda elde edilen sayım değerleri Tablo 5.71’de bu değerlerin Denklem 4.1 kullanılarak hesaplanan tuzluluk sonuçları Tablo 5.72’de verilmektedir.

Tablo 5.71: Emirgan Numunesinin Ağustos 2005 Sonuçları (Doğal sayım = 10)

Örnek	1. sayım		2. sayım		3. sayım		Ortalama net sayım	Standart sapma
	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım		
Ağustos 2005	81	71	85	75	90	80	75,3	4,5

Tablo 5.72: Emirgan Numune Alım Noktası Ağustos 2005 Tuzluluk Sonuçları

Örnek	Işınlanan Örnek Kütle (mg)	Tuzluluk (ppt)
Ağustos 2005	102,30	19,65±1,18

5.1.9.6 Bebek Numune Noktası Ağustos 2005 Sonuçları

Kontrol grubu sonuçlarından Bebek numune noktasının ışınlama sonucunda elde edilen sayım değerleri Tablo 5.73’te bu değerlerin Denklem 4.1 kullanılarak hesaplanan tuzluluk sonuçları Tablo 5.74’te verilmektedir.

Tablo 5.73: Bebek Numunesinin Ağustos 2005 Sonuçları (Doğal sayım = 10)

Örnek	1. sayım		2. sayım		3. sayım		Ortalama net sayım	Standart sapma
	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım		
Ağustos 2005	83	73	85	75	86	76	74,6	1,5

Tablo 5.74: Bebek Numune Alım Noktası Ağustos 2005 Tuzluluk Sonuçları

Örnek	Işınlanan Örnek Kütle (mg)	Tuzluluk (ppt)
Ağustos 2005	99,80	20,81±0,43

5.1.9.7 Salacak Numune Noktası Ağustos 2005 Sonuçları

Kontrol grubu sonuçlarından Salacak numune noktasının ışınlama sonucunda elde edilen sayım değerleri Tablo 5.75'te bu değerlerin Denklem 4.1 kullanılarak hesaplanan tuzluluk sonuçları Tablo 5.76'da verilmektedir.

Tablo 5.75: Salacak Numunesinin Ağustos 2005 Sonuçları (Doğal sayım = 10)

Örnek	1. sayım		2. sayım		3. sayım		Ortalama net sayım	Standart sapma
	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım		
Ağustos 2005	82	72	87	77	89	79	75,6	3,6

Tablo 5.76: Salacak Numune Alım Noktası Ağustos 2005 Tuzluluk Sonuçları

Örnek	Işınlanan Örnek Kütle (mg)	Tuzluluk (ppt)
Ağustos 2005	101,80	21,29±1,20

5.1.9.8 Tuzla Numune Noktası Ağustos 2005 Sonuçları

Kontrol grubu sonuçlarından Tuzla numune noktasının ışınlama sonucunda elde edilen sayım değerleri Tablo 5.77'de bu değerlerin Denklem 4.1 kullanılarak hesaplanan tuzluluk sonuçları Tablo 5.78'de verilmektedir.

Tablo 5.77: Tuzla Numunesinin Ağustos 2005 Sonuçları (Doğal sayım = 10)

Örnek	1. sayım		2. sayım		3. sayım		Ortalama net sayım	Standart sapma
	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım		
Ağustos 2005	82	72	85	75	88	78	75,0	3,0

Tablo 5.78: Tuzla Numune Alım Noktası Ağustos 2005 Tuzluluk Sonuçları

Örnek	Işınlanan Örnek Kütle (mg)	Tuzluluk (ppt)
Ağustos 2005	103,50	23,69±0,93

5.1.10 İTÜ TRIGA Mark II Tavşan Sistemindeki Işınlama Sonuçları

İTÜ TRIGA Mark II Tavşan Sistemindeki ışınlamalar Mayıs 2002 numuneleri için yapılmıştır. Tablo 5.79’da İTÜ TRIGA Mark II reaktörü tavşan sisteminde ışınlanan referans örnek sonuçları verilmektedir. Yine reaktörde ışınlamalarla gerçekleşen nötron aktivasyon analizi ile elde edilen deney sonuçları referans örnek değerleri göz önüne alınarak Denklem 4.1 ile tayin edilen tuzluluk değerleri alt bölümlerde ayrı ayrı incelenmiş bulunmaktadır. Referans örneğin kütlesi 107,2 mg’dır.

Tablo 5.79: Referans Örneğin TRIGA Mark II Reaktöründeki Işınlama Sonuçları (Doğal sayım = 22)

Örnek	1. sayım		2. sayım		3. sayım		Ortalama net sayım	Standart sapma
	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım		
Referans	4366	4344	4400	4378	4407	4385	4369,0	21,9

5.1.10.1 Rumelikavağı Numune Alım Noktası Deneysel Sonuçları

Rumelikavağı numune alım noktasının İTÜ TRIGA Mark II reaktörünün tavşan sistemindeki ışınlama sonuçları Tablo 5.80’de ve bu sonuçlar kullanılarak elde edilen tuzluluk değerleri de Tablo 5.81’de verilmektedir.

Tablo 5.80: Rumelikavağı Numunesinin TRIGA Mark II Reaktöründeki Işınlama Sonuçları (Doğal sayım = 22)

Örnek	1. sayım		2. sayım		3. sayım		Ortalama net sayım	Standart sapma
	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım		
Mayıs 2002	3910	3888	3923	3911	4951	3929	3909,3	20,5

Tablo 5.81: Rumelikavağı Numune Alım Noktası Tuzluluk Sonuçları

Örnek	Işınlanan Örnek Kütle (mg)	Tuzluluk (ppt)
Mayıs 2002	95,90	17,61±0,10

5.1.10.2 Tarabya Numune Alım Noktası Deneysel Sonuçları

Tarabya numune alım noktasının İTÜ TRIGA Mark II reaktörünün tavşan sistemindeki ışınlama sonuçları Tablo 5.82’de ve bu sonuçlar kullanılarak elde edilen tuzluluk değerleri de Tablo 5.83’te verilmektedir.

Tablo 5.82: Tarabya Numunesinin TRIGA Mark II Reaktöründeki Işınlama Sonuçları (Doğal sayım = 22)

Örnek	1. sayım		2. sayım		3. sayım		Ortalama net sayım	Standart sapma
	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım		
Mayıs 2002	3927	3905	3941	3919	3965	3943	3922,3	19,2

Tablo 5.83: Tarabya Numune Alım Noktası Tuzluluk Sonuçları

Örnek	Işınlanan Örnek Kütle (mg)	Tuzluluk (ppt)
Mayıs 2002	102,00	18,62±0,09

5.1.10.3 Emirgan Numune Alım Noktası Deneysel Sonuçları

Emirgan numune alım noktasının İTÜ TRIGA Mark II reaktörünün tavşan sistemindeki ışınlama sonuçları Tablo 5.84’te ve bu sonuçlar kullanılarak elde edilen tuzluluk değerleri de Tablo 5.85’te verilmektedir.

Tablo 5.84: Emirgan Numunesinin TRIGA Mark II Reaktöründeki Işınlama Sonuçları (Doğal sayım = 22)

Örnek	1. sayım		2. sayım		3. sayım		Ortalama net sayım	Standart sapma
	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım		
Mayıs 2002	3792	3770	3804	3782	3820	3808	3786,6	19,4

Tablo 5.85: Emirgan Numune Alım Noktası Tuzluluk Sonuçları

Örnek	Işınlanan Örnek Kütle (mg)	Tuzluluk (ppt)
Mayıs 2002	93,90	19,57±0,10

5.1.10.4 Bebek Numune Alım Noktası Deneysel Sonuçları

Bebek numune alım noktasının İTÜ TRIGA Mark II reaktörünün tavşan sistemindeki ışınlama sonuçları Tablo 5.86’da ve bu sonuçlar kullanılarak elde edilen tuzluluk değerleri de Tablo 5.87’de verilmektedir.

Tablo 5.86: Bebek Numunesinin TRIGA Mark II Reaktöründeki Işınlama Sonuçları (Doğal sayım = 22)

Örnek	1. sayım		2. sayım		3. sayım		Ortalama net sayım	Standart sapma
	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım		
Mayıs 2002	3924	3902	3950	3928	3955	3933	3921,0	16,6

Tablo 5.87 Bebek Numune Alım Noktası Tuzluluk Sonuçları

Örnek	Işınlanan Örnek Kütle (mg)	Tuzluluk (ppt)
Mayıs 2002	97,70	20,80±0,09

5.1.10.5 Tuzla Numune Alım Noktası Deneysel Sonuçları

Tuzla numune alım noktasının İTÜ TRIGA Mark II reaktörünün tavşan sistemindeki ışınlama sonuçları Tablo 5.88’de ve bu sonuçlar kullanılarak elde edilen tuzluluk değerleri de Tablo 5.89’da verilmektedir.

Tablo 5.88: Tuzla Numunesinin TRIGA Mark II Reaktöründeki Işınlama Sonuçları
(Doğal sayım = 22)

Örnek	1. sayım		2. sayım		3. sayım		Ortalama net sayım	Standart sapma
	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım	Ölçülen sayım	Net sayım		
Mayıs 2002	3900	3878	3904	3882	3929	3907	3889,0	15,7

Tablo 5.89: Tuzla Numune Alım Noktası Tuzluluk Sonuçları

Örnek	Işınlanan Örnek Kütle (mg)	Tuzluluk (ppt)
Mayıs 2002	98,40	23,01±0,09

5.2 Uçurma Yöntemiyle Elde Edilen Deney Sonuçları

Nötron aktivasyon analizi ile tayin edilen tuzluluk değerlerini farklı bir yöntemle kıyaslamak için uçurma yöntemiyle çalışılması yoluna gidilmiştir. Uçurma yöntemiyle elde edilen tuzluluk sonuçları Şekil 4.6’da yer alan tüm deney noktaları için ayrı ayrı aşağıdaki alt bölümler içinde sunulmaktadır.

5.2.1 Kilyos Numune Alım Noktası Sonuçları

Kilyos numune noktası (Şekil 4.7’de) için uçurma yöntemiyle elde edilen deneysel sonuçları bulunmaktadır. Tuzluluk hesaplamasında Denklem 4.5 kullanılmıştır. Mevsimsel olarak değişim ayrı ayrı alt başlıklarda incelenmiştir.

5.2.1.1 Kilyos Numune Alım Noktası Kasım 2002 Sonuçları

Kilyos numune noktasının uçurma yöntemi sonuçları ve hesaplanan tuzluluk değeri Tablo 5.90’da bulunmaktadır.

Tablo 5.90: Kilyos Numune Noktası Kasım 2002 Uçurma Yöntemiyle Elde Edilen Deney Sonuçları

Örnek	Beher Net (g)	Beher Brüt (g)	Su net (g)	Rezidülü Beher (g)	Rezidü (g)	Tuzluluk (ppt)
Kasım 2002	55,03	102,91	47,87	55,80	0,77	16,04±0,58

5.2.1.2 Kilyos Numune Alım Noktası Şubat 2003 Sonuçları

Kilyos numune noktasının uçurma yöntemi sonuçları ve hesaplanan tuzluluk değeri Tablo 5.91’de bulunmaktadır.

Tablo 5.91: Kilyos Numune Noktası Şubat 2003 Uçurma Yöntemiyle Elde Edilen Deney Sonuçları

Örnek	Beher Net (g)	Beher Brüt (g)	Su net (g)	Rezidülü Beher (g)	Rezidü (g)	Tuzluluk (ppt)
Şubat 2003	24,30	77,47	53,16	25,16	0,86	16,19±0,56

5.2.1.3 Kilyos Numune Alım Noktası Mayıs 2003 Sonuçları

Kilyos numune noktasının uçurma yöntemi sonuçları ve hesaplanan tuzluluk değeri Tablo 5.89’da bulunmaktadır.

Tablo 5.92: Kilyos Numune Noktası Mayıs 2003 Uçurma Yöntemiyle Elde Edilen Deney Sonuçları

Örnek	Beher Net (g)	Beher Brüt (g)	Su net (g)	Rezidülü Beher (g)	Rezidü (g)	Tuzluluk (ppt)
Mayıs 2003	24,16	55,71	31,56	24,70	0,54	17,12±0,74

5.2.2 Rumelikavağı Numune Alım Noktası Sonuçları

Rumelikavağı numune noktası için uçurma yöntemiyle elde edilen deneysel sonuçları Denklem 4.5 kullanılarak tuzluluk hesaplaması yapılmıştır. Rumelikavağı numune alım noktası için uçurma yöntemiyle elde edilen sonuçlar mevsimsel olarak ayrı ayrı alt başlıklarda sunulmaktadır.

5.2.2.1 Rumelikavağı Numune Alım Noktası Mayıs 2002 Sonuçları

Rumelikavağı numune alım noktası Mayıs 2002 için uçurma yöntemi ile ulaşılan sonuçlar ve hesaplanan tuzluluk değeri Tablo 5.93’te verilmektedir.

Tablo 5.93: Rumelikavağı Numune Noktası Mayıs 2002 Uçurma Yöntemiyle Tuzluluk Eldesinde Kullanılan Deney Sonuçları

Örnek	Beher Net (g)	Beher Brüt (g)	Su net (g)	Rezidülü Beher (g)	Rezidü (g)	Tuzluluk (ppt)
Mayıs 2002	40,77	84,08	43,30	41,58	0,81	18,63±0,66

5.2.2.2 Rumelikavağı Numune Alım Noktası Ağustos 2002 Sonuçları

Rumelikavağı numune alım noktası Ağustos 2002 için uçurma yöntemi ile ulaşılan sonuçlar ve hesaplanan tuzluluk değeri Tablo 5.94'te verilmektedir.

Tablo 5.94: Rumelikavağı Numune Noktası Ağustos 2002 Uçurma Yöntemiyle Tuzluluk Eldesinde Kullanılan Deney Sonuçları

Örnek	Beher Net (g)	Beher Brüt (g)	Su net (g)	Rezidülü Beher (g)	Rezidü (g)	Tuzluluk (ppt)
Ağustos 2002	45,53	85,90	40,37	46,30	0,77	19,18±0,70

5.2.2.3 Rumelikavağı Numune Alım Noktası Kasım 2002 Sonuçları

Rumelikavağı numune alım noktası Kasım 2002 için uçurma yöntemi ile ulaşılan sonuçlar ve hesaplanan tuzluluk değeri Tablo 5.95'te verilmektedir.

Tablo 5.95: Rumelikavağı Numune Noktası Kasım 2002 Uçurma Yöntemiyle Tuzluluk Eldesinde Kullanılan Deney Sonuçları

Örnek	Beher Net (g)	Beher Brüt (g)	Su net (g)	Rezidülü Beher (g)	Rezidü (g)	Tuzluluk (ppt)
Kasım 2002	49,59	110,70	61,11	50,66	1,07	17,49±0,54

5.2.2.4 Rumelikavağı Numune Alım Noktası Şubat 2003 Sonuçları

Rumelikavağı numune alım noktası Şubat 2003 için uçurma yöntemi ile ulaşılan sonuçlar ve hesaplanan tuzluluk değeri Tablo 5.96'da verilmektedir.

Tablo 5.96: Rumelikavağı Numune Noktası Şubat 2003 Uçurma Yöntemiyle Tuzluluk Eldesinde Kullanılan Deney Sonuçları

Örnek	Beher Net (g)	Beher Brüt (g)	Su net (g)	Rezidülü Beher (g)	Rezidü (g)	Tuzluluk (ppt)
Şubat 2003	21,14	71,70	50,56	22,01	0,87	17,20±0,59

5.2.2.5 Rumelikavağı Numune Alım Noktası Mayıs 2003 Sonuçları

Rumelikavağı numune alım noktası Mayıs 2003 için uçurma yöntemi ile ulaşılan sonuçlar ve hesaplanan tuzluluk değeri Tablo 5.97’de verilmektedir.

Tablo 5.97: Rumelikavağı Numune Noktası Mayıs 2003 Uçurma Yöntemiyle Tuzluluk Eldesinde Kullanılan Deney Sonuçları

Örnek	Beher Net (g)	Beher Brüt (g)	Su net (g)	Rezidülü Beher (g)	Rezidü (g)	Tuzluluk (ppt)
Mayıs 2003	45,49	87,25	41,75	46,26	0,76	18,23±0,67

5.2.3 Tarabya Numune Alım Noktası Sonuçları

Tarabya numune noktası için uçurma yöntemiyle elde edilen deneysel sonuçları Denklem 4.5 kullanılarak tuzluluk hesaplaması yapılmıştır. Tarabya numune alım noktası için uçurma yöntemiyle elde edilen sonuçlar mevsimsel olarak ayrı ayrı alt başlıklarda sunulmaktadır.

5.2.3.1 Tarabya Numune Alım Noktası Mayıs 2002 Sonuçları

Tarabya numune alım noktası Mayıs 2002 için uçurma yöntemi ile ulaşılan sonuçlar ve hesaplanan tuzluluk değeri Tablo 5.98’de verilmektedir.

Tablo 5.98: Tarabya Numune Noktasının Uçurma Yöntemiyle Elde Edilen Deney Sonuçları

Örnek	Beher Net (g)	Beher Brüt (g)	Su net (g)	Rezidülü Beher (g)	Rezidü (g)	Tuzluluk (ppt)
Mayıs 2002	49,76	104,73	54,98	50,84	1,08	19,73±0,61

5.2.3.2 Tarabya Numune Alım Noktası Ağustos 2002 Sonuçları

Tarabya numune alım noktası Ağustos 2002 için uçurma yöntemi ile ulaşılan sonuçlar ve hesaplanan tuzluluk değeri Tablo 5.99'da verilmektedir.

Tablo 5.99: Tarabya Numune Noktası Ağustos 2002 Uçurma Yöntemiyle Elde Edilen Deney Sonuçları

Örnek	Beher Net (g)	Beher Brüt (g)	Su net (g)	Rezidülü Beher (g)	Rezidü (g)	Tuzluluk (ppt)
Ağustos 2002	52,21	110,78	58,57	53,40	1,19	20,36±0,60

5.2.3.3 Tarabya Numune Alım Noktası Kasım 2002 Sonuçları

Tarabya numune alım noktası Kasım 2002 için uçurma yöntemi ile ulaşılan sonuçlar ve hesaplanan tuzluluk değeri Tablo 5.100'de verilmektedir.

Tablo 5.100: Tarabya Numune Noktası Kasım 2002 Uçurma Yöntemiyle Elde Edilen Deney Sonuçları

Örnek	Beher Net (g)	Beher Brüt (g)	Su net (g)	Rezidülü Beher (g)	Rezidü (g)	Tuzluluk (ppt)
Kasım 2002	26,15	68,96	42,77	26,93	0,78	18,24±0,66

5.2.3.4 Tarabya Numune Alım Noktası Şubat 2003 Sonuçları

Tarabya numune alım noktası Şubat 2003 için uçurma yöntemi ile ulaşılan sonuçlar ve hesaplanan tuzluluk değeri Tablo 5.101'de verilmektedir.

Tablo 5.101: Tarabya Numune Noktası Şubat 2003 Uçurma Yöntemiyle Elde Edilen Deney Sonuçları

Örnek	Beher Net (g)	Beher Brüt (g)	Su net (g)	Rezidülü Beher (g)	Rezidü (g)	Tuzluluk (ppt)
Şubat 2003	24,74	69,88	45,14	25,56	0,82	18,09±0,64

5.2.3.5 Tarabya Numune Alım Noktası Mayıs 2003 Sonuçları

Tarabya numune alım noktası Mayıs 2003 için uçurma yöntemi ile ulaşılan sonuçlar ve hesaplanan tuzluluk değeri Tablo 5.102'de verilmektedir.

Tablo 5.102: Tarabya Numune Noktası Mayıs 2003 Uçurma Yöntemiyle Elde Edilen Deney Sonuçları

Örnek	Beher Net (g)	Beher Brüt (g)	Su net (g)	Rezidülü Beher (g)	Rezidü (g)	Tuzluluk (ppt)
Mayıs 2003	21,16	62,02	40,86	21,95	0,79	19,39±0,70

5.2.4 Emirgan Numune Alım Noktası Sonuçları

Emirgan numune noktası için uçurma yöntemiyle elde edilen deneysel sonuçları Denklem 4.5 kullanılarak tuzluluk hesaplaması yapılmıştır. Emirgan numune alım noktası için uçurma yöntemiyle elde edilen sonuçlar mevsimsel olarak ayrı ayrı alt başlıklarda sunulmaktadır.

5.2.4.1 Emirgan Numune Alım Noktası Mayıs 2002 Sonuçları

Emirgan numune alım noktası Mayıs 2002 için uçurma yöntemi ile ulaşılan sonuçlar ve hesaplanan tuzluluk değeri Tablo 5.103'te verilmektedir.

Tablo 5.103: Emirgan Numune Noktası Mayıs 2002 Uçurma Yöntemiyle Elde Edilen Deney Sonuçları

Örnek	Beher Net (g)	Beher Brüt (g)	Su net (g)	Rezidülü Beher (g)	Rezidü (g)	Tuzluluk (ppt)
Mayıs 2002	52,98	104,49	51,51	53,99	1,02	19,79±0,63

5.2.4.2 Emirgan Numune Alım Noktası Ağustos 2002 Sonuçları

Emirgan numune alım noktası Ağustos 2002 için uçurma yöntemi ile ulaşılan sonuçlar ve hesaplanan tuzluluk değeri Tablo 5.104'te verilmektedir.

Tablo 5.104: Emirgan Numune Noktası Ağustos 2002 Uçurma Yöntemiyle Elde Edilen Deney Sonuçları

Örnek	Beher Net (g)	Beher Brüt (g)	Su net (g)	Rezidülü Beher (g)	Rezidü (g)	Tuzluluk (ppt)
Ağustos 2002	52,24	97,15	44,91	53,17	0,93	20,74±0,69

5.2.4.3 Emirgan Numune Alım Noktası Kasım 2002 Sonuçları

Emirgan numune alım noktası Kasım 2002 için uçurma yöntemi ile ulaşılan sonuçlar ve hesaplanan tuzluluk değeri Tablo 5.105'te verilmektedir.

Tablo 5.105: Emirgan Numune Noktası Kasım 2002 Uçurma Yöntemiyle Elde Edilen Deney Sonuçları

Örnek	Beher Net (g)	Beher Brüt (g)	Su net (g)	Rezidülü Beher (g)	Rezidü (g)	Tuzluluk (ppt)
Kasım 2002	49,27	98,98	49,71	50,23	0,96	19,34±0,63

5.2.4.4 Emirgan Numune Alım Noktası Şubat 2003 Sonuçları

Emirgan numune alım noktası Şubat 2003 için uçurma yöntemi ile ulaşılan sonuçlar ve hesaplanan tuzluluk değeri Tablo 5.106'da verilmektedir.

Tablo 5.106: Emirgan Numune Noktası Şubat 2003 Uçurma Yöntemiyle Elde Edilen Deney Sonuçları

Örnek	Beher Net (g)	Beher Brüt (g)	Su net (g)	Rezidülü Beher (g)	Rezidü (g)	Tuzluluk (ppt)
Şubat 2003	25,04	70,09	45,05	25,87	0,83	18,45±0,65

5.2.4.5 Emirgan Numune Alım Noktası Mayıs 2003 Sonuçları

Emirgan numune alım noktası Mayıs 2003 için uçurma yöntemi ile ulaşılan sonuçlar ve hesaplanan tuzluluk değeri Tablo 5.107'de verilmektedir.

Tablo 5.107: Emirgan Numune Noktası Mayıs 2003 Uçurma Yöntemiyle Elde Edilen Deney Sonuçları

Örnek	Beher Net (g)	Beher Brüt (g)	Su net (g)	Rezidülü Beher (g)	Rezidü (g)	Tuzluluk (ppt)
Mayıs 2003	24,74	49,73	24,99	25,23	0,49	19,58±0,89

5.2.5 Bebek Numune Alım Noktası Sonuçları

Bebek numune noktası için uçurma yöntemiyle elde edilen deneysel sonuçları bulunmaktadır. Tuzluluk hesaplamasında Denklem 4.5 kullanılmıştır. Mevsimsel olarak değişim ayrı ayrı alt başlıklarda incelenmiştir.

5.2.5.1 Bebek Numune Alım Noktası Mayıs 2002 Sonuçları

Bebek numune noktasının uçurma yöntemi sonuçları ve hesaplanan tuzluluk değeri Tablo 5.108’de bulunmaktadır.

Tablo 5.108: Bebek Numune Noktası Mayıs 2002 Uçurma Yöntemiyle Elde Edilen Deney Sonuçları

Örnek	Beher Net (g)	Beher Brüt (g)	Su net (g)	Rezidülü Beher (g)	Rezidü (g)	Tuzluluk (ppt)
Mayıs 2002	48,71	108,37	59,66	49,97	1,26	21,12±0,60

5.2.5.2 Bebek Numune Alım Noktası Ağustos 2002 Sonuçları

Bebek numune noktasının uçurma yöntemi sonuçları ve hesaplanan tuzluluk değeri Tablo 5.109’da bulunmaktadır.

Tablo 5.109: Bebek Numune Noktası Ağustos 2002 Uçurma Yöntemiyle Elde Edilen Deney Sonuçları

Örnek	Beher Net (g)	Beher Brüt (g)	Su net (g)	Rezidülü Beher (g)	Rezidü (g)	Tuzluluk (ppt)
Ağustos 2002	52,96	101,50	48,54	54,04	1,07	22,13±0,68

5.2.5.3 Bebek Numune Alım Noktası Kasım 2002 Sonuçları

Bebek numune noktasının uçurma yöntemi sonuçları ve hesaplanan tuzluluk değeri Tablo 5.110’da bulunmaktadır.

Tablo 5.110: Bebek Numune Noktası Kasım 2002 Uçurma Yöntemiyle Elde Edilen Deney Sonuçları

Örnek	Beher Net (g)	Beher Brüt (g)	Su net (g)	Rezidülü Beher (g)	Rezidü (g)	Tuzluluk (ppt)
Kasım 2002	50,04	103,70	53,67	51,10	1,07	19,91±0,61

5.2.5.4 Bebek Numune Alım Noktası Şubat 2003 Sonuçları

Bebek numune noktasının uçurma yöntemi sonuçları ve hesaplanan tuzluluk değeri Tablo 5.111’de bulunmaktadır.

Tablo 5.111: Bebek Numune Noktası Şubat 2003 Uçurma Yöntemiyle Elde Edilen Deney Sonuçları

Örnek	Beher Net (g)	Beher Brüt (g)	Su net (g)	Rezidülü Beher (g)	Rezidü (g)	Tuzluluk (ppt)
Şubat 2003	24,13	63,42	39,28	24,87	0,73	18,62±0,70

5.2.5.5 Bebek Numune Alım Noktası Mayıs 2003 Sonuçları

Bebek numune noktasının uçurma yöntemi sonuçları ve hesaplanan tuzluluk değeri Tablo 5.112’te bulunmaktadır.

Tablo 5.112: Bebek Numune Noktası Mayıs 2003 Uçurma Yöntemiyle Elde Edilen Deney Sonuçları

Örnek	Beher Net (g)	Beher Brüt (g)	Su net (g)	Rezidülü Beher (g)	Rezidü (g)	Tuzluluk (ppt)
Mayıs 2003	40,79	69,58	28,77	41,39	0,60	20,75±0,86

5.2.6 Salacak Numune Alım Noktası Sonuçları

Salacak numune noktası için uçurma yöntemiyle elde edilen deneysel sonuçları bulunmaktadır. Tuzluluk hesaplamasında Denklem 4.5 kullanılmıştır. Mevsimsel olarak değişim ayrı ayrı alt başlıklarda incelenmiştir.

5.2.6.1 Salacak Numune Alım Noktası Kasım 2002 Sonuçları

Salacak numune noktasının uçurma yöntemi sonuçları ve hesaplanan tuzluluk değeri Tablo 5.113'te bulunmaktadır.

Tablo 5.113: Salacak Numune Noktası Kasım 2002 Uçurma Yöntemiyle Elde Edilen Deney Sonuçları

Örnek	Beher Net (g)	Beher Brüt (g)	Su net (g)	Rezidülü Beher (g)	Rezidü (g)	Tuzluluk (ppt)
Kasım 2002	46,69	108,30	61,61	47,95	1,26	20,51±0,58

5.2.6.2 Salacak Numune Alım Noktası Şubat 2003 Sonuçları

Salacak numune noktasının uçurma yöntemi sonuçları ve hesaplanan tuzluluk değeri Tablo 5.114'te bulunmaktadır.

Tablo 5.114: Salacak Numune Noktası Şubat 2003 Uçurma Yöntemiyle Elde Edilen Deney Sonuçları

Örnek	Beher Net (g)	Beher Brüt (g)	Su net (g)	Rezidülü Beher (g)	Rezidü (g)	Tuzluluk (ppt)
Şubat 2003	55,81	104,54	48,73	56,79	0,98	20,17±0,65

5.2.6.3 Salacak Numune Alım Noktası Mayıs 2003 Sonuçları

Salacak numune noktasının uçurma yöntemi sonuçları ve hesaplanan tuzluluk değeri Tablo 5.115'te bulunmaktadır.

Tablo 5.115: Salacak Numune Noktası Mayıs 2003 Uçurma Yöntemiyle Elde Edilen Deney Sonuçları

Örnek	Beher Net (g)	Beher Brüt (g)	Su net (g)	Rezidülü Beher (g)	Rezidü (g)	Tuzluluk (ppt)
Mayıs 2003	55,80	97,01	41,21	56,67	0,87	21,10±0,72

5.2.7 Tuzla Numune Alım Noktası Sonuçları

Tuzla numune noktası için uçurma yöntemiyle elde edilen deneysel sonuçları bulunmaktadır. Tuzluluk hesaplamasında Denklem 4.5 kullanılmıştır. Mevsimsel olarak değişim ayrı ayrı alt başlıklarda incelenmiştir.

5.2.7.1 Tuzla Numune Alım Noktası Mayıs 2002 Sonuçları

Tuzla numune noktasının uçurma yöntemi sonuçları ve hesaplanan tuzluluk değeri Tablo 5.116'da bulunmaktadır.

Tablo 5.116: Tuzla Numune Noktası Mayıs 2002 Uçurma Yöntemiyle Elde Edilen Deney Sonuçları

Örnek	Beher Net (g)	Beher Brüt (g)	Su net (g)	Rezidülü Beher (g)	Rezidü (g)	Tuzluluk (ppt)
Mayıs 2002	55,06	105,76	50,70	56,26	1,20	23,73±0,69

5.2.7.2 Tuzla Numune Alım Noktası Ağustos 2002 Sonuçları

Tuzla numune noktasının uçurma yöntemi sonuçları ve hesaplanan tuzluluk değeri Tablo 5.117'de bulunmaktadır.

Tablo 5.117: Tuzla Numune Noktası Ağustos 2002 Uçurma Yöntemiyle Elde Edilen Deney Sonuçları

Örnek	Beher Net (g)	Beher Brüt (g)	Su net (g)	Rezidülü Beher (g)	Rezidü (g)	Tuzluluk (ppt)
Ağustos 2002	55,80	79,28	23,49	56,37	0,57	24,17±1,03

5.2.7.3 Tuzla Numune Alım Noktası Kasım 2002 Sonuçları

Tuzla numune noktasının uçurma yöntemi sonuçları ve hesaplanan tuzluluk değeri Tablo 5.118'de bulunmaktadır.

Tablo 5.118: Tuzla Numune Noktası Kasım 2002 Uçurma Yöntemiyle Elde Edilen Deney Sonuçları

Örnek	Beher Net (g)	Beher Brüt (g)	Su net (g)	Rezidülü Beher (g)	Rezidü (g)	Tuzluluk (ppt)
Kasım 2002	29,24	71,56	42,32	30,23	0,99	23,37±0,75

5.2.7.4 Tuzla Numune Alım Noktası Şubat 2003 Sonuçları

Tuzla numune noktasının uçurma yöntemi sonuçları ve hesaplanan tuzluluk değeri Tablo 5.119’da bulunmaktadır.

Tablo 5.119: Tuzla Numune Noktası Şubat 2003 Uçurma Yöntemiyle Elde Edilen Deney Sonuçları

Örnek	Beher Net (g)	Beher Brüt (g)	Su net (g)	Rezidülü Beher (g)	Rezidü (g)	Tuzluluk (ppt)
Şubat 2003	50,06	100,73	50,67	51,18	1,12	22,10±0,67

5.2.7.5 Tuzla Numune Alım Noktası Mayıs 2003 Sonuçları

Tuzla numune noktasının uçurma yöntemi sonuçları ve hesaplanan tuzluluk değeri Tablo 5.120’de bulunmaktadır.

Tablo 5.120: Tuzla Numune Noktası Mayıs 2002 Uçurma Yöntemiyle Elde Edilen Deney Sonuçları

Örnek	Beher Net (g)	Beher Brüt (g)	Su net (g)	Rezidülü Beher (g)	Rezidü (g)	Tuzluluk (ppt)
Mayıs 2003	24,30	60,66	36,36	25,13	0,84	22,97±0,80

5.2.8 Kontrol Grubu Deney Sonuçları

Kontrol grubu deney sonuçları Ağustos 2005 dönemine aittir. Uçurma yöntemiyle elde edilen İstanbul Boğazı numune noktalarının tuzluluk değerleri aşağıda alt bölümlerde ayrı ayrı verilmektedir.

5.2.8.1 Kilyos Numune Noktası Ağustos 2005 Sonuçları

Kilyos numune noktasına ait uçurma yöntemi tuzluluk sonuçları Tablo 5.121’de verilmektedir.

Tablo 5.121: Kilyos Numune Noktası Ağustos 2005 Uçurma Yöntemiyle Elde Edilen Deney Sonuçları

Örnek	Beher Net (g)	Beher Brüt (g)	Su net (g)	Rezidülü Beher (g)	Rezidü (g)	Tuzluluk (ppt)
Ağustos 2005	53,02	92,60	39,59	53,70	0,68	17,14±0,67

5.2.8.2 Rumelikavağı Numune Noktası Ağustos 2005 Sonuçları

Rumelikavağı numune noktasına ait uçurma yöntemi tuzluluk sonuçları Tablo 5.122’de verilmektedir.

Tablo 5.122: Rumelikavağı Numune Noktası Ağustos 2005 Uçurma Yöntemiyle Elde Edilen Deney Sonuçları

Örnek	Beher Net (g)	Beher Brüt (g)	Su net (g)	Rezidülü Beher (g)	Rezidü (g)	Tuzluluk (ppt)
Ağustos 2005	55,10	91,64	36,54	55,78	0,68	18,63±0,72

5.2.8.3 Tarabya Numune Noktası Ağustos 2005 Sonuçları

Tarabya numune noktasına ait uçurma yöntemi tuzluluk sonuçları Tablo 5.123’te verilmektedir.

Tablo 5.123: Tarabya Numune Noktası Ağustos 2005 Uçurma Yöntemiyle Elde Edilen Deney Sonuçları

Örnek	Beher Net (g)	Beher Brüt (g)	Su net (g)	Rezidülü Beher (g)	Rezidü (g)	Tuzluluk (ppt)
Ağustos 2005	46,81	86,30	39,49	47,56	0,75	19,08±0,70

5.2.8.4 Emirgan Numune Noktası Ağustos 2005 Sonuçları

Emirgan numune noktasına ait uçurma yöntemi tuzluluk sonuçları Tablo 5.124'te verilmektedir.

Tablo 5.124: Emirgan Numune Noktası Ağustos 2005 Uçurma Yöntemiyle Elde Edilen Deney Sonuçları

Örnek	Beher Net (g)	Beher Brüt (g)	Su net (g)	Rezidülü Beher (g)	Rezidü (g)	Tuzluluk (ppt)
Ağustos 2005	49,63	89,57	39,94	50,43	0,80	19,92±0,71

5.2.8.5 Bebek Numune Noktası Ağustos 2005 Sonuçları

Bebek numune noktasına ait uçurma yöntemi tuzluluk sonuçları Tablo 5.125'te verilmektedir.

Tablo 5.125: Bebek Numune Noktası Ağustos 2005 Uçurma Yöntemiyle Elde Edilen Deney Sonuçları

Örnek	Beher Net (g)	Beher Brüt (g)	Su net (g)	Rezidülü Beher (g)	Rezidü (g)	Tuzluluk (ppt)
Ağustos 2005	50,10	91,12	41,03	50,95	0,85	20,78±0,72

5.2.8.6 Salacak Numune Noktası Ağustos 2005 Sonuçları

Salacak numune noktasına ait uçurma yöntemi tuzluluk sonuçları Tablo 5.126'da verilmektedir.

Tablo 5.126 Salacak Numune Noktası Ağustos 2005 Uçurma Yöntemiyle Elde Edilen Deney Sonuçları

Örnek	Beher Net (g)	Beher Brüt (g)	Su net (g)	Rezidülü Beher (g)	Rezidü (g)	Tuzluluk (ppt)
Ağustos 2005	52,25	89,99	37,73	53,05	0,80	21,22±0,76

5.2.8.7 Tuzla Numune Noktası Ağustos 2005 Sonuçları

Tuzla numune noktasına ait uçurma yöntemi tuzluluk sonuçları Tablo 5.127’de verilmektedir.

Tablo 5.127: Tuzla Numune Noktası Ağustos 2005 Uçurma Yöntemiyle Elde Edilen Deney Sonuçları

Örnek	Beher Net (g)	Beher Brüt (g)	Su net (g)	Rezidülü Beher (g)	Rezidü (g)	Tuzluluk (ppt)
Ağustos 2005	49,79	87,33	37,54	50,69	0,90	24,04±0,81

5.3 Deneysel Sonuçlardan Hareketle Tayin Edilen Tuzluluk Değerlerinin Karşılaştırılması

Bu doktora tez çalışmasının orijinalliğini oluşturan deneysel değerlendirmelerden elde edilen deniz tuzluluğunun kıyaslanması aşağıdaki alt bölümlerde ayrı ayrı ele alınmıştır. Farklı ışınlama teknikleriyle elde edilen veriler kendi aralarında, nötron aktivasyon analizi sonuçlarıyla rutin kullanılan teknik ile elde edilen sonuçlarla kıyaslanmış bulunmaktadır.

5.3.1 İ.T.Ü. TRIGA Mark II Reaktöründe Işınlanan Örneklerin Tuzluluklarıyla Howitzerde Işınlanan Örneklerin Sonuçlarının Kıyaslanması

İ.T.Ü. TRIGA Mark II Reaktörünün tavşan sisteminde ışınlanarak ulaşılan nötron aktivasyon analizi deniz tuzluluğu sonuçları, Mayıs 2002 örneklerini kapsamaktadır. Bu bağlamda Mayıs 2002 örneklerinin Howitzer ışınlamasıyla elde edilen tuzluluk sonuçlarıyla İ.T.Ü. TRIGA Mark II Reaktörünün tavşan sisteminde ışınlanmasıyla elde edilen tuzluluk sonuçlarının kıyaslanarak değerlendirilmesi Tablo 5.128’ de yer almaktadır.

Tablo 5.128: Mayıs 2002 Örneklerinin İki Farklı Işınlamayla Elde Edilen Tuzluluk Sonuçlarının Karşılaştırılması

Örnek	İTÜ TRIGA Mark II Tuzluluk Sonuçları (ppt)	Howitzer Tuzluluk Sonuçları (ppt)	Fark	Yüzde Fark (%)	Yüzde Mutlak Fark (%)
Rumelikavağı	17,61±0,10	17,19±1,05	-0,42	-2,44	2,44
Tarabya	18,62±0,09	18,56±1,11	-0,06	-0,32	0,32
Emirgan	19,57±0,10	19,53±1,81	-0,04	-0,30	0,30
Bebek	20,80±0,09	20,75±1,70	-0,05	-0,24	0,24
Tuzla	23,01±0,09	22,93±1,54	-0,08	-0,35	0,35
Ortalama			-0,13	-0,71	0,71

Ortalama fark ve ortalama mutlak fark sonuçlarının %1,00'in altında olduğu görülmektedir. Dolayısı ile reaktöre göre düşük akıllı olan howitzer ile çalışmanın olabilirliği bu kıyaslama ile görülmektedir.

Bir başka deyişle, reaktör ışınlamasıyla yapılan nötron aktivasyon analizine göre Howitzerde ışınlanarak uygulanan nötron aktivasyon analiziyle tuzluluk tayininin, güvenilirliği gösterilmektedir. Bu sonuçtan hareketle, çalışmalarımıza Howitzer ile yapılan deneylerle devam edilmiştir.

5.3.2 Numune Alım Noktalarına Göre Tuzluluk Değişimi

Numune noktaların ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış aylarındaki tuzluluğun temel değişimini hava şartları oluşturmaktadır Karadeniz, İstanbul Boğazı ve Marmara Denizinden yedi farklı mahalden alınan numuneler farklı mevsimsel zamanlarda alınmışlardır.

Tuzluluğun mevsimsel olarak incelenmesinin yanısıra koordinat olarak da mukayeseli incelenmesi hedeflenmiştir. Farklı mevsimlerde İstanbul Boğazı farklı noktaları için nötron aktivasyon analiziyle elde edilen sonuçların topluca değerlendirilmesi alt başlıklarda sunulmaktadır.

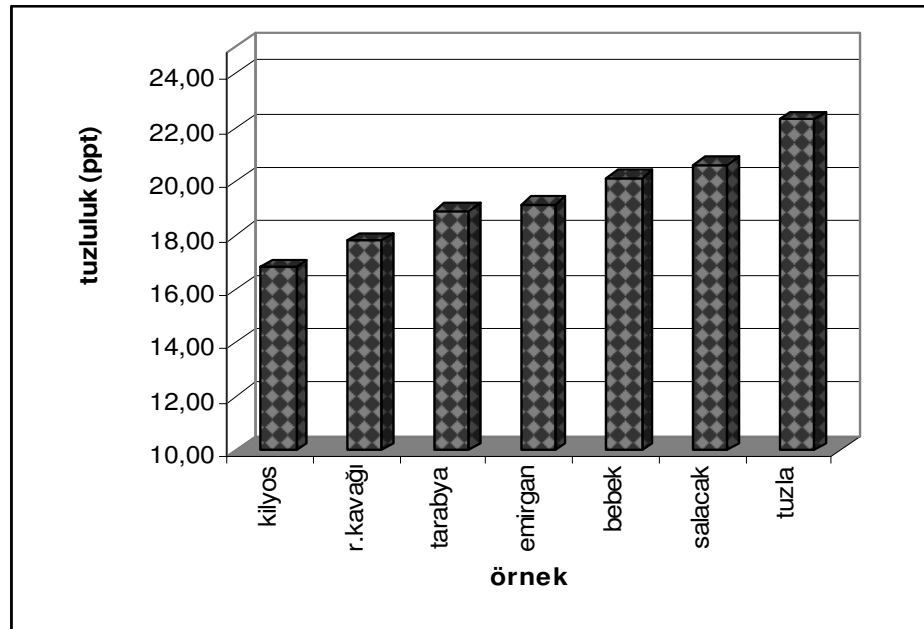
5.3.2.1 İlkbahar Aylarında Farklı Boğaz Noktalarında Tuzluluk Değişimi

İlkbahar mevsimine ilişkin farklı Boğaz noktalarına ait tuzluluk değişimi Tablo 5.129 ve Şekil 5.1'de verilmektedir.

Şekil 5.1 incelendiğinde Karadeniz – İstanbul Boğazı – Marmara Denizi karışım bölgesinde kuzeyden güneye doğru (Kilyos’tan Tuzla’ya) gidildikçe yüzeysel deniz tuzluluğunun arttığı gözlemlenmektedir. Bu husus Karadeniz ve Marmara denizlerinin tuzluluk dereceleri ile ilgili olup, her iki deniz arasında geçiş bölgesi olan İstanbul Boğazı’nın tuzluluk karakteristiğini oluşturmaktadır.

Tablo 5.129: Kuzeyden Güneye Doğru İstanbul Boğazı Boyunca İlkbahar Tuzluluk Sonuçları

Numune	Tuzluluk (ppt)
Kilyos	16,81±1,11
Rumelikavağı	17,78±1,13
Tarabya	18,92±0,54
Emirgan	19,15±0,86
Bebek	20,12±1,76
Salacak	20,61±2,04
Tuzla	22,30±1,18



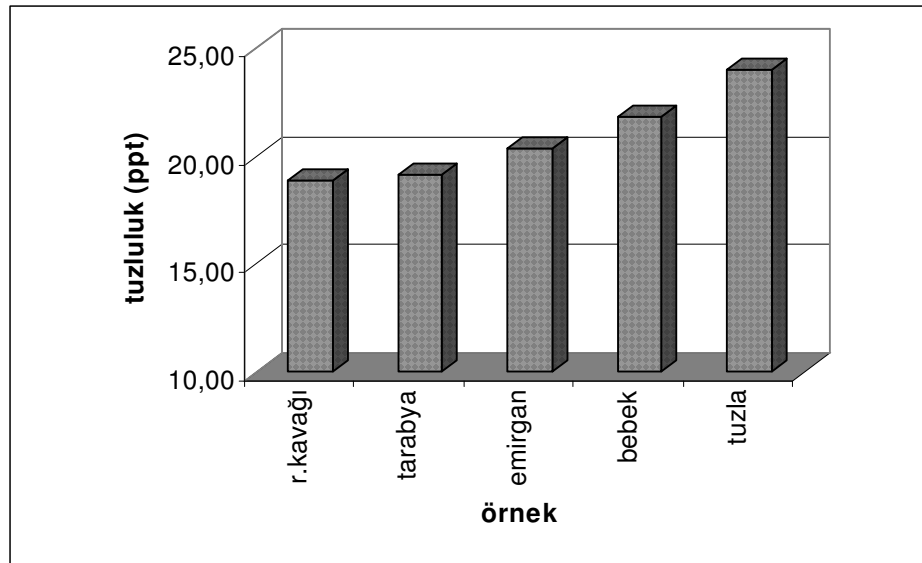
Şekil 5.1: İlkbaharda İstanbul Boğazı Boyunca Tuzluluk Değişimi

5.3.2.2 Yaz Aylarındaki Tuzluluk Değişimi

Karadeniz – İstanbul Boğazı – Marmara Denizi karışım bölgesinde kuzeyden güneye doğru gidildikçe yüzeysel deniz tuzluluğunun arttığı Tablo 5.130’da gözlemlenmektedir. Yaz mevsimine ait tuzluluk değişimi Şekil 5.2’de verilmektedir. Yağışın nispeten azaldığı ve artan sıcaklıktan dolayı buharlaşmanın yoğun olduğu yaz aylarında diğer mevsimlerdeki tuzluluk değerlerinden daha yüksek sonuçlara ulaşılmıştır.

Tablo 5.130: Kuzeyden Güneye Doğru İstanbul Boğazı Boyunca Yaz Tuzluluk Sonuçları

Numune	Tuzluluk (ppt)
Rumelikavağı	18,86±0,70
Tarabya	19,12±0,49
Emirgan	20,40±1,19
Bebek	21,81±0,88
Tuzla	23,99±1,57



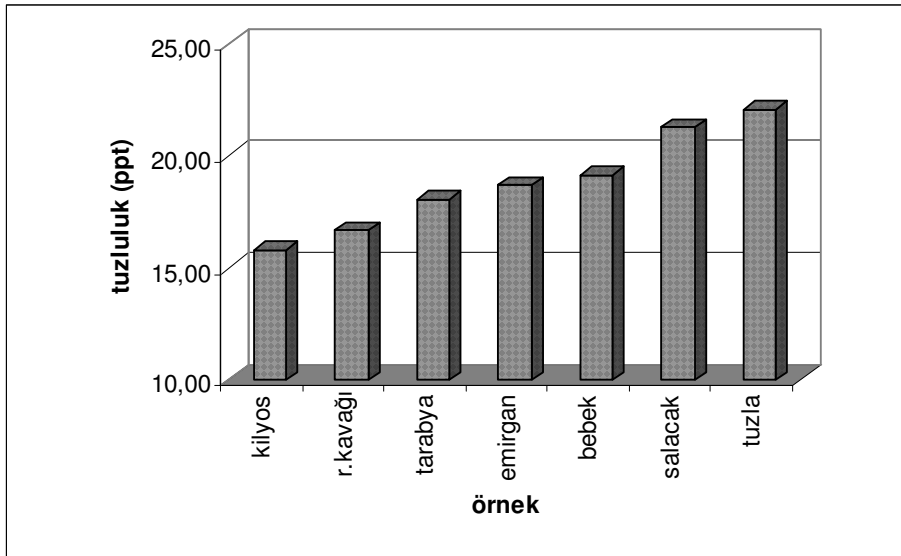
Şekil 5.2: Yazın İstanbul Boğazı Boyunca Tuzluluk Değişimi

5.3.2.3 Sonbahar Aylarındaki Tuzluluk Değişimi

Karadeniz – İstanbul Boğazı – Marmara Denizi karışım bölgesinde kuzeyden güneye doğru (Kilyos’tan Tuzla’ya) gidildikçe yüzeysel deniz tuzluluğunun arttığı gözlemlenmektedir. Tablo 5.131’de sonbahar dönemine ait tuzluluk sonuçları verilmektedir. Sonbahar mevsimine ait tuzluluk değişimi Şekil 5.3’te verilmektedir.

Tablo 5.131: Kuzeyden Güneye Doğru İstanbul Boğazı Boyunca Sonbahar Tuzluluk Sonuçları

Numune	Tuzluluk (ppt)
Kilyos	15,79±1,01
Rumelikavağı	16,68±1,72
Tarabya	18,04±0,64
Emirgan	18,65±1,75
Bebek	19,11±0,44
Salacak	21,27±2,13
Tuzla	22,03±2,01



Şekil 5.3: Sonbaharda İstanbul Boğazı Boyunca Tuzluluk Değişimi

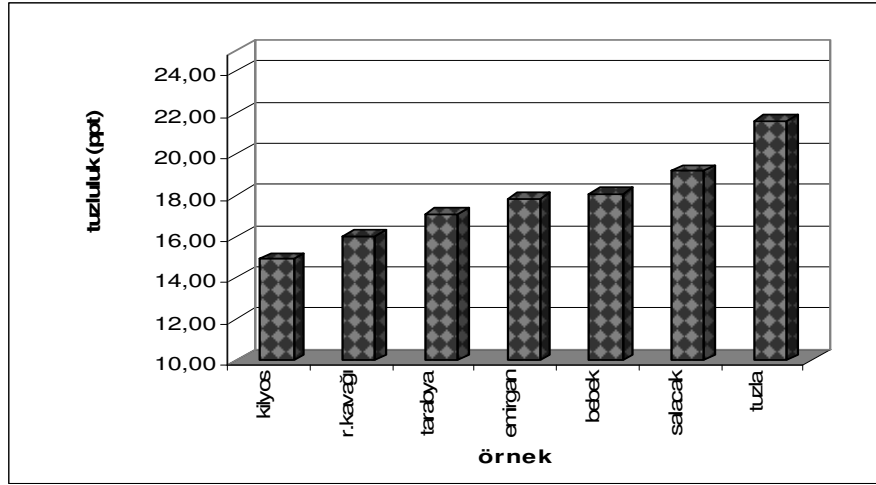
5.3.2.4 Kış Aylarındaki Tuzluluk Değişimi

Kış mevsimine ait tuzluluk değişimi Şekil 5.4’te verilmektedir. En fazla yağışın olduğu mevsim kış olmaktadır. Sıcaklık düşmesiyle beraber yağışın da artmasıyla

tuzluluk değerlerindeki değişimin de tuzluluk parametreleriyle farklılık gösterdiği görülmektedir. Tablo 5.132’de kış dönemine ait tuzluluk sonuçları verilmektedir.

Tablo 5.132: Kuzeyden Güneye Doğru İstanbul Boğazı Boyunca Kış Tuzluluk Sonuçları

Numune	Tuzluluk (ppt)
Kilyos	14,91±1,31
Rumelikavağı	16,01±1,60
Tarabya	17,09±1,57
Emirgan	17,80±1,89
Bebek	18,07±0,30
Salacak	19,19±1,41
Tuzla	21,56±2,06



Şekil 5.4: Kışın İstanbul Boğazı Boyunca Tuzluluk Değişimi

5.3.3 Nötron Aktivasyon Analiziyle Elde Edilen Tuzlulukların Mevsimsel Olarak Karşılaştırılması

Karadeniz, İstanbul Boğazı ve Marmara Denizinden alınan çeşitli numuneler için nötron aktivasyon analiziyle tuzluluk tayini yapılmış bulunmaktadır. Bu yöntem için numune noktalarındaki deneysel verilerin detaylı analizi Bölüm 5.1 içinde yer almaktadır. Numune noktalarına ait tuzluluk sonuçları toplu olarak alt bölümlerde verilmektedir.

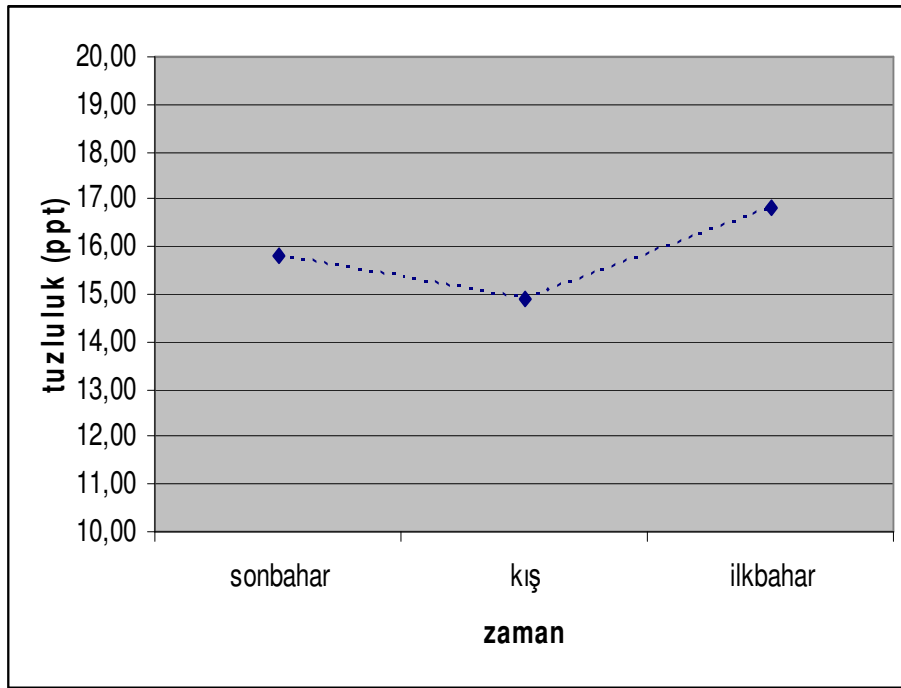
5.3.3.1 Kilyos Numune Noktası Sonuçları

Kilyos numune alım noktasına ait örneklerin nötron aktivasyon analiziyle elde edilen tuzluluk değerleri toplu olarak Tablo 5.133'te verilmektedir.

Şekil 5.5'te Kilyos numune noktasının mevsimsel tuzluluk değişimi verilmektedir.

Tablo 5.133: Kilyos Numune Noktasının Tuzluluk Değişimi

Örnek	Tuzluluk (ppt)
Mayıs 2003	16,80±1,11
Kasım 2002	15,79±1,01
Şubat 2003	14,91±1,31



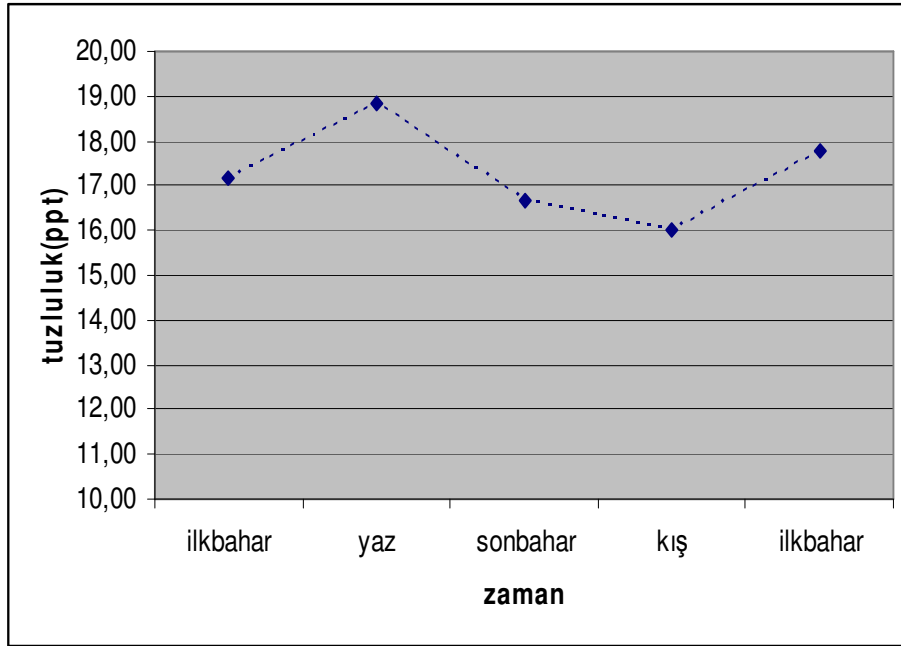
Şekil 5.5: Kilyos Numune Noktası Mevsimsel Tuzluluk Değişimi

5.3.3.2 Rumelikavağı Numune Noktası Sonuçları

Rumelikavağı numune alım noktasına ait örneklerin nötron aktivasyon analiziyle elde edilen tuzluluk değerleri toplu olarak Tablo 5.134'te verilmektedir. Şekil 5.6'da Rumelikavağı numune noktasının mevsimsel tuzluluk değişimi verilmektedir.

Tablo 5.134: Rumelikavağı Numune Noktasının Tuzluluk Değişimi

Örnek	Tuzluluk (ppt)
Mayıs 2002	17,19±1,05
Ağustos 2002	18,86±0,70
Kasım 2002	16,68±1,72
Şubat 2003	16,01±1,60
Mayıs 2003	17,78±1,13



Şekil 5.6: Rumelikavağı Numune Noktasının Mevsimsel Tuzluluk Değişimi

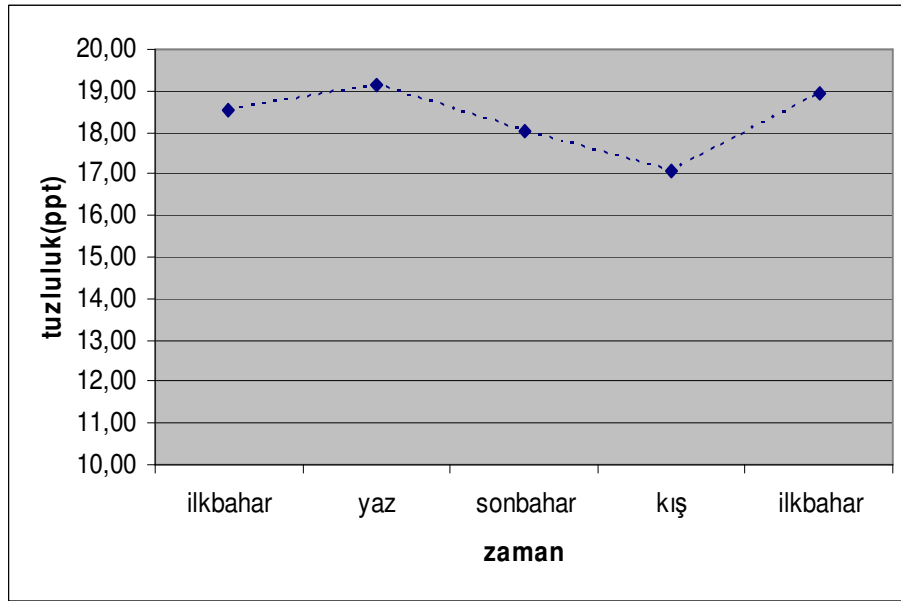
5.3.3.3 Tarabya Numune Noktası Sonuçları

Tarabya numune alım noktasına ait örneklerin nötron aktivasyon analiziyle elde edilen tuzluluk değerleri toplu olarak Tablo 5.135'te verilmektedir.

Şekil 5.7'de Tarabya numune noktasının mevsimsel tuzluluk değişimi verilmektedir.

Tablo 5.135: Tarabya Numune Noktasının Tuzluluk Değişimi

Örnek	Tuzluluk (ppt)
Mayıs 2002	18,56±1,11
Ağustos 2002	19,12±0,49
Kasım 2002	18,04±0,64
Şubat 2002	17,09±1,57
Mayıs 2003	18,92±0,54



Şekil 5.7: Tarabya Numune Noktasının Mevsimsel Tuzluluk Değişimi

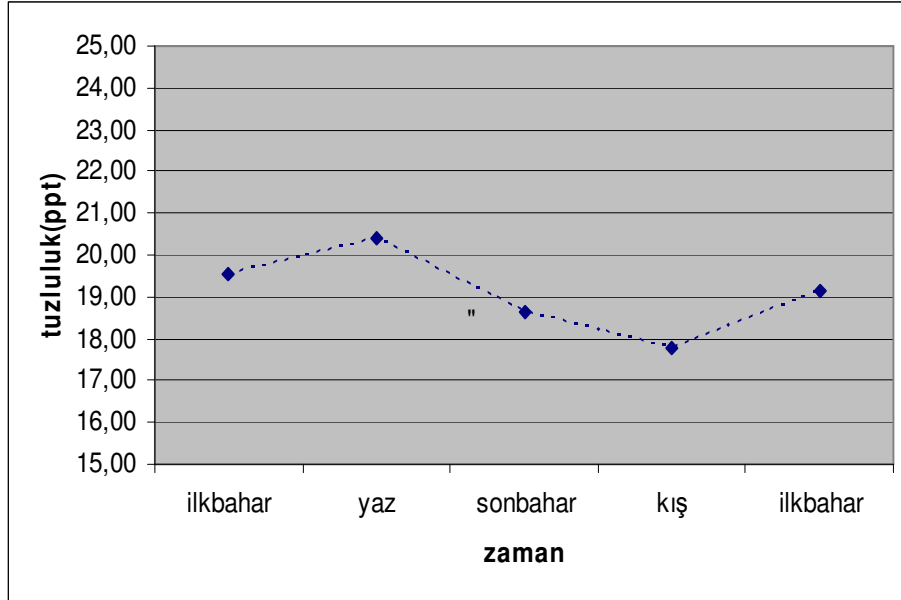
5.3.3.4 Emirgan Numune Noktası Sonuçları

Emirgan numune alım noktasına ait örneklerin nötron aktivasyon analiziyle elde edilen tuzluluk değerleri toplu olarak Tablo 5.136'da verilmektedir.

Şekil 5.8'de Emirgan numune noktasının mevsimsel tuzluluk değişimi verilmektedir.

Tablo 5.136: Emirgan Numune Noktasının Tuzluluk Değişimi

Örnek	Tuzluluk (ppt)
Mayıs 2002	19,53±1,81
Ağustos 2002	20,40±1,19
Kasım 2002	18,65±1,75
Şubat 2003	17,80±1,89
Mayıs 2003	19,15±0,86



Şekil 5.8: Emirgan Numune Noktasının Mevsimsel Tuzluluk Değişimi

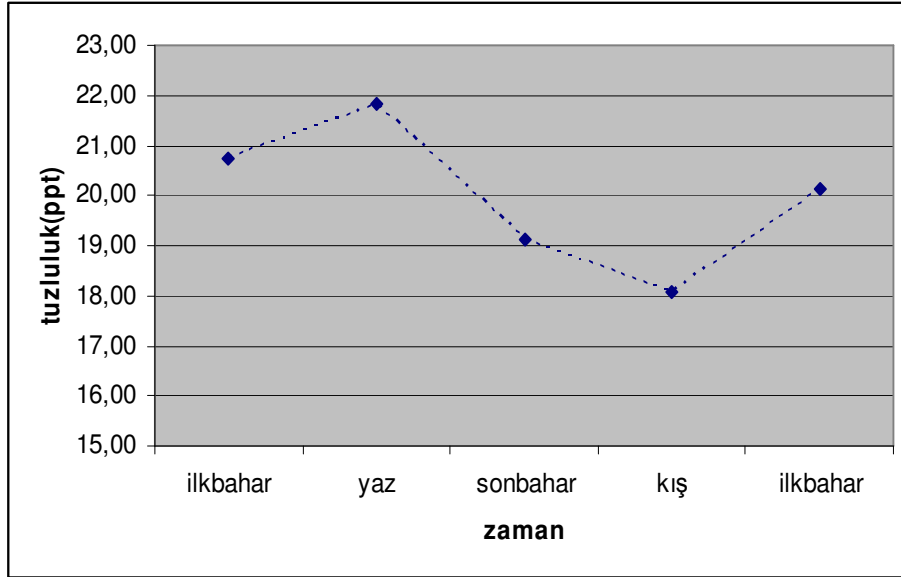
5.3.3.5 Bebek Numune Noktası Sonuçları

Bebek numune alım noktasına ait örneklerin nötron aktivasyon analiziyle elde edilen tuzluluk değerleri toplu olarak Tablo 5.137’de verilmektedir.

Şekil 5.9’da Bebek numune noktasının mevsimsel tuzluk değişimi verilmektedir.

Tablo 5.137: Bebek Numune Noktasının Tuzluluk Değişimi

Örnek	Tuzluluk (ppt)
Mayıs 2002	20,75±1,70
Ağustos 2002	21,81±0,88
Kasım 2002	19,11±0,44
Şubat 2003	18,07±0,30
Mayıs 2003	20,12±1,76



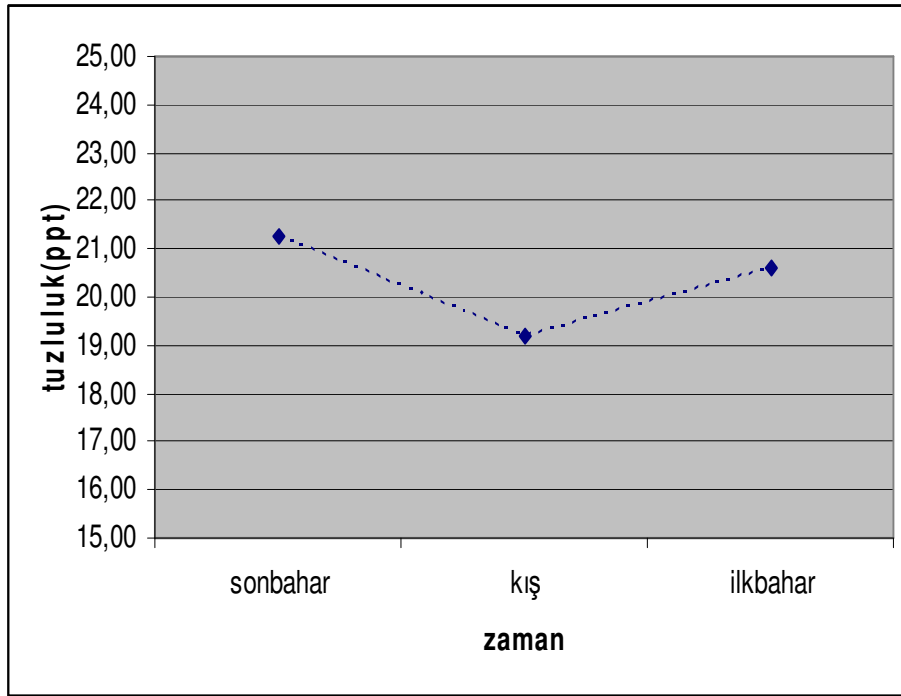
Şekil 5.9: Bebek Numune Noktasının Mevsimsel Tuzluluk Değişimi

5.3.3.6 Salacak Numune Noktası Sonuçları

Salacak numune alım noktasına ait örneklerin nötron aktivasyon analiziyle elde edilen tuzluluk değerleri toplu olarak Tablo 5.138' de verilmektedir. Şekil 5.10'da Salacak numune noktasının mevsimsel tuzluluk değişimi verilmektedir.

Tablo 5.138: Salacak Numune Noktasının Tuzluluk Değişimi

Örnek	Tuzluluk (ppt)
Mayıs 2003	20,61±2,04
Kasım 2002	21,27±2,13
Şubat 2002	19,19±1,41



Şekil 5.10: Salacak Numune Noktasının Mevsimsel Tuzluluk Değişimi

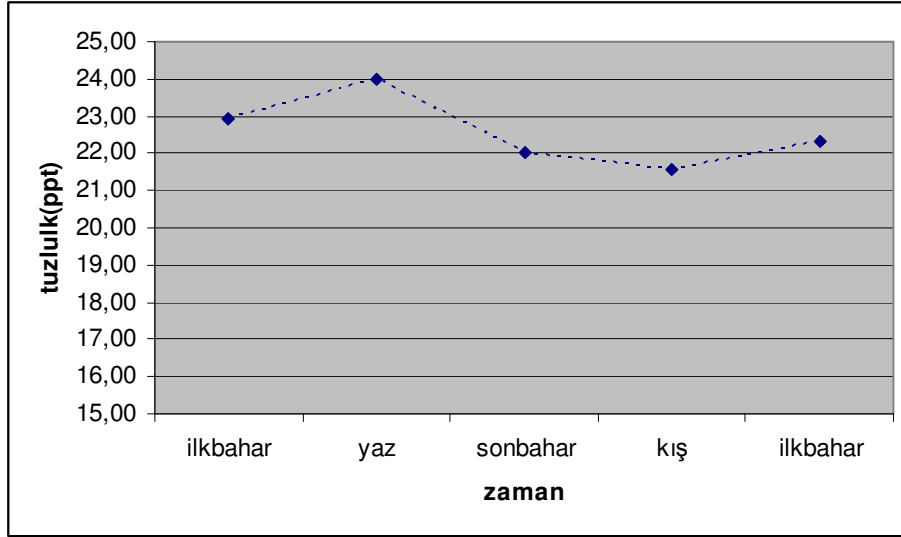
5.3.3.7 Tuzla Numune Noktası Sonuçları

Tuzla numune alım noktasına ait örneklerin nötron aktivasyon analiziyle elde edilen tuzluluk değerleri toplu olarak Tablo 5.139’ da verilmektedir.

Şekil 5.11’de Tuzla numune noktasının mevsimsel tuzluluk değişimi verilmektedir.

Tablo 5.139: Tuzla Numune Noktasının Tuzluluk Değişimi

Örnek	Tuzluluk (ppt)
Mayıs 2002	22,93±1,54
Ağustos 2002	23,99±1,57
Kasım 2002	22,03±2,01
Mayıs 2003	22,30±2,06
Şubat 2003	21,56±1,18



Şekil 5.11: Tuzla Numune Noktası Mevsimsel Tuzluluk Değişimi

5.3.4 İki Farklı Döneme Ait Aynı Mevsim Tuzluluk Sonuçlarının Karşılaştırılması

Deneyisel çalışma bölgesindeki numune noktalarından alınan numuneler ardışık iki ilkbahar ve ardışık olmayan ağustos mevsimi için toplanmış, nötron aktivasyon analiziyle ayrı ayrı incelenerek tuzluluk sonuçlarına ulaşılmıştır.

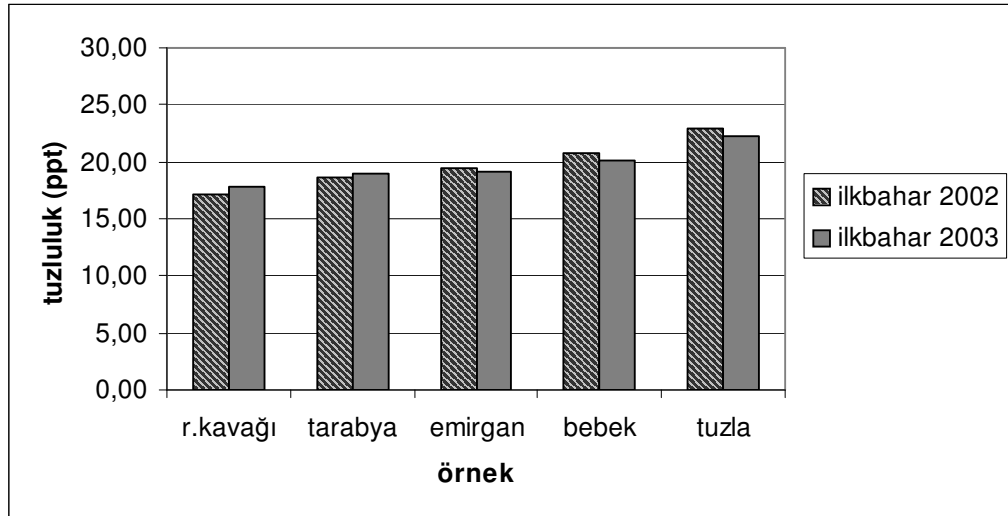
Bu mevsimlere ait sonuçların incelenmesi alt bölümlerde ayrı ayrı verilmektedir.

5.3.4.1 İki Farklı Ardışık Yıla Ait İlkbahar Sonuçlarının Karşılaştırılması

İki ardışık yıla ait ilkbahar sonuçları Tablo 5.140' ta topluca irdelenmiş ve grafiksel olarak da Şekil 5.12'de verilmektedir.

Tablo 5.140: İki Farklı İlkbahar Mevsimi Tuzluluk Sonuçları

Örnek	İlkbahar 2002 Tuzluluk (ppt)	İlkbahar 2003 Tuzluluk (ppt)	Fark	Fark (%)	Mutlak Fark (%)
Rumelikavağı	17,19±1,05	17,78±1,13	-0,59	-3,43	3,43
Tarabya	18,56±1,11	18,92±0,54	-0,36	-1,94	1,94
Emirgan	19,53±1,81	19,15±0,86	0,38	1,95	1,95
Bebek	20,75±1,70	20,12±1,76	0,62	2,99	2,99
Tuzla	22,93±1,54	22,30±1,18	0,63	2,75	2,75
Ortalama			0,14	0,46	2,61



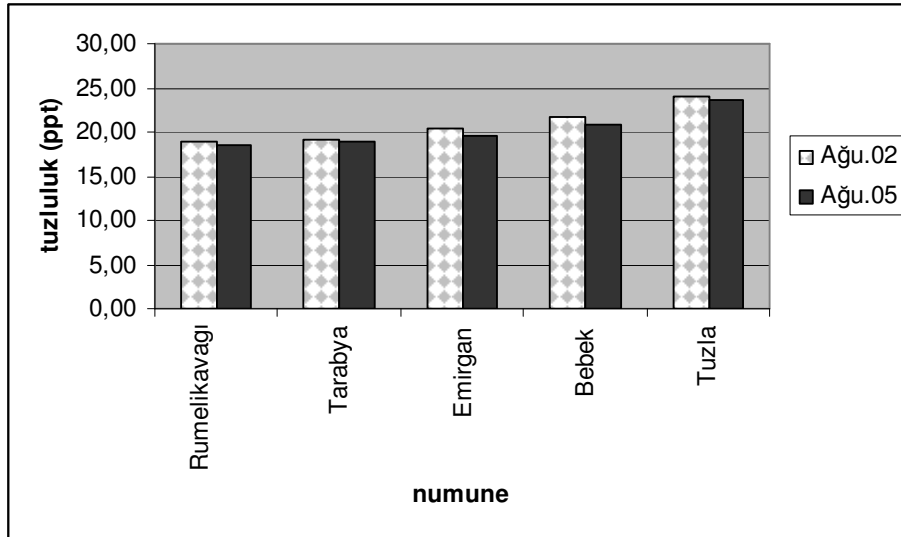
Şekil 5.12: İlkbahar Sonuçlarının Kendi İçinde Kıyaslanması

5.3.4.2 İki Farklı Ardışık Olmayan Yıla Ait Yaz Tuzluluk Sonuçlarının Kıyaslanması

İki ardışık yıla ait yaz sonuçları (Yaz 2002, Yaz 2005) Tablo 5.141’ de topluca irdelenmiş ve grafiksel olarak da Şekil 5.13’te verilmektedir.

Tablo 5.141: İki Farklı Yaz Sonuçlarının Kıyaslanması

Örnek	Yaz 2002 Tuzluluk (ppt)	Yaz 2005 Tuzluluk (ppt)	Fark	Fark (%)	Mutlak Fark (%)
Rumelikavağı	18,86±0,70	18,46±0,82	0,40	2,12	2,12
Tarabya	19,12±0,49	18,91±0,53	0,21	1,11	1,11
Emirgan	20,40±1,19	19,65±1,18	0,75	3,68	3,68
Bebek	21,81±0,88	20,81±0,43	1,00	4,58	4,58
Tuzla	23,99±1,57	23,69±0,93	0,30	1,25	1,25
Ortalama			0,55	2,55	2,55



Şekil 5.13: İki Farklı Yıla Ait Yaz Sonuçları

Tablo 5.140 ve Tablo 5.141’deki değerlerin incelenmesi sonucunda farkın hayli az olduğu görülmektedir. Bu durum mevsimsel periyodik bir değişimin söz konusu olduğunu düşündürmektedir.

5.3.5 Uçurma Yöntemi ve Nötron Aktivasyon Analizi Yöntemiyle Elde Edilen Tuzlulukların Kıyaslanması

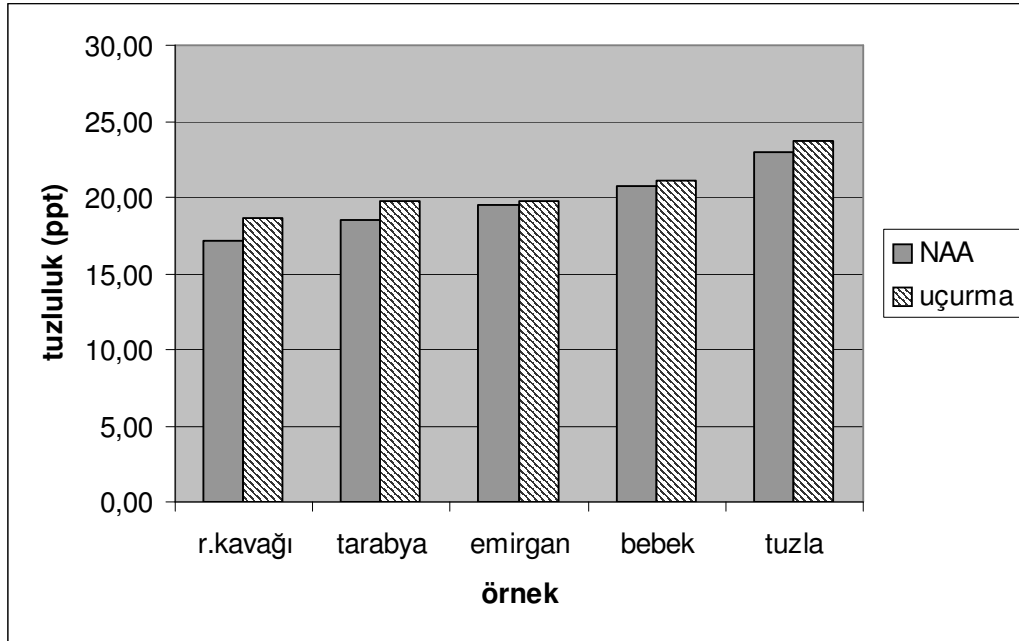
Nötron aktivasyon analiziyle tuzluluk tayini tarafımızdan yapılan ve alternatif bir teknik olarak önerilen bir teknik durumundadır. Uçurma tekniği ise tuzluluk tayini için kullanılan en eski yöntemdir.

Bu doktora tez çalışmasında uçurma yöntemi nötron aktivasyon analizinin test edilmesi için seçilmiş bulunmaktadır. Mevsimlere göre nötron aktivasyon analiziyle uçurma yönteminin karşılaştırılması alt başlıklarda ayrı olarak ele alınmaktadır.

5.3.5.1 İlkbahar Sonuçlarının Kıyaslanması

Çalışılan bölgeden elde edilen numunelerin 2002 ve 2003 ilkbahar dönemlerine ait nötron aktivasyon analizi ve uçurma yöntemi ile elde edilen tuzluluk sonuçları toplu olarak ve fark değerlendirmesiyle birlikte verilmektedir.

İlkbahar 2002'ye ait sonuçların değerlendirilmesi Tablo 5.142'de bulunmaktadır. Şekil 5.14'te ilkbahar 2002 tuzluluk sonuçlarının kıyaslanması grafiksel gösterimle yer almaktadır.



Şekil 5.14: İlkbahar 2002 Örneklerinin Kıyaslanması

Tablo 5.142: Nötron Aktivasyon Analizi ve Uçurma Yönteminin İlkbahar 2002 Sonuçları İçin Kıyaslanması

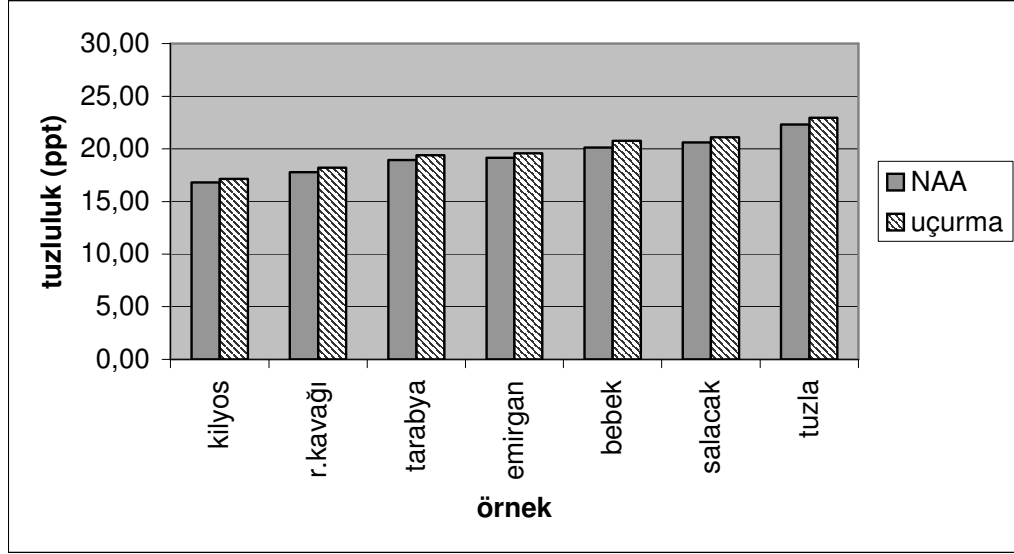
Örnek	NAA Tuzluluk (ppt)	Uçurma Tuzluluk (ppt)	Fark	Fark (%)	Mutlak Fark (%)
Rumelikavağı	17,19±1,05	18,63±0,66	-1,44	-8,38	8,38
Tarabya	18,56±1,11	19,73±0,61	-1,17	-6,30	6,30
Emirgan	19,53±1,81	19,79±0,63	-0,26	-1,33	1,33
Bebek	20,75±1,70	21,12±0,60	-0,37	-1,78	1,78
Tuzla	22,93±1,54	23,73±0,69	-0,80	-3,49	3,49
Ortalama			-0,82	-4,26	4,26

Tablo 5.143: Nötron Aktivasyon Analizi ve Uçurma Yönteminin İlkbahar 2003 Sonuçları İçin Kıyaslanması

Örnek	(NAA) Tuzluluk (ppt)	Uçurma Tuzluluk (ppt)	Fark	Fark (%)	Mutlak Fark (%)
Kilyos	16,81±1,11	17,12±0,74	-0,31	-1,84	1,84
Rumelikavağı	17,78±1,13	18,23±0,67	-0,45	-2,53	2,53
Tarabya	18,92±0,54	19,39±0,70	-0,47	-2,48	2,48
Emirgan	19,15±0,86	19,58±0,89	-0,43	-2,24	2,24
Bebek	20,12±1,76	20,75±0,86	-0,63	-3,13	3,13
Salacak	20,61±2,04	21,11±0,72	-0,50	-2,42	2,42
Tuzla	22,30±1,18	22,97±0,80	-0,67	-3,00	3,00
Ortalama			-0,49	-2,52	2,52

Tablo 5.143'te ilkbahar 2003 sonuçlarının kıyaslanması verilmektedir.

Şekil 5.15'te ilkbahar 2003 örneklerinin kıyaslanmasının grafiksel gösterimi verilmektedir.



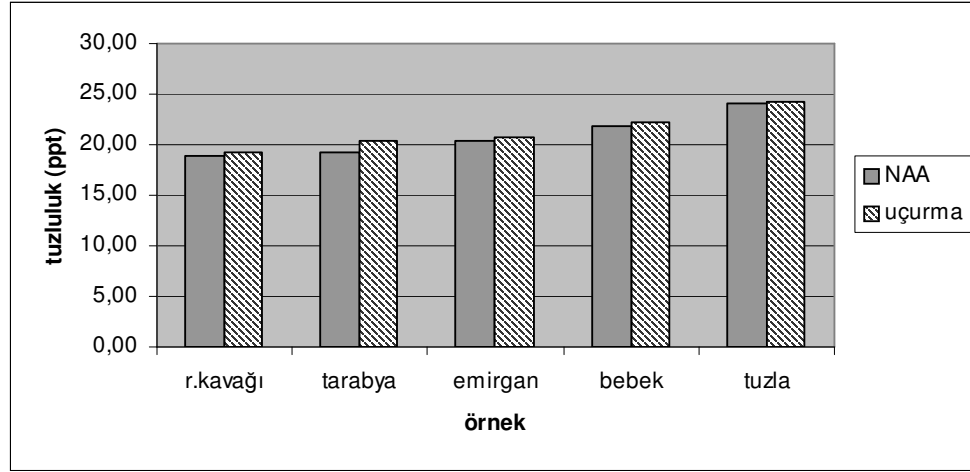
Şekil 5.15: İlkbahar 2003 Örneklerinin Kıyaslanması

5.3.5.2 Yaz Sonuçlarının Kıyaslanması

Çalışılan bölgeden elde edilen numunelerin yaz dönemine ait tuzluluk sonuçları toplu olarak Tablo 5.144' de irdelenerek verilmektedir. Şekil 5.16'da yaz dönemine ait tuzluluk sonuçlarının kıyaslanması yer almaktadır.

Tablo 5.144: Nötron Aktivasyon Analizi ve Uçurma Yönteminin Yaz Sonuçları İçin Kıyaslanması

Örnek	NAA Tuzluluk (ppt)	Uçurma Tuzluluk (ppt)	Fark	Fark (%)	Mutlak Fark (%)
Rumelikavağı	18,86±0,70	19,18±0,70	-0,32	-1,70	1,70
Tarabya	19,12±0,49	20,36±0,60	-1,24	-6,49	6,49
Emirgan	20,40±1,19	20,74±0,69	-0,34	-1,67	1,67
Bebek	21,81±0,88	22,13±0,68	-0,32	-1,47	1,47
Tuzla	23,99±1,57	24,17±1,03	-0,18	-0,75	0,75
Ortalama			-0,48	-2,41	2,41



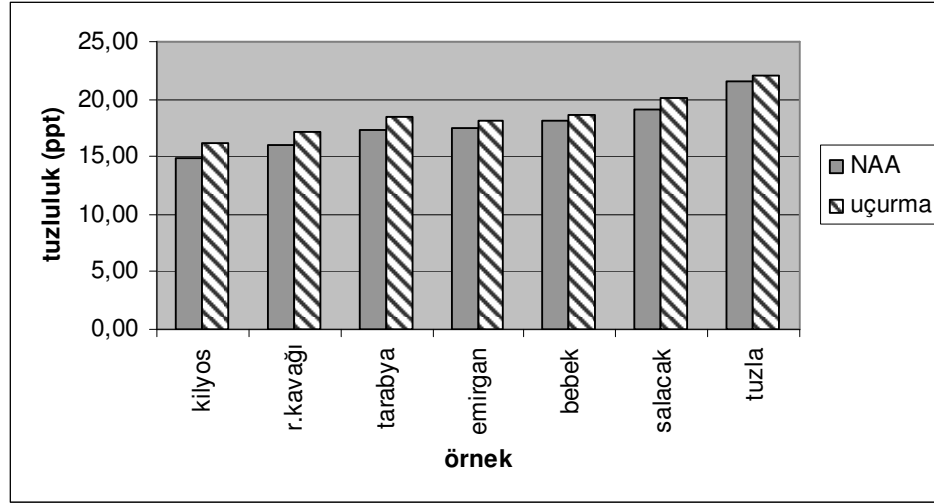
Şekil 5.16: Yaz 2002 Örneklerinin Kıyaslanması

5.3.5.3 Sonbahar Sonuçlarının Kıyaslanması

Çalışılan bölgeden elde edilen numunelerin sonbahar dönemine ait tuzluluk sonuçları toplu olarak Tablo 5.145’ te verilmektedir. Şekil 5.17’de sonbahar dönemine ait tuzluluk sonuçlarının kıyaslanması bulunmaktadır.

Tablo 5.145: Nötron Aktivasyon Analizi ve Uçurma Yönteminin Sonbahar Sonuçları İçin Kıyaslanması

Örnek	NAA Tuzluluk (ppt)	Uçurma Tuzluluk (ppt)	Fark	Fark (%)	Mutlak Fark (%)
Kilyos	15,79±1,01	16,04±0,58	-0,25	-1,58	1,58
Rumelikavağı	16,68±1,72	17,49±0,54	-0,81	-4,86	4,86
Tarabya	18,04±0,64	18,24±0,66	-0,20	-1,11	1,11
Emirgan	18,65±1,75	19,34±0,63	-0,69	-3,70	3,70
Bebek	19,11±0,44	19,91±0,61	-0,80	-4,19	4,19
Salacak	20,61±2,04	21,27±2,13	-0,66	-3,20	3,20
Tuzla	22,03±2,01	23,37±0,75	-1,34	-6,08	6,08
Ortalama			-0,68	-3,53	3,53



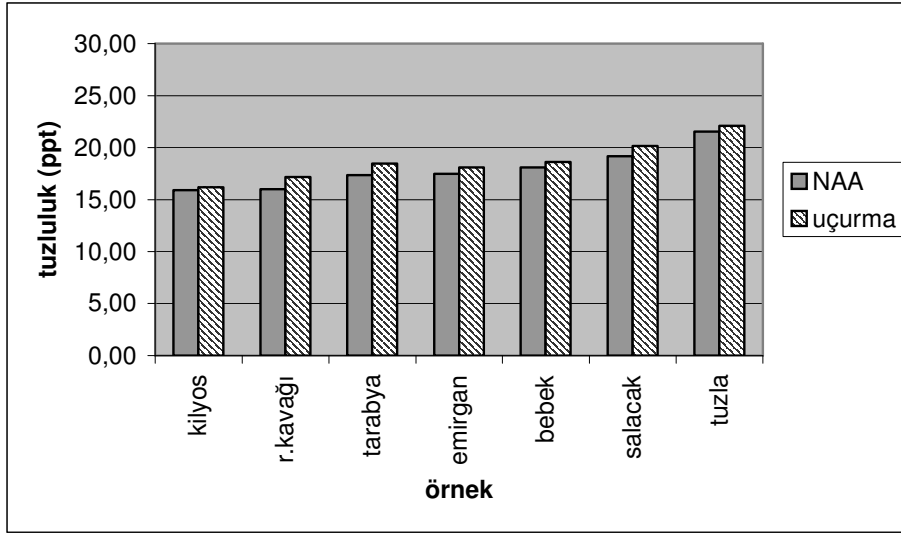
Şekil 5.17: Sonbahar 2002 Örneklerinin Kıyaslanması

5.3.5.4 Kış Sonuçlarının Kıyaslanması

Çalışılan bölgeden elde edilen numunelerin kış dönemine ait tuzluluk sonuçları toplu olarak Tablo 5.146’ da verilmektedir. Grafiksel olarak kıyaslama Şekil 5.18’de bulunmaktadır.

Tablo 5.146: Nötron Aktivasyon Analizi ve Uçurma Yönteminin Kış Sonuçları İçin Kıyaslanması

Örnek	NAA Tuzluluk (ppt)	Uçurma Tuzluluk (ppt)	Fark	Fark (%)	Mutlak Fark (%)
Kilyos	14,91±1,31	16,19±0,56	-1,28	-8,58	8,58
Rumelikavağı	16,01±1,60	17,20±0,59	-1,19	-7,43	7,43
Tarabya	17,09±1,57	18,09±0,64	-1,00	-5,85	5,85
Emirgan	17,80±1,89	18,45±0,65	-0,65	-3,65	3,65
Bebek	18,07±0,30	18,62±0,70	-0,55	-3,04	3,04
Salacak	19,19±1,41	20,17±0,65	-0,98	-5,10	5,10
Tuzla	21,56±2,06	22,10±0,67	-0,54	-2,50	2,50
Ortalama			-0,88	-5,16	5,16



Şekil 5.18: Kış 2003 Örneklerinin Kıyaslanması

5.3.5.5 Nötron Aktivasyon Analiziyle Kıyaslanan Uçurma Sonuçlarının Genel Değerlendirilmesi

Yukarıdaki bölümlerde detaylı olarak incelenen nötron aktivasyon analizi yöntemiyle uçurma yöntemi sonuçlarının topluca kıyaslanması Tablo 5.147’de verilmektedir.

Tablo 5.147: Kıyaslanan Nötron Aktivasyon Analiziyle Uçurma Yöntemi Sonuçlarının Toplu Gösterimi

Mevsim	Genel Ortalama Fark	Genel Yüzde Fark	Genel Mutlak Fark
İlkbahar	-0,82	-4,30	4,30
Yaz	-0,48	-2,41	2,41
Sonbahar	-0,68	-3,53	3,53
Kış	-0,88	-5,16	5,16
İlkbahar	-0,49	-2,52	2,52
Ortalama	-0,67	-3,58	3,58

5.3.5.6 Kontrol Grubu Sonuçlarının Kıyaslanması

Kontrol Grubu olarak seçilen Ağustos 2005 dönemine ait tuzluluk sonuçlarının kıyaslanması Tablo 5.148’de bulunmaktadır.

Tablo 5.148: Kontrol Grubu Nötron Aktivasyon Analizi Sonuçlarının Uçurma Sonuçlarıyla Kıyaslanması

Örnek	NAA Tuzluluk (ppt)	Uçurma Tuzluluk (ppt)	Fark	Fark (%)	Mutlak Fark (%)
Kilyos	17,21±0,83	17,14±0,67	0,07	0,41	0,41
Rumelikavağı	18,46±0,82	18,63±0,72	-0,17	-0,92	0,92
Tarabya	18,91±0,53	19,08±0,70	-0,17	-0,89	0,89
Emirgan	19,65±1,18	19,92±0,71	-0,27	-1,37	1,37
Bebek	20,81±0,43	20,78±0,72	0,03	0,14	0,14
Salacak	21,29±1,20	21,22±0,76	0,07	0,33	0,33
Tuzla	23,69±0,93	24,04±0,81	-0,35	-1,48	1,48
Ortalama			-0,11	-0,54	0,79

5.3.6 Literatür Değerleriyle Uçurma ve Nötron Aktivasyon Analizi Deney Sonuçlarının İrdelenmesi

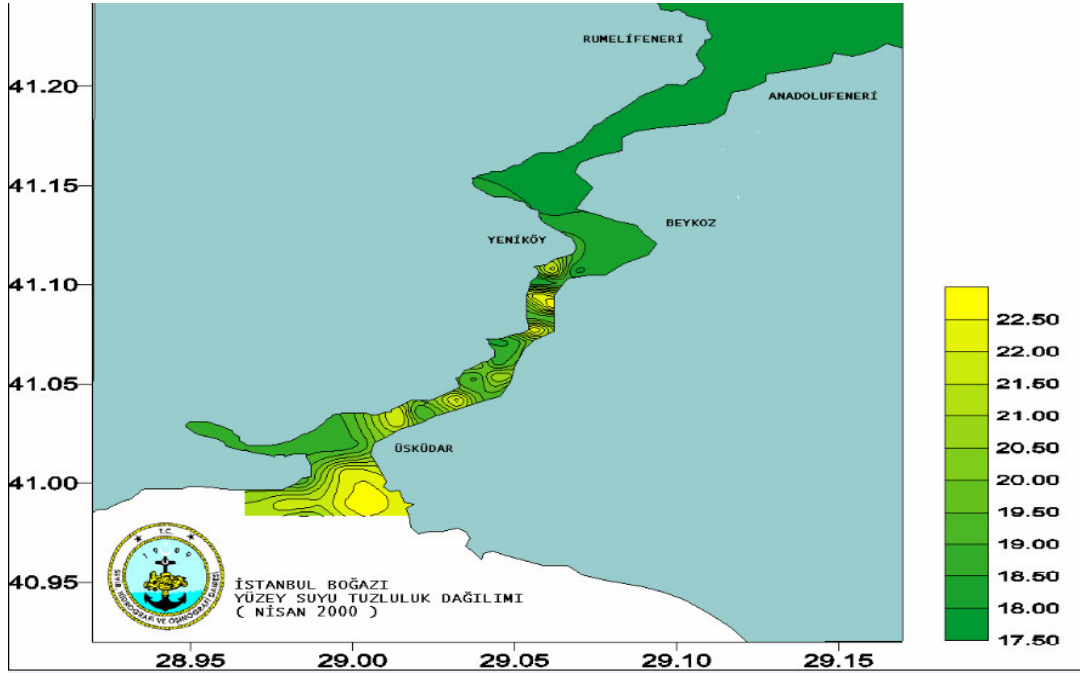
İki farklı deneysel yöntemle elde edilen tuzluluk değerlerinin literatür değerleriyle kıyaslanması yoluna gidilmiştir. Bu sınama için İstanbul Boğazı'nın Nisan 2000 dönemindeki tuzluluk değerleri temin edilmiştir. Şekil 5.19'da ilgili döneme ait tuzluluk sonuçları literatürden edinildiği harita üzerinde verilmektedir. İlkbahar 2002 tuzluluk sonuçlarının kıyaslanması Tablo 5.149 ve Tablo 150'de verilmektedir.

Tablo 5.149: İlkbahar 2002 Nötron Aktivasyon Analizi Sonuçlarının Literatür Verileriyle Kıyaslanması

Numune	Tuzluluk(ppt)	NAA Tuzluluk (ppt)	Fark	Fark (%)	Mutlak Fark(%)
Rumelikavağı	17,50-18,00	17,19±1,05	-0,81	-4,71	4,71
Tarabya	18,50-19,00	18,56±1,11	-	-	-
Emirgan	19,00-19,50	19,53±1,81	0,03	0,15	0,15
Bebek	20,00-20,50	20,75±1,75	0,25	1,20	1,20
Ortalama			-0,13	-0,84	1,51

Tablo 5.150: İlkbahar 2002 Uçurma Sonuçlarının Literatür Verileriyle Kıyaslanması

Numune	Tuzluluk(ppt)	Uçurma Tuzluluk (ppt)	Fark	Fark (%)	Mutlak Fark(%)
Rumelikavağı	17,50-18,00	18,63±0,66	0,63	3,38	3,38
Tarabya	18,50-19,00	19,73±0,61	0,73	3,67	3,67
Emirgan	19,00-19,50	19,79±0,63	0,29	1,46	1,46
Bebek	20,00-20,50	21,12±0,60	0,62	2,93	2,93
Ortalama			0,57	2,86	2,86



Şekil 5.19: Nisan 2000 İstanbul Boğazı Tuzluluk Haritası
(<http://www.shodb.gov.tr>)

Tablo 5.151 ve Tablo 5.152'de İlkbahar 2003 sonuçlarının literatür verileriyle kıyaslanması verilmektedir.

Tablo 153'te ise literatür sonuçlarıyla yapılan karşılaştırmanın genel değerlendirmesi verilmektedir.

Tablo 5.151: İlkbahar 2003 Nötron Aktivasyon Analizi Sonuçlarının Literatür Verileriyle Kıyaslanması

Numune	Tuzluluk(ppt)	NAA Tuzluluk (ppt)	Fark	Fark (%)	Mutlak Fark(%)
Rumelikavağı	17,50-18,00	17,78±1,13	-	-	-
Tarabya	18,50-19,00	18,92±0,54	-	-	-
Emirgan	19,00-19,50	19,15±0,86	-	-	-
Bebek	20,00-20,50	20,12±1,76	-	-	-
Salacak	20,50-21,00	20,61±2,04	-	-	-
Ortalama			-	-	-

Tablo 5.152: İlkbahar 2003 Uçurma Sonuçlarının Literatür Verileriyle Kıyaslanması

Numune	Tuzluluk(ppt)	Uçurma Tuzluluk (ppt)	Fark	Fark (%)	Mutlak Fark(%)
Rumelikavağı	17,50-18,00	18,23±0,67	0,23	1,26	1,26
Tarabya	18,50-19,00	19,39±0,70	0,39	2,01	2,01
Emirgan	19,00-19,50	19,58±0,89	0,08	0,41	0,41
Bebek	20,00-20,50	20,75±0,86	0,25	1,20	1,20
Salacak	20,50-21,00	21,10±0,72	0,10	0,47	0,47
Ortalama			0,21	1,07	1,07

Tablo 5.153: Literatür Kıyaslaması Yapılan Sonuçların Toplu Gösterimi

Numune	Genel Ortalama Fark	Genel Ortalama Yüzde Fark (%)	Genel Ortalama Yüzde Mutlak fark (%)
İlkbahar 2002 (uçurma)	0,57	2,86	2,86
İlkbahar 2002 (NAA)	-0,13	-0,84	1,51
İlkbahar 2003 (uçurma)	0,21	1,07	1,07
İlkbahar 2003 (NAA)	-	-	-
Ortalama	0,16	0,77	1,36

6. MATEMATİK MODELLEME

Bu doktora tez çalışmasında deneysel olarak, farklı tuzluluktaki karışım bölgelerinin tuzluluk tayininin yeni bir yöntem olarak ileri sürülen nötron aktivasyon analiziyle yapılması amaçlanmıştır. Bu maksatla da konuya uygunluğu açısından dünyanın önemli deniz karışım bölgelerinden birinin seçilmesi benimsenmiştir.

Çalışılacak deniz karışım bölgesinin, genel karışım bölgesi karakteri taşıması çalışmamızın da, daha genel karakterli olması bakımından önem arz etmektedir. Bu bağlamda, deniz karışım bölgesi temsili için, çalışılacak bölge olarak İstanbul Boğazı belirlenmiş ve elde edilen deneysel sonuçlar Bölüm 5 içinde detaylı olarak verilmiştir.

Bu doktora tez çalışmasında yapılması planlanan diğer bir araştırma da elde edilen deneysel sonuçlardan hareketle İstanbul Boğazı'nın yüzeysel tuzluluk dağılımının matematik bir model oluşturularak irdelenmesidir. Matematik modelimizin yer ve zamana bağımlı olması deneysel sonuçlarımız uzantısında (Şekil 5.1- Şekil 5.11) önerilmektedir.

6.1 Modelleme Kabulleri

Buna göre İstanbul Boğazı yüzey tuzluluk dağılımının $\mathcal{S}(x,t)$ olarak ifade edilebileceği öngörüsünde bulunulabilir (x , Karadeniz giriş noktasına, istenilen noktanın km cinsinden konumunu; t ise mevsimsel olarak zamanı göstermektedir).

İstanbul Boğazı yüzey tuzluluk dağılımına ilişkin yere ve zamana bağımlı bir fonksiyon önerisinde bulunurken;

1. İstanbul Boğazı yüzey tuzluluk değişiminin yere ve zamana bağlı değişim fonksiyonlarının birbirinden bağımsız olarak düşünülebileceği, dolayısıyla birbirinden ayrı fonksiyonlar olduğu,
2. İstanbul Boğazı için numune toplanan bölgeler içinde (boğaz sınırlarının dışına taşan) en kuzey numune noktası olan Kilyos ve en güney numune alım

noktası olan Tuzla tuzluluk değerlerinin fonksiyonlar için sınır değer olarak alınabileceği,

3. Yıllık devinimin mevsimsel olduğu
4. İstanbul Boğazının yüzey tuzluluk değişimine derinlik değişiminin etkisinin olmadığı,

Kabullerinin geçerli olduğu varsayılmaktadır. Burada yapılan bu kabuller gerçekte, hal belirlemesi niteliğinde olup, realiteye önemli ölçüde uyduğu düşünülmektedir.

Söz konusu kabuller çerçevesinde İstanbul Boğazı yüzey tuzluluk değişim fonksiyonu

$$\mathcal{S}(x,t) = \chi(x) \cdot \tau(t) \quad (6.1)$$

olarak yazılabileceği öngörülmektedir.

Burada,

$\mathcal{S}(x,t)$: yere ve zamana bağlı yüzey tuzluluk fonksiyonu

$\chi(x)$: yere bağlı yüzey tuzluluk fonksiyonunu

$\tau(t)$: zamana bağlı yüzey tuzluluk fonksiyonunu

temsil etmektedir.

6.2 Yere Bağlı Modelleme

İstanbul Boğazı boyunca oluşan yüzeysel tuzluluk değişiminin kuzeyde Karadeniz'den Marmara Denizi'ne gelindikçe artış gösterdiği tespit edilmiştir. Bu husus inceleme yapılan dört mevsim için de benzer şekilde görülmüştür. (Şekil 5.1 – Şekil 5.4)

Deneyisel verilerin dikkatle irdelenmesi sonucunda, Karadeniz'den İstanbul Boğazı'na giren yüzey akış suyunun tuzluluğunun eksponansiyel bir değişim içinde olduğu izlenimi edinilmiştir. Bu bağlamda yere bağlı değişim için eksponansiyel bir fonksiyon önerilmesi benimsenmiştir. Böylece İstanbul Boğazı yüzey tuzluluk değişiminin yere bağlı olarak

$$\chi(x) = \chi_0 \exp(\beta x / L) \quad (6.2)$$

şeklinde ifade edilebileceği önerilmektedir.

Burada,

$\chi(x)$: İstanbul Boğazında herhangi bir noktadaki yüzey tuzluluğu (ppt)

χ_0 : Karadeniz'den İstanbul Boğazı'na giren yüzeysel akış suyunun mevsime ait tuzluluğu (ppt)

β : Yüzey tuzluluğunun yere bağlı dağılım katsayısı

x : Yüzey tuzluluğu tayin edilecek noktanın Karadeniz'den uzaklığı (km)

L : İstanbul Boğazı'nın boyu (31 km)

olarak ifade edilmektedir.

Denklem 6.2'deki belki de en önemli parametre β tuzluluk dağılım katsayısıdır. Bu parametre, İstanbul Boğazı yüzey tuzluluğunu karakterize eden bir önem taşımaktadır. Bu bakımdan dikkatle belirlenmesi gerekmektedir.

6.2.1 İstanbul Boğazı Tuzluluk Dağılım Katsayısının Belirlenmesi

İstanbul Boğazı için β tuzluluk dağılım katsayısının Bölüm 5.1 içinde verilen ve nötron aktivasyon analizi ile elde edilen deney sonuçlarından hareketle tayin edilmesi yoluna gidilmiştir. Bu bağlamda numune alım noktalarının bir referans noktası bağlamında x yönünde koordinatlarının belirlenmesi gerekmektedir.

6.2.1.1 Numune Alım Noktalarının Tanımlanması

Numune alım noktalarımız için koordinat belirlenmesine yönelik referans nokta tayini yoluna gidilmiştir. Referans nokta olarak Karadeniz giriş noktası seçilmiştir.



Şekil 6.1: İstanbul Boğazındaki Numune ve Referans Noktaları
(<http://earth.google.com>)

Numune alım noktaları için mesafelerin bu referans noktasına göre belirlenmesi benimsenmiştir. İstanbul Boğazı giriş referans noktası Kilyos ile aynı yatayda olacak şekilde seçilmiştir. Böylelikle, Kilyos tuzluluk değerlerimiz x ekseninde 0 noktasına karşılık gelmiş olmaktadır.

Şekil 6.1’de referans seçilen nokta ve numune alım noktaları görülmektedir. Mesafelerin hassas olarak belirlenebilmesi için “Google Earth” programı kullanılmıştır (<http://earth.google.com>). Bu programda, önce uydudan alınmış fotoğraflar üzerinde numune alınan noktalar titizlikle belirlenmiş, daha sonra, programın mesafe ölçüm opsiyonu kullanılarak detaylı olarak numune alım noktalarının referans seçtiğimiz noktaya göre koordinatları belirlenmiştir.

Böylelikle, Google Earth programı kullanılarak referans noktasına göre mesafe tayinleri hassas şekilde gerçekleşmiştir. Numune alım noktalarının tayinine ilişkin Google Earth ara yüzeyleri Ek-A’da ayrı ayrı verilmektedir.

Numune alım noktalarına ilişkin Google Earth ile elde edilen uzaklıklar Tablo 6.1’de verilmektedir.

Tablo 6.1: Numune Noktalarının Karadeniz Girişinden Uzaklıkları

Numune Alım Noktası	Karadeniz'den Girişe Göre Uzaklıklar (km)
Rumelikavağı	9,53
Tarabya	14,93
Emirgan	18,78
Bebek	21,32
Salacak	28,56

6.2.1.2 MATLAB ile Tuzluluk Dağılım Katsayısının Belirlenmesi

Bu doktora tez çalışmasında matematik model ile ilgili işlemlerin yapılmasına ilişkin olarak MATLAB 6.5 kullanılmıştır. MATLAB, teknik programlamada kullanılan yüksek performanslı bir dil olarak kabul edilmektedir (**Hagin, 1995**). Programlama, görselleştirme ve kodlamaları birleştirerek, uygun bir ortamda problemlerin ve sonuçlarının matematik notasyonlarla ifade edilmesini sağlamaktadır. MATLAB ile yapılabilecek matematiksel işlemler

- Matematik ve bilgisayar programlama,
- Algoritma oluşturma
- Veri toplama
- Modelleme, simülasyon ve prototip
- Veri analizi, çözümleme ve görselleştirme
- Bilimsel grafiklendirme
- Uygulama geliştirme

olarak sayılabilir (**Mohand, 2000**).

MATLAB temel veri elemanı boyutsuz dizin olan interaktif bir sistem olarak geliştirilmiştir. Bu da çeşitli teknik problemlerin özellikle matris ve vektör förmüllü

olanlarının, interaktif olmayan C veya Fortran programlama dilleriyle yazılmış programlarla çözümlenmesine olanak vermektedir.

MATLAB matris laboratuvarı kelimelerinin kısaltması olarak oluşturulmuştur. Bu program ilk önce matris yazılımı geliştirmek üzere LINPACK ve EISPACK projelerinden oluşturulmuştur. Günümüzde LAPACK ve BLAS kütüphanelerini MATLAB motoru birleştirmektedir. Üniversitelerde standart olarak kullanılan bir yazılım halini almıştır.

Regresyon analizi, iki değişkenden birini bağımlı diğerini bağımsız kabul ettiğimiz durumda bize ilişkiyi ifade eden bir denklem vermektedir. Ancak regresyon analizi ilişkinin kuvveti ve derecesi hakkında kesin bir bilgi sağlayamamaktadır. Bu bilgi için korelasyon analizine ihtiyaç bulunmaktadır. Gerek regresyon ve gerekse korelasyon analizinin önemli bir varsayımı eldeki veriler yardımıyla inceleme konusu değişkenler arasındaki gerçek ilişkinin bir tahminin yapılabileceğidir (Köksal, 1995).

Regresyon analizi,

- İki değişkenli basit regresyon analizi
- İki değişkenli çoklu lineer regresyon
- Çoklu regresyon
- Fonksiyon formulu regresyon modelleri

şekillerde olabilmektedir. Temel olarak hangi tip olursa olsun iki değişkenli basit regresyon analizine dönüştürülerek çözümlenmektedir.

Bu doktora tezi kapsamında yapılmış olan deneysel verilerde elde edilen sonuçların uyabileceği matematiksel fonksiyon olan eksponansiyel fonksiyonun regresyon analizi fonksiyon formulu regresyon analizi konusuna uymaktadır. Bizim elde ettiğimiz sonuçlar da Denklem 6.3 şeklinde ifade edilebilmektedir.

$$Y = A \exp(\beta x) \quad (6.3)$$

Bu bağlamda, Denklem 6.3'teki ilişkinin basit regresyona uyabileceği bir başka deyişle

$$y = mx + c \quad (6.4)$$

şekline dönüştürülmesi gerekmektedir. Bunun için Denklem 6.3'ün doğal logaritması alınınca basit regresyon analizi şekline dönüşmesi gerçekleşmektedir.

$$\ln Y = \ln A + \ln(\exp(\beta x)) \quad (6.5)$$

$$\ln Y = \ln A + \beta x \quad (6.6)$$

Denklem 6.6 ile regresyon analizimiz “fonksiyon formulu regresyon modellemesi”nden “iki değişkenli basit regresyon”a dönüşmüş olmaktadır.

Böylece

$$m = \beta \quad (6.7)$$

$$c = \ln A \quad (6.8)$$

olmaktadır. Bu bağlamda en küçük kareler yöntemi kullanılarak elde edilen m ve c katsayılarını bulma denklemleri kullanılabilir olmaktadır (**Gujarati, 1999**).

Oluşturulan regresyonun eldeki verilerle ne kadar uyumlu olduğunun test edilmesi gerekmektedir. Bu bağlamda bulunması gereken sabit, r^2 olmaktadır. r^2 , 0 ile 1 arasında değişen ve 1'e ne kadar yakın olursa o kadar uyumlu bir regresyon yapılmış olması anlamına gelen bir sabit durumundadır.

r^2 ifadesi;

$$r^2 = 1 - \frac{\sum e_i^2}{\sum y_i^2} \quad (6.9)$$

olarak belirlenmektedir (**Gujarati, 1999**).

burada,

e_i^2 : regresyon çizgisi etrafında Y'nin beklenmedik değişimleri

y_i^2 : örneğin ortalamasından Y değerlerinin değişimi

şeklinde ifade edilebilmektedir (**Gujarati, 1999**).

Bu bağlamda MATLAB ile yapılmış olan regresyon analizi sonuçlarında istatistiksel değerlerde r^2 sabitleri de her bir analiz için verilmektedir. MATLAB ile regresyon analizi birkaç aşamadan oluşmaktadır.

1. Eldeki verilerin programa girilmesi.

Bu aşamada deneysel olarak elde ettiğimiz numune noktalarının tuzluluk değerlerinin İstanbul Boğazı'nın Karadeniz girişinden olan uzaklıkları grafiğin x değişkenini, deneysel olarak elde edilen tuzluluk değerleri de y değişkenini oluşturmaktadır. Burada girilen veriler matris formatına dönüştürülmektedir. Oluşan matris arayüzleri Ek-B'de, Bölüm B1 içinde her numune alım noktası için ayrı ayrı verilmektedir.

2. Girilen verilerin analiz için tanımlanması.

Bir önceki aşamada sisteme tanıtılan x ve y verilerinin analiz için tanımlanması gerekmektedir. MATLAB ara yüzey x ve y verilerinin girilmesinin ardından yeni bir ara yüzey gelişmektedir. Oluşan diğer arayüzler yine Ek-B'de Bölüm B2 içinde verilmektedir. Verilerin tanımlanması yapıldıktan sonra data set oluşmakta ve program çalışmaktadır. Yaklaşık bir dakikalık bir çözme zamanından sonra istenilen regresyon analizi sonucu değerleri istatistiksel sonuçlarla beraber elde edilmiştir. Her mevsim için numune alım noktalarının analiz sonuçlarının alındığı ara yüzeyler olarak elde edilen sonuç çıktıları da yine Ek-B'de Bölüm B2 içinde verilmektedir. MATLAB programı kullanılarak tuzluluk dağılım katsayısı için elde edilen sonuçlar toplu halde Tablo 6.2'de görülmektedir.

Tablo 6.2: Regresyon Sonuçları

Mevsim	β	r^2
İlkbahar	0,22	0,87
Yaz	0,28	0,89
Sonbahar	0,19	0,77
Kış	0,21	0,87
Ortalama	0,22	0,85

Böylelikle regresyon analizi ile MATLAB programı kullanılarak tuzluluk dağılım katsayısı kabul edilebilir r^2 değerleri ile tayin edilebilmiştir.

Bu durumda, İstanbul Boğazı tuzluluk dağılım katsayısı;

$$\beta = 0,22 \quad (6.10)$$

olarak alınmıştır. Denklem 6.2,tespit edilen β tuzluluk dağılım katsayısıyla, şimdi önerilen korelasyon;

$$\chi (x) = \chi_0 \exp (0,22 \times x / L) \quad (6.11)$$

şeklinde yazılabilir (**Karaaslan, 2005**)

Böylelikle, İstanbul Boğazı yüzey tuzluluk değişimine ilişkin yere bağımlı fonksiyon (Denklem 6.11 olarak) önerilmiş olmaktadır.

6.2.2 Önerilen Yere Bağımlı Fonksiyonun İrdelenmesi

Öncelikle, önerilen fonksiyon çerçevesinde, Denklem 6.11'den hareketle İstanbul Boğazı boyunca Karadeniz'den Marmara Denizi'ne doğru tuzluluk değerleri hesaplanmıştır. Böylelikle, numune alım noktalarına karşı gelecek mesafeler için tuzluluk değerleri belirlenmiştir.

Bundan sonra önerilen korelasyon ile hesaplanan tuzluluk değerlerinin deney sonuçları ile kıyaslanarak irdelenmesi yoluna gidilmiştir. β tuzluluk dağılım katsayısı nötron aktivasyon analizi sonuç değerlerinden hareketle tayin edildiği için kıyaslamalar bu teknikle olan sonuçlarla yapılmamıştır. Buna karşın, regresyon analizinde kullanılmayan uçurma yöntemi deney değerleri ile yapılmıştır.

Aşağıdaki alt bölümler içinde farklı mevsimler için uçurma yöntemiyle elde edilen deney sonuçlarıyla hesaplanan tuzluluk değerlerinin önerilen matematik modelle kıyaslanması verilmektedir.

6.2.2.1 İlkbahar Mevsimi Deney Sonuçlarının Modelle Kıyaslanması

Deneyssel olarak sonuçları bulunan iki ilkbahar mevsimi tuzluluk değerleri ayrı ayrı irdelenmiş bulunmaktadır.

İlkbahar 2002 mevsimine ait kıyaslamalar Tablo 6.3'te, ilkbahar 2003 mevsimininkiler ise Tablo 6.4'te verilmektedir. ($\chi_0 = 16,8$ ppt)

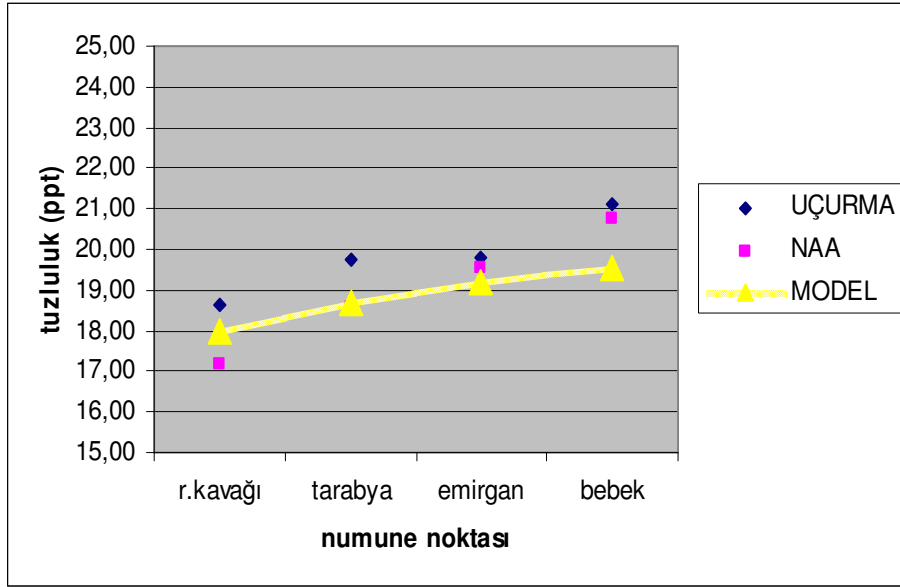
Tablo 6.3: İlkbahar 2002 Mevsimine Ait Tuzluluk Sonuçlarının Modelle Kıyaslanması

Örnek	Uçurma Tuzluluk (ppt)	Modelleme Tuzluluk (ppt)	Fark	Yüzde Fark (%)	Yüzde Mutlak Fark (%)
Rumelikavağı	18,63±0,66	17,99	0,64	3,44	3,44
Tarabya	19,73±0,61	18,69	1,04	5,27	5,27
Emirgan	19,79±0,63	18,21	1,58	7,98	7,98
Bebek	21,12±0,60	19,56	1,56	7,39	7,39
Ortalama			1,21	6,02	6,02

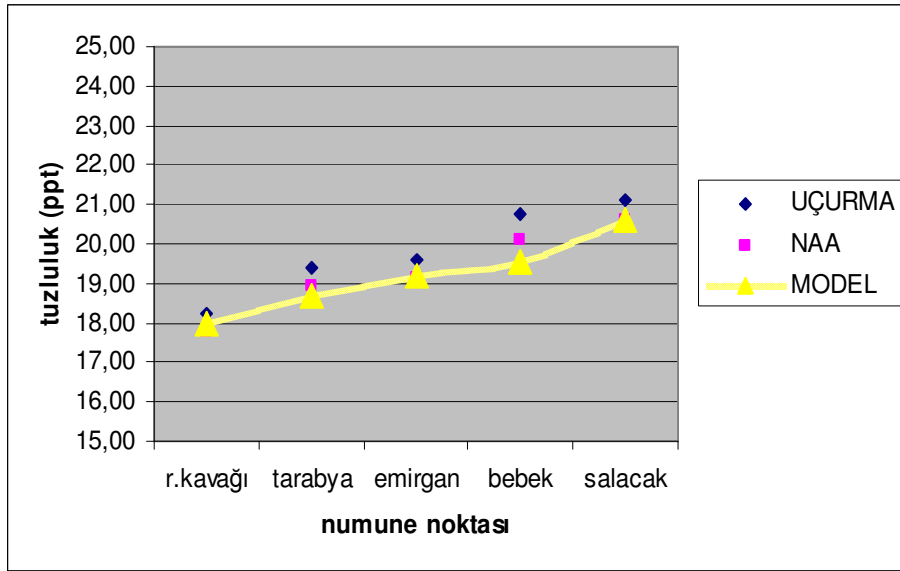
Tablo 6.4: İlkbahar 2003 Mevsimine Ait Tuzluluk Sonuçlarının Modelle Kıyaslanması

Örnek	Uçurma Tuzluluk (ppt)	Modelleme Tuzluluk (ppt)	Fark	Yüzde Fark (%)	Yüzde Mutlak Fark (%)
Rumelikavağı	18,23±0,67	17,99	0,24	1,32	1,32
Tarabya	19,39±0,70	18,69	0,70	3,61	3,61
Emirgan	19,58±0,89	18,21	1,37	7,00	7,00
Bebek	20,75±0,86	19,56	1,19	5,73	5,73
Salacak	21,11±0,72	20,21	0,88	4,17	4,17
Ortalama			0,87	4,37	4,37

Şekil 6.2 ve Şekil 6.3’de deneysel sonuçların önerilen modelle karşılaştırılması grafiksel olarak verilmektedir.



Şekil 6.2: İlkbahar 2002 Mevsimine Ait Deneysel Tuzluluk Sonuçlarının Modelle Kıyaslanması



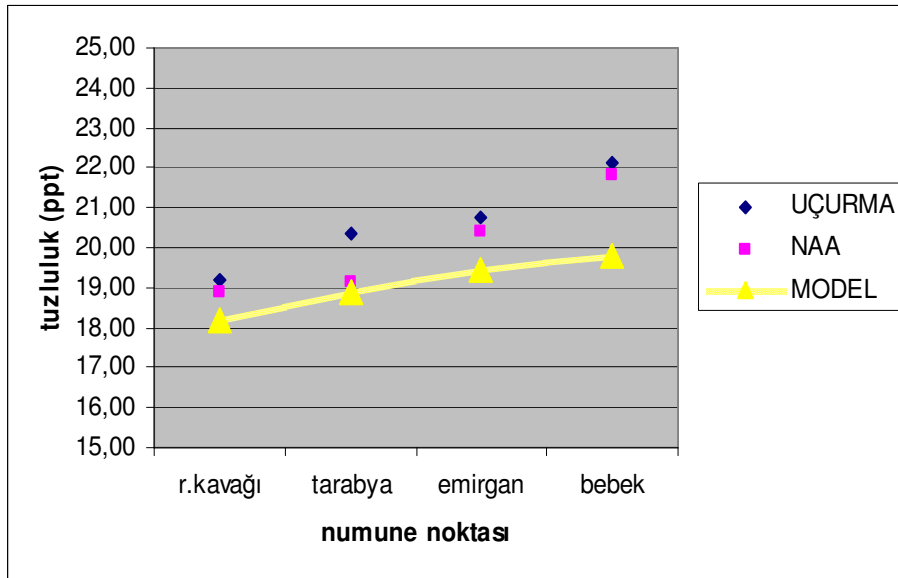
Şekil 6.3: İlkbahar 2003 Mevsimine Ait Deneysel Tuzluluk Sonuçlarının Modelle Kıyaslanması

6.2.2.2 Yaz Mevsimi Deney Sonuçlarının Modelle Kıyaslanması

Yaz 2002 mevsimine ait kıyaslamalar Tablo 6.5'te verilmektedir. Şekil 6.4'de deneysel sonuçların önerilen matematik modelle kıyaslanmasının grafiksel olarak gösterimi verilmektedir. ($\chi_0 = 17,0$ ppt)

Tablo 6.5: Yaz Mevsimine Ait Tuzluluk Sonuçlarının Modelle Kıyaslanması

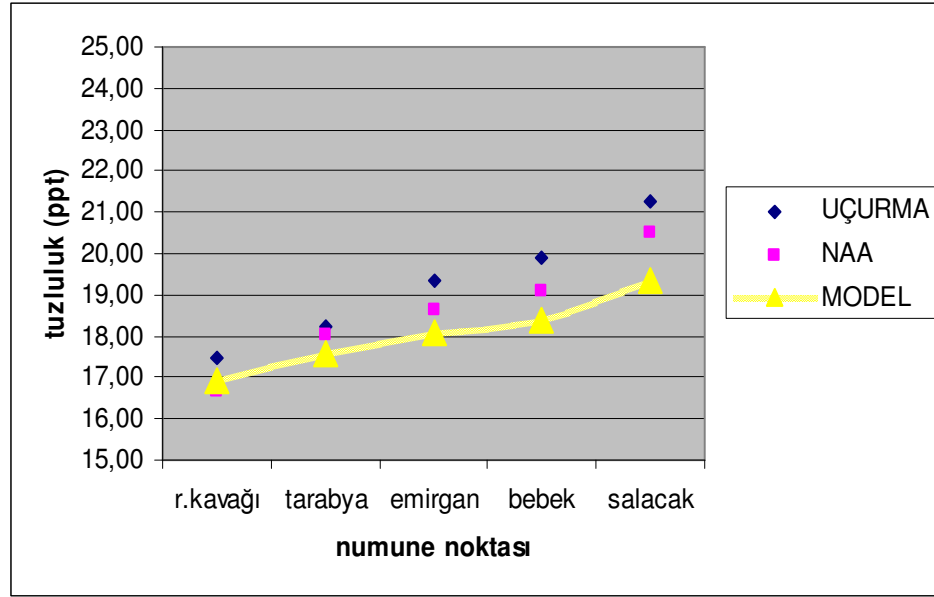
Örnek	Uçurma Tuzluluk (ppt)	Modelleme Tuzluluk (ppt)	Fark	Yüzde Fark (%)	Yüzde Mutlak Fark (%)
Rumelikavağı	19,18±0,70	18,19	0,99	5,16	5,16
Tarabya	20,36±0,60	18,90	1,46	7,17	7,17
Emirgan	20,74±0,69	19,42	1,32	6,36	6,36
Bebek	22,13±0,68	19,78	2,35	10,62	10,62
Ortalama			1,53	7,33	7,33

**Şekil 6.4:** Deneysel Sonuçların Modelle Yaz Mevsimi İçin Kıyaslanması**6.2.2.3 Sonbahar Mevsimi Deney Sonuçlarının Modelle Kıyaslanması**

Sonbahar mevsimine ait kıyaslamalar Tablo 6.6'da verilmektedir. Şekil 6.5'te deneysel sonuçların önerilen matematik modelle kıyaslanmasının grafiksel olarak gösterimi verilmektedir. ($\chi_0 = 15,8$ ppt)

Tablo 6.6: Sonbahar Mevsimine Ait Tuzluluk Sonuçlarının Modelle Kıyaslanması

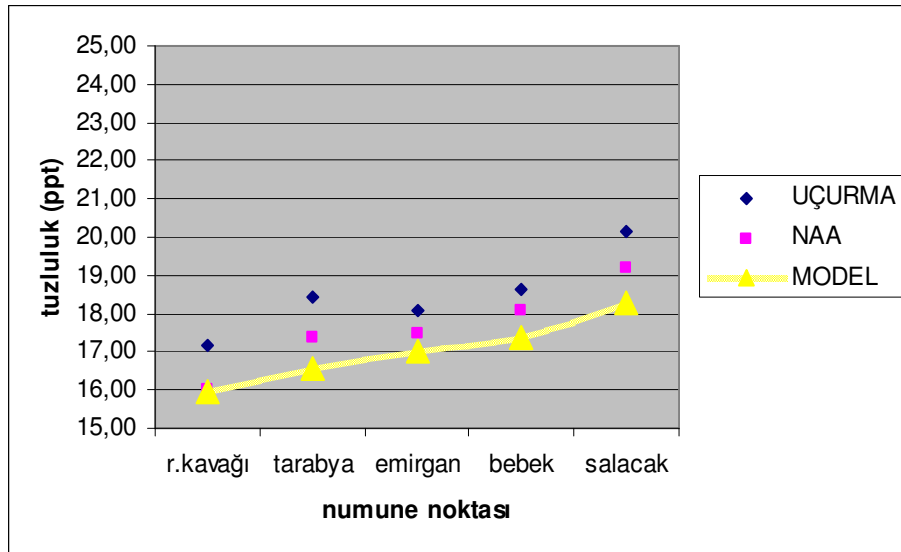
Örnek	Uçurma Tuzluluk (ppt)	Modelleme Tuzluluk (ppt)	Fark	Yüzde Fark (%)	Yüzde Mutlak Fark (%)
Rumelikavağı	17,49±0,54	16,92	0,57	3,26	3,26
Tarabya	18,24±0,66	17,58	0,66	3,62	3,62
Emirgan	19,34±0,63	18,06	1,28	6,62	6,62
Bebek	19,91±0,61	18,39	1,52	7,63	7,63
Salacak	21,27±2,13	19,36	1,91	8,98	8,98
Ortalama			1,19	6,02	6,02

**Şekil 6.5:** Sonbahar Mevsimine Ait Deneysel Tuzluluk Sonuçlarının Modelle Kıyaslanması**6.2.2.4 Kış Mevsimi Deney Sonuçlarının Modelle Kıyaslanması**

Kış mevsimine ait kıyaslamalar Tablo 6.7' de verilmektedir. Şekil 6.6'da deneysel sonuçların önerilen matematik modelle kıyaslanmasının grafiksel olarak gösterimi verilmektedir. ($\chi_0 = 14,9$ ppt)

Tablo 6.7: Kış Mevsimine Ait Tuzluluk Sonuçlarının Modelle Kıyaslanması

Örnek	Uçurma Tuzluluk (ppt)	Modelleme Tuzluluk (ppt)	Fark	Yüzde Fark (%)	Yüzde Mutlak Fark (%)
Rumelikavağı	17,19±0,59	15,95	1,24	7,21	7,21
Tarabya	18,09±0,64	16,58	1,51	8,35	8,35
Emirgan	18,45±0,65	17,04	1,41	7,64	7,64
Bebek	18,62±0,70	17,35	1,27	6,82	6,82
Salacak	20,17±0,65	18,26	1,91	9,47	9,47
Ortalama			1,47	7,90	7,90

**Şekil 6.6:** Kış Mevsimine Ait DeneySEL Tuzluluk Sonuçlarının Modelle Kıyaslanması**6.2.2.5 Yere Bağlı Matematik Modelin Kontrol Grubuyla Sınanması**

Kontrol grubu olarak kullanılacak olan tuzluluk değerleri Ağustos 2005 dönemine aittir. Ağustos 2005 dönemi nötron aktivasyon analizi sonuçları regresyon analizi sonuçlarının dışında bırakıldığı için nötron aktivasyon analizi sonuçlarıyla oluşturulan yere bağlı modelle bu döneme ait nötron aktivasyon analizi deney sonuçlarının da kıyaslanması yoluna gidilmiştir. Bu dönemin nötron aktivasyon analizi ve uçurma yöntemiyle elde edilen sonuçları Bölüm 5 içinde verilmektedir.

Tablo 6.8’de uçurma yöntemi sonuçlarının ve Tablo 6.9’da ise nötron aktivasyon analizi sonuçlarının yere bağlı matematik modelle sınanması bulunmaktadır.

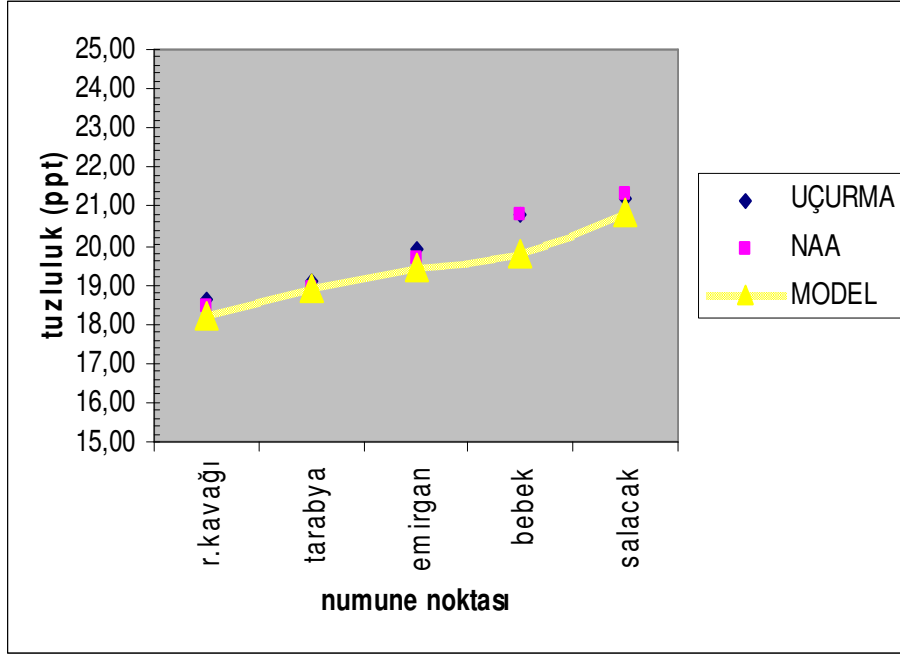
Tablo 6.8: Kontrol Grubu Uçurma Sonuçlarının Matematik Modelle Kıyaslanması

Örnek	Uçurma Yöntemi Tuzluluk (ppt)	Modelleme Tuzluluk (ppt)	Fark	Yüzde Fark (%)	Yüzde Mutlak Fark (%)
Rumelikavağı	18,63±0,72	18,19	0,44	2,36	2,36
Tarabya	19,08±0,70	18,90	0,18	0,94	0,94
Emirgan	19,92±0,71	19,42	0,50	2,51	2,51
Bebek	20,78±0,72	19,78	1,00	4,81	4,81
Salacak	21,22±0,76	20,82	0,40	1,88	1,88
Ortalama			0,50	2,50	2,50

Şekil 6.7’de uçurma yöntemi, nötron aktivasyon analizi yöntemi ve matematik modelin grafiksel olarak gösterimi verilmektedir.

Tablo 6.9: Kontrol Grubu Nötron Aktivasyon Analizi Sonuçlarının Matematik Modelle Kıyaslanması

Örnek	Nötron Aktivasyon Analizi Tuzluluk (ppt)	Modelleme Tuzluluk (ppt)	Fark	Yüzde Fark (%)	Yüzde Mutlak Fark (%)
Rumelikavağı	18,46±0,82	18,19	0,27	1,46	1,46
Tarabya	18,91±0,53	18,90	0,01	0,06	0,06
Emirgan	19,65±1,18	19,42	0,23	1,17	1,17
Bebek	20,81±0,43	19,78	1,03	4,95	4,95
Salacak	21,29±1,20	20,82	0,47	2,21	2,21
Ortalama			0,40	1,97	1,97



Şekil 6.7: Matematik Modelle Kontrol Grubu Sonuçlarının Kıyaslanması

6.2.2.6 Yere Bağlı Matematik Modelin Değerlendirilmesi

Denklem 6.11 çerçevesinde irdelenen deney sonuçları üst bölümlerde ayrıntılı olarak ele alınmış durumdadır. Bu bağlamda oluşan farkların topluca değerlendirilmesi Tablo 6.10'da verilmektedir.

Tablo 6.10: Farkların Uçurma Yöntemi İçin Değerlendirilmesi

Mevsim	Ortalama Fark	Ortalama Yüzde Fark	Ortalama Yüzde Mutlak Fark
İlkbahar	1,21	6,02	6,02
Yaz	1,53	7,33	7,33
Sonbahar	1,19	6,02	6,02
Kış	1,47	7,90	7,90
İlkbahar	0,87	4,37	4,37
Genel Ortalama	1,25	6.33	6.33

6.2.2.7 Başka Dönemlere Ait Referans Tuzluluk Verilerinin Yere Bağlı Modele Uygunluğunun Sınanması

Kontrol grubu deneysel sonuçlarıyla kıyaslanan tarafımızdan önerilen matematik modelin başka bir döneme ait sonuçlarla da değerlendirilmesi yoluna gidilmiştir. Bu sınama için İstanbul Boğazı tuzluluk değerleri Nisan 2000 dönemine ait olarak temin edilmiştir.

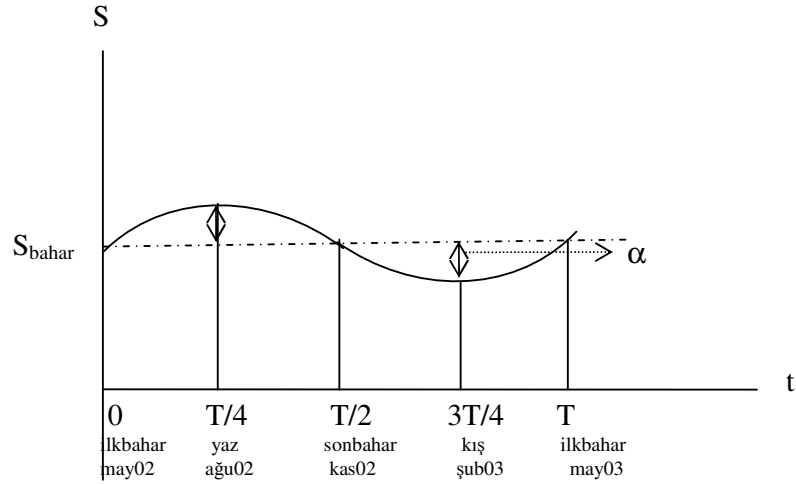
Şekil 5.19’da ilgili döneme ait tuzluluk sonuçları literatürden temin edildiği harita üzerinde verilmektedir. Matematik modelle kıyaslanması Tablo 6.11’de verilmektedir. Söz konusu nisan 2000 dönemine ilişkin literatür verileri ile aynı dönemde fakat farklı yılda tarafımızdan deneysel olarak belirlenen İstanbul Boğazı yüzey tuzluluk değerlerinin mukayesesi ile sınanması yapılmıştır.

Tablo 6.11: Nisan 2000 Dönemi Sonuçlarının Matematik Modelle Kıyaslanması

Numune	Tuzluluk(ppt)	Matematik Model Tuzluluk (ppt)	Fark	Yüzde Fark (%)	Yüzde Mutlak Fark(%)
Rumelikavağı	17,50-18,00	17,99	-	-	-
Tarabya	18,50-19,00	18,69	-	-	-
Emirgan	19,00-19,50	18,21	-0,79	-4,16	4,16
Bebek	20,00-20,50	19,56	-0,04	-0,20	0,20
Salacak	20,50-21,00	20,21	-0,29	-1,41	1,41
Ortalama			-0,11	-1,15	1,15

6.3 Zamana Bağlı Modelleme

İstanbul Boğazı boyunca alınan numunelerin tuzluluk değerlerinin, periyodik bir değişim içinde olduğu gözlemlenmiş (Şekil 6.8) ve matematik model için yapılan kabullerde bu değişimin mevsimsel olduğu varsayılmıştır (Şekil 5.6 - Şekil 5.12). Deneysel verilerin dikkatle irdelenmesi sonucunda her bir numune noktasındaki mevsimsel tuzluluk değişiminin bir sinüzoidal fonksiyon çerçevesinde olduğu izlenimi edinilmiştir. Bu bağlamda zamana bağlı değişim için sinüzoidal bir fonksiyon önerilmesi benimsenmiştir



Şekil 6.8: Zamana Bağlı Modelin Ayrıntıları

Bu doktora tezi bağlamında İstanbul Boğazı yüzey tuzluluk değişiminin zamana bağlı olarak

$$\tau(t) = \tau_0 [1 + \alpha \sin(\omega t)] \quad (6.12)$$

ifade edilebileceği önerilmektedir.

Burada,

$\tau(t)$: İstanbul Boğazı boyunca herhangi bir noktanın istenilen mevsimdeki tuzluluğu

τ_0 : İstanbul Boğazı boyunca herhangi bir noktanın ilkbahar tuzluluğu

α : Tuzluluğun mevsimsel değişim katsayısı

ω : $(2\pi/T)$ açısal hız

t : periyot (yıl)

olarak ifade edilmektedir.

Alınan numunelerin tuzluluk sonuçlarına mevsimsel süreçleri ilkbahar, yaz, sonbahar ve kış olmak üzere üç aylık bir farkla ulaşılmış bulunmaktadır. Her bir noktada periyodik olarak tuzluluğunun değişimini incelemek için önerilen sinüsoidal fonksiyonda, zaman değişkeni de yine periyodik hareket bağlamında bir yıllık süre T (bir tam periyot) olarak alınıp, $T/4$ 'lük (üç aylık, mevsimsel) t zamanlarına ayrılmış bulunmaktadır. Böylece Denklem 6.12 farklı mevsimlerde Tablo 6.12'de verilen biçimleri almaktadır.

Tablo 6.12: Zamana Bağlı Modelin Farklı Mevsimlerdeki Gösterimi

Mevsim	Zaman	Matematik İfade
İlkbahar	$t=0$	$\tau(t) = \tau_0$
Yaz	$t=T/4$	$\tau(t) = \tau_0 [1+\alpha]$
Sonbahar	$t=T/2$	$\tau(t) = \tau_0$
Kış	$t=3T/4$	$\tau(t) = \tau_0 [1-\alpha]$
İlkbahar	$t=T$	$\tau(t) = \tau_0$

6.3.1 Tuzluluğun Mevsimsel Değişim Katsayısının Belirlenmesi

Yere bağlı modelde en önemli parametre olan tuzluluk dağılım katsayısı, β 'nın, itina ile belirlenmesinden sonra, zamana bağlı modelin de en önemli aşamasını tuzluluğun mevsimsel değişim katsayısı olan α 'nın belirlenmesi oluşturmaktadır.

Tuzluluğun mevsimsel değişim katsayısının bulunması için yine MATLAB ile regresyon analizi yapılması yoluna gidilmiştir. MATLAB ile regresyon analizi detaylı olarak Bölüm 6.1.1.2 içinde anlatılmıştır. Burada da benzer uygulama yapılmıştır. Mevsimsel tuzluluk değişim parametresinin belirlenmesinde oluşan MATLAB ara yüzeyleri Ek-C'de verilmektedir. Regresyon sonuçları da Tablo 6.13'te verilmektedir.

Tablo 6.13: Mevsimsel Değişim Katsayısına Ait Regresyon Sonuçları

Numune Noktası	α	r^2
Rumelikavağı	0,082	0,859
Tarabya	0,067	0,508
Emirgan	0,056	0,938
Bebek	0,094	0,836
Ortalama	0,075	0,785

Böylelikle regresyon analizi ile MATLAB programı kullanılarak mevsimsel değişim katsayısı kabul edilebilir r^2 değerleri ile tayin edilebilmiştir

Mevsimsel değişim parametresi;

$$\alpha=0,075$$

olarak ifade edilebilmektedir.

Denklem 6.12 son haliyle;

$$\tau(t) = \tau_0 [1+0,075\sin(\omega t)] \quad (6.13)$$

şeklinde değişmektedir.

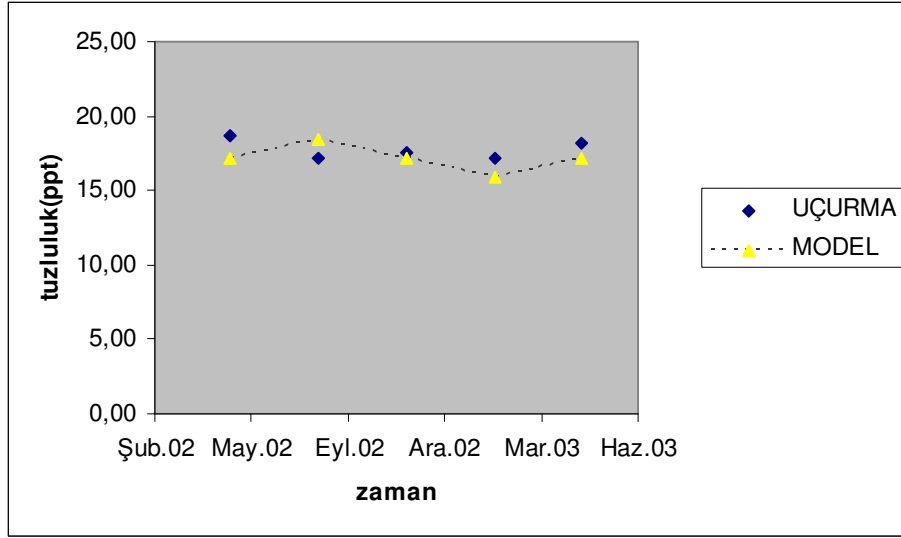
α , mevsimsel tuzluluk değişim katsayısı, nötron aktivasyon analizi sonuç değerlerinden hareketle tayin edildiği için kıyaslamalar bu teknikle olan sonuçlarla yapılmamıştır. Buna karşın, regresyon analizinde kullanılmayan uçurma yöntemi deney değerleri ile yapılmıştır. Aşağıdaki alt bölümler içinde farklı mevsimler için uçurma yöntemiyle elde edilen deney sonuçlarıyla hesaplanan tuzluluk değerlerinin önerilen matematik modelle kıyaslanması verilmektedir.

6.3.1.1 Rumelikavağı Numune Alım Noktasının Mevsimsel Tuzluluk Değişiminin İrdelenmesi

Rumelikavağı numune noktasına ait kıyaslamalar Tablo 6.14'te verilmektedir. Şekil 6.9'da deneysel sonuçların önerilen matematik modelle kıyaslanmasının grafiksel olarak gösterimi verilmektedir.

Tablo 6.14: Rumelikavağı Numune Noktasına Ait Tuzluluk Sonuçlarının Modelle Kıyaslanması

Örnek	Uçurma Tuzluluk (ppt)	Modelleme Tuzluluk (ppt)	Fark	Yüzde Fark (%)	Yüzde Mutlak Fark (%)
İlkbahar	18,63±0,66	17,19	1,44	7,73	7,73
Yaz	19,18±0,70	18,48	0,70	3,65	3,65
Sonbahar	17,49±0,54	17,19	0,30	1,71	1,71
Kış	17,19±0,59	15,90	1,29	7,50	7,50
İlkbahar	18,23±0,67	17,19	1,04	5,70	5,70
Ortalama			0,95	5,26	5,26



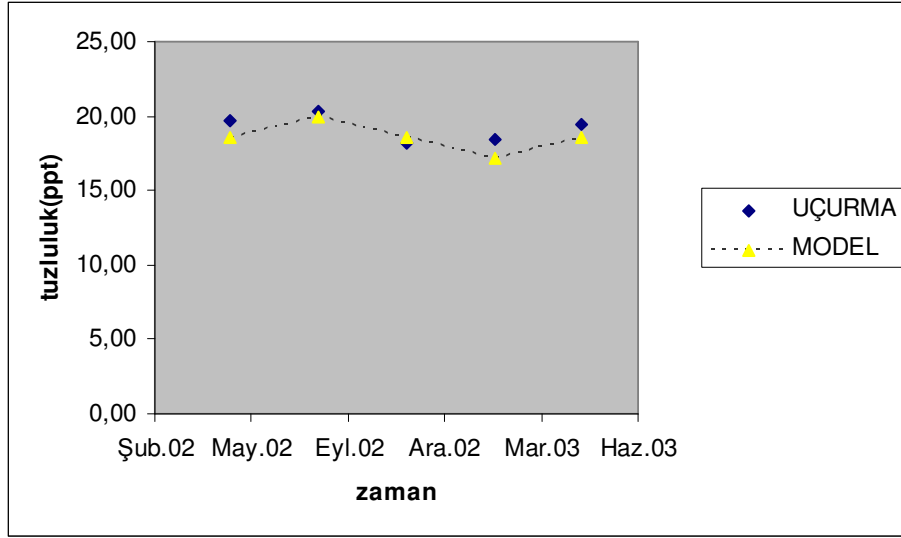
Şekil 6.9: Rumelikavağı Numune Noktası Tuzluluk Sonuçlarının Matematik Modelle Kıyaslanması

6.3.1.2 Tarabya Numune Alım Noktasının Mevsimsel Tuzluluk Değişiminin İrdelenmesi

Tarabya numune noktasına ait kıyaslamalar Tablo 6.15'te verilmektedir. Şekil 6.10'da deneysel sonuçların önerilen matematik modelle kıyaslanmasının grafiksel olarak gösterimi bulunmaktadır.

Tablo 6.15: Tarabya Numune Noktasına Ait Sonuçların Modelle Kıyaslanması

Örnek	Uçurma Tuzluluk (ppt)	Modelleme Tuzluluk (ppt)	Fark	Yüzde Fark (%)	Yüzde Mutlak Fark (%)
İlkbahar	19,73±0,61	18,56	1,17	5,93	5,93
Yaz	20,36±0,60	19,95	0,41	2,01	2,01
Sonbahar	18,24±0,66	18,56	-0,32	-1,75	1,75
Kış	18,09±0,64	17,17	0,92	5,08	5,08
İlkbahar	19,39±0,70	18,56	0,83	4,28	4,28
Ortalama			0,67	3,11	3,81



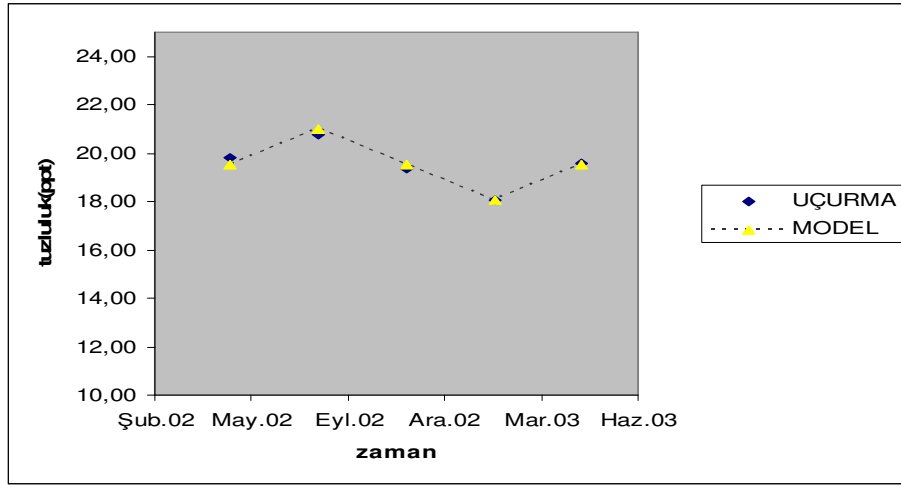
Şekil 6.10: Tarabya Numune Noktası Sonuçlarının Matematik Modelle Kıyaslanması

6.3.1.3 Emirgan Numune Alım Noktasının Mevsimsel Tuzluluk Değişiminin İrdelenmesi

Emirgan numune noktasına ait kıyaslamalar Tablo 6.16'da verilmektedir. Şekil 6.11'de deneysel sonuçların önerilen matematik modelle kıyaslanmasının grafiksel olarak gösterimi verilmektedir.

Tablo 6.16: Emirgan Numune Noktası Sonuçlarının Modelle Kıyaslanması

Örnek	Uçurma Tuzluluk (ppt)	Modelleme Tuzluluk (ppt)	Fark	Yüzde Fark (%)	Yüzde Mutlak Fark (%)
İlkbahar	19,79±0,63	19,53	0,26	1,31	1,31
Yaz	20,75±0,69	20,99	-0,24	-1,16	1,16
Sonbahar	19,34±0,63	19,53	-0,19	-0,98	0,98
Kış	18,09±0,64	18,06	0,03	0,17	0,17
İlkbahar	19,58±0,89	19,53	0,05	0,25	0,25
Ortalama			-0,02	-0,08	0,77



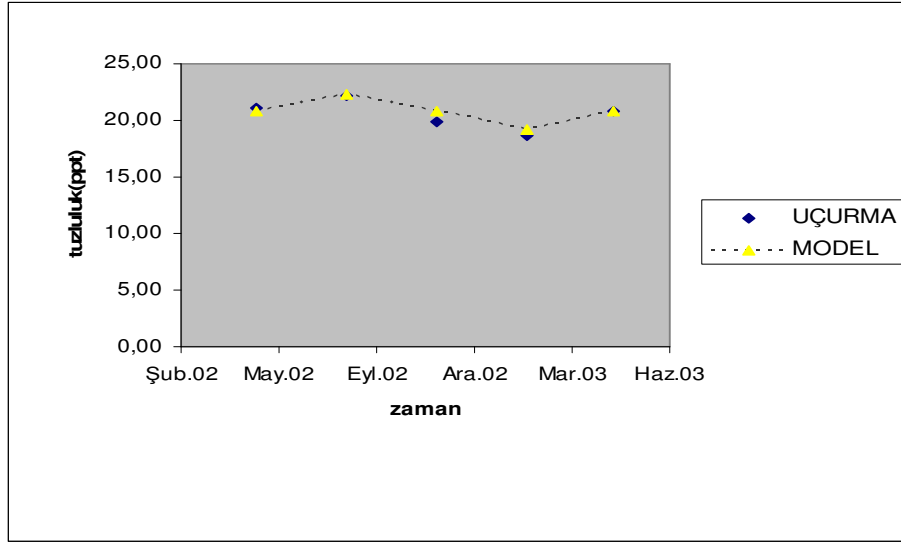
Şekil 6.11: Emirgan Numune Noktası Sonuçlarının Matematik Modelle Kıyaslanması

6.3.1.4 Bebek Numune Alım Noktasının Mevsimsel Tuzluluk Değişiminin İrdelenmesi

Bebek numune noktasına ait kıyaslamalar Tablo 6.17’de verilmektedir. Şekil 6.12’de deneysel sonuçların önerilen matematik modelle kıyaslanmasının grafiksel olarak gösterimi verilmektedir.

Tablo 6.17: Bebek Numune Noktasına Ait Tuzluluk Sonuçlarının Modelle Kıyaslanması

Örnek	Uçurma Tuzluluk (ppt)	Modelleme Tuzluluk (ppt)	Fark	Yüzde Fark (%)	Yüzde Mutlak Fark (%)
İlkbahar	21,12±0,60	20,75	0,37	1,75	1,75
Yaz	22,14±0,68	22,31	-0,17	-0,77	0,77
Sonbahar	19,91±0,61	20,75	-0,84	-4,22	4,22
Kış	18,62±0,70	19,19	-0,57	3,06	3,06
İlkbahar	20,75±0,86	20,75	0,00	0,00	0,00
Ortalama			-0,24	-0,04	1,96



Şekil 6.12: Bebek Numune Noktası Sonuçlarının Matematik Modelle Kıyaslanması

6.3.1.5 Zamana Bağlı Matematik Modelin Kontrol Grubuyla Sınanması

Kontrol grubu olarak kullanılacak olan tuzluluk değerleri Ağustos 2005 dönemine aittir. Tablo 6.18’de uçurma yöntemi sonuçlarının ve Tablo 6.19’da ise nötron aktivasyon analizi sonuçlarının zamana bağlı matematik modelle sınanması bulunmaktadır.

Tablo 6.18: Kontrol Grubunun Uçurma Sonuçlarının Zamana Bağlı Modelle Değerlendirilmesi

Örnek	Uçurma Tuzluluk (ppt)	Modelleme Tuzluluk (ppt)	Fark	Yüzde Fark (%)	Yüzde Mutlak Fark(%)
Rumelikavağı	18,63±0,72	18,48	0,15	0,80	0,80
Tarabya	19,08±0,70	19,95	-0,87	-4,56	4,56
Emirgan	19,92±0,71	20,99	-1,07	-5,37	5,37
Bebek	20,78±0,72	22,31	-1,53	-7,36	7,36
Ortalama			-0,83	-4,12	4,52

Tablo 6.19: Kontrol Grubu NAA Sonuçlarının Zamana Bağlı Modelle Değerlendirilmesi

Örnek	Nötron Aktivasyon Analizi Tuzluluk (ppt)	Modelleme Tuzluluk (ppt)	Fark	Yüzde Fark (%)	Yüzde Mutlak Fark (%)
Rumelikavağı	18,46±0,82	18,48	-0,02	-0,11	0,11
Tarabya	18,91±0,53	19,95	-1,04	-5,50	5,50
Emirgan	19,65±1,18	20,99	-1,34	-6,82	6,82
Bebek	20,81±0,43	22,31	1,50	-7,21	7,21
Ortalama			-0,22	-4,91	4,91

6.3.1.6 Zamana Bağlı Matematik Modelin Değerlendirilmesi

Denklem 6.12 çerçevesinde irdelenen deney sonuçları önceki bölümlerde ayrıntılı olarak ele alınmış bulunmaktadır. Bu bağlamda oluşan farkların topluca değerlendirilmesi Tablo 6. 20’de verilmektedir.

Tablo 6.20: Farkların Uçurma Yöntemi İçin Değerlendirilmesi

Numune Noktası	Ortalama Fark	Ortalama Yüzde Fark	Ortalama Yüzde Mutlak Fark
Rumelikavağı	0,95	5,26	5,26
Tarabya	0,67	3,11	3,81
Emirgan	-0,02	-0,08	0,77
Bebek	-0,24	-0,04	1,96
Genel Ortalama	0,34	2,06	2,95

6.4 Bileşik Matematik Model

İstanbul Boğazı boyunca kuzeyden güneye doğru olarak yere bağlı değişim ve her bir numune alım noktasının mevsimsel tuzluluk değişimleri önerilen modelle üst bölümlerde ayrıntılı olarak incelenmiş bulunmaktadır. Yere ve zamana bağlı olan

tuzluluk denklemlerinin birleştirilerek genel bir tuzluluk denklemine ulaşılması halinde genel bir ifade ile tuzluluk İstanbul Boğazı için tanımlanmış olacaktır. Bu bağlamda elde edilen Denklem 6.11 ile Denklem 6.12 birleştirilip, genel bir ifadeye ulaşılmış bulunmaktadır. Buna göre

$$\mathcal{S}(x,t) = \mathcal{S}_{01} e^{\frac{\beta x}{L}} (1 + \alpha \sin(\omega t)) \quad (6.13)$$

olarak ifade edilmektedir.

Burada,

$\mathcal{S}(x,t)$: yere ve zamana bağlı tuzluluk (ppt)

$\mathcal{S}_{01}$: İstanbul Boğazının Karadeniz girişindeki tuzluluk (ppt)

β : İstanbul Boğazı tuzluluk dağılım katsayısı (0,22)

x : Tuzluluğu hesaplanan noktanın İstanbul Boğazının Karadenizden girişe olan uzaklığı (km)

L : İstanbul Boğazının boyu (31 km)

α : İstanbul Boğazı mevsimsel tuzluluk değişim parametresi (0,075)

ω : açısal hız

t : periyot (yıl)

şeklinde tanımlanmaktadır.

Denklem 6.13 bağlamında oluşan matematik modellerle elde edilen tuzluluk sonuçlarının deneysel sonuçlarla karşılaştırılması Tablo 6.21 ve Tablo 6.22’de verilmektedir.

Tablo 6.21: Nötron Aktivasyon Analizi(NAA) Sonuçlarının Bileşik Matematik Modelle(BMM) Kıyaslanması

Numune	Mevsim	Tuzluluk (NAA) (ppt)	Tuzluluk (BMM) (ppt)	Fark	Fark (%)	Mutlak Fark (%)
Rumelikavağı	İlkbahar 02	17,19±1,05	17,99	-0,80	-4,65	4,65
Tarabya	İlkbahar 02	18,56±1,11	18,65	-0,09	-0,49	0,49
Emirgan	İlkbahar 02	19,53±1,81	19,21	0,32	1,64	1,64
Bebek	İlkbahar 02	20,75±1,75	19,56	1,19	5,73	5,73
Rumelikavağı	Yaz 02	18,86±0,70	19,34	-0,48	-2,54	2,54
Tarabya	Yaz 02	19,12±0,49	20,09	-0,97	-5,07	5,07
Emirgan	Yaz 02	20,40±1,19	20,65	-0,25	-1,22	1,22
Bebek	Yaz 02	21,81±0,88	21,03	0,78	3,57	3,57
Rumelikavağı	Sonbahar 02	16,68±1,72	17,99	-1,31	-7,85	7,85
Tarabya	Sonbahar 02	18,04±0,64	18,65	-0,61	-3,38	3,38
Emirgan	Sonbahar 02	18,65±1,75	19,21	-0,56	-3,00	3,00
Bebek	Sonbahar 02	19,11±0,44	19,56	-0,45	-2,35	2,35
Salacak	Sonbahar 02	21,27±2,13	20,59	0,68	3,20	3,20
Rumelikavağı	Kış 03	16,01±1,60	16,64	-0,63	-3,93	3,93
Tarabya	Kış 03	17,09±1,57	17,29	-0,20	-1,17	1,17
Emirgan	Kış 03	17,80±1,89	17,77	0,03	0,17	0,17
Bebek	Kış 03	18,07±0,30	18,09	-0,02	-0,11	0,11
Salacak	Kış 03	19,19±1,41	19,04	0,15	0,78	0,78
Rumelikavağı	İlkbahar 03	17,78±1,13	17,99	-0,81	-4,55	4,55
Tarabya	İlkbahar 03	18,92±0,54	18,65	0,27	1,43	1,43
Emirgan	İlkbahar 03	19,15±0,86	19,21	-0,06	-0,31	0,31
Bebek	İlkbahar 03	20,12±1,76	19,56	0,56	2,78	2,78
Salacak	İlkbahar 03	20,61±2,04	20,59	0,02	0,10	0,10
Ortalama				-0,13	-0,88	2,61

Tablo 6.22: Bileşik Matematik Modelle(BMM) Uçurma Deney Sonuçlarının Kıyaslanması

Numune	Mevsim	Tuzluluk (uçurma) (ppt)	Tuzluluk (BMM)(ppt)	Fark	Fark (%)	MutlakFark (%)
Rumelikavağı	İlkbahar 02	18,63±0,66	17,99	0,64	3,43	3,43
Tarabya	İlkbahar 02	19,73±0,61	18,65	1,08	5,47	5,47
Emirgan	İlkbahar 02	19,79±0,63	19,21	0,58	2,93	2,93
Bebek	İlkbahar 02	21,12±0,60	19,56	1,56	7,39	7,39
Rumelikavağı	Yaz 02	19,18±0,70	19,34	-0,16	-0,83	0,83
Tarabya	Yaz 02	20,36±0,60	20,09	0,27	1,33	1,33
Emirgan	Yaz 02	20,75±0,69	20,65	0,10	0,48	0,48
Bebek	Yaz 02	22,14±0,68	21,03	1,11	5,01	5,01
Rumelikavağı	Sonbahar 02	17,49±0,54	17,99	-0,50	-2,86	2,86
Tarabya	Sonbahar 02	18,24±0,66	18,65	-0,41	-2,25	2,25
Emirgan	Sonbahar 02	19,34±0,63	19,21	0,13	0,67	0,67
Bebek	Sonbahar 02	19,91±0,61	19,56	0,35	1,76	1,76
Salacak	Sonbahar 02	20,51±0,58	20,59	-0,08	-0,39	0,39
Rumelikavağı	Kış 03	17,19±0,59	16,64	0,55	3,20	3,20
Tarabya	Kış 03	18,09±0,65	17,29	0,80	4,42	4,42
Emirgan	Kış 03	18,45±0,64	17,77	0,68	3,69	3,69
Bebek	Kış 03	18,62±0,70	18,09	0,53	2,85	2,85
Salacak	Kış 03	20,17±0,65	19,04	1,13	5,60	5,60
Rumelikavağı	İlkbahar 03	18,23±0,67	17,99	0,24	1,32	1,32
Tarabya	İlkbahar 03	19,39±0,70	18,65	0,74	3,61	3,61
Emirgan	İlkbahar 03	19,58±0,89	19,21	0,37	1,89	1,89
Bebek	İlkbahar 03	20,75±0,86	19,56	1,19	5,73	5,73
Salacak	İlkbahar 03	21,10±0,72	20,59	0,51	2,42	2,42
Ortalama				0,51	2,52	3,02

6.4.1 Kontrol Grubunun Bileşik Modelle Kıyaslanması

Denklem 6.13 çerçevesinde elde edilen tuzluluk değerlerinin Ağustos 2005 dönemi tuzluluk verileriyle kıyaslanması Tablo 6.23 ve Tablo 6.24'te verilmektedir.

Tablo 6.23: Nötron Aktivasyon Analizi Sonuçlarının Bileşik Modelle Kıyaslanması

Örnek	Nötron Aktivasyon Analizi Tuzluluk (ppt)	Modelleme Tuzluluk (ppt)	Fark	Yüzde Fark (%)	Yüzde Mutlak Fark (%)
Rumelikavağı	18,46±0,82	19,34	-0,88	-4,77	4,77
Tarabya	18,91±0,53	20,09	-1,18	-6,24	6,24
Emirgan	19,65±1,18	20,65	-1,00	5,08	5,08
Bebek	20,81±0,43	21,03	-0,22	1,06	1,06
Ortalama			-0,82	-1,22	4,29

Tablo 6.24: Uçurma Sonuçlarının Bileşik Modelle Kıyaslanması

Örnek	Uçurma Tuzluluk (ppt)	Modelleme Tuzluluk (ppt)	Fark	Yüzde Fark (%)	Yüzde Mutlak Fark (%)
Rumelikavağı	18,63±0,72	19,34	-0,71	-3,81	3,81
Tarabya	19,08±0,70	20,09	-1,01	-5,29	5,29
Emirgan	19,92±0,71	20,65	-0,73	-3,66	3,66
Bebek	20,78±0,72	21,03	-0,25	-1,20	1,20
Ortalama			0,68	3,49	3,49

7. BİLGİSAYAR PROGRAMIYLA İSTANBUL BOĞAZI TUZLULUK DEĞİŞİMİNİN SİMÜLASYONU

Bu doktora tez çalışmasında İstanbul Boğazı numunelerinin tuzluluk analizleri nötron aktivasyon analiziyle belirlendikten sonra uçurma yöntemiyle deneysel olarak sınanmıştır. Ayrıca deneysel sonuçların teorik bağlamda da sınanmasının yerinde olacağı düşünülmüştür. Bu amaçla bir bilgisayar programı kullanılarak çözümlemenin yapılması ve deneysel sonuçların değerlendirilmesi yoluna gidilmiştir.

İstanbul Boğazının tuzluluk değişiminin mevsimsel ve noktasal olarak değerlendirilmesi için konuya ilişkin çalışmalarda tercih edilen uluslararası bilimsel alanda güvenilir olduğu düşünülen FEMLAB 3.1 bilgisayar programı ile çalışılma yoluna gidilmiştir (Schijndel, 2003; Liu, 2004; Romano, 2005; Curcio, 2005; Graf, 2005; Kafafy, 2005; Rucker, 2005; Backryd, 2005; Guvelioglu, 2005; Pfafferodt, 2005; Sapariuc, 2004; Ritter, 2004; Haasl, 2005; Khamesee, 2005).

FEMLAB ile uygulanan söz konusu simülasyonda esas itibarıyla difüzyon denkleminin İstanbul Boğazı parametreleriyle çözümlemesi yapılmıştır. Bu bölümde, öncelikle difüzyon denkleminin açıklaması, FEMLAB 3.1 bilgisayar programının tanıtılması ve programla oluşturulan İstanbul Boğazı tuzluluk değişimi simülasyonuna yer verilmektedir.

7.1 Difüzyon Modeli

Burada, öncelikle difüzyon denkleminin yatay homojen bir ortam için çıkarımı verilmeye çalışılacaktır. Daha sonra ise çalışılan İstanbul Boğazı sistemi çerçevesinde denklemin uygulanmasına yer verilecektir.

Yayılan maddenin konsantrasyon değişiminin z eksenini olduğunu varsayarsak;

$dx dy$ alanına, t ve $t+\Delta t$ zaman aralığında difüz eden kütle $dm_1(z)$;

$$dm_1(z) = q_m(z) dx dy dt \quad (7.1)$$

burada,

$q_m(z)$: z düzleminde difüz eden maddenin akış yoğunluğu

olarak ifade edilmektedir.

Bu durumda, $dx dy$ alanının akışını bulmak için dt zamanındaki madde difüzyonuna ilişkin olarak

$$dm_2(z+dz) = \left[q_m(z) + \frac{\partial q_m}{\partial z} dz \right] dx dy dt \quad (7.2)$$

yazılabilmektedir.

Burada;

$dm_2(z+dz)$: $z+dz$ düzleminde, t ve $t+dt$ zaman aralığında difüz eden kütle

olarak tanımlanmaktadır.

$dx dy dz$ kübüne difüz eden madde ise;

$$dm = dm_1 - dm_2 \quad (7.3)$$

şeklinde olmaktadır.

Bu bağlamda dt zamanındaki kütle değişimi;

$$dm = \left\{ q_m(z) - \left[q_m(z) + \frac{\partial q_m}{\partial z} dz \right] \right\} dx dy dt = - \frac{\partial q_m}{\partial z} dx dy dz dt \quad (7.4)$$

olarak ifade edilebilmektedir (Dera, 1992).

Kütledeki çok küçük değişimi gösteren dm şimdi;

$$\frac{\partial m}{\partial t} = - \frac{\partial q_m}{\partial z} dx dy dz \quad (7.5)$$

olarak tanımlanmaktadır.

Kütleyi konsantrasyon cinsinden (C) yazmak için,

$$dm = \Delta C dV \quad (7.6)$$

ifadesi kullanılabilmektedir.

Burada;

ΔC : konsantrasyon değişimi [kg/m^3]

$dV = dx dy dz$ [m^3]

olarak tanımlanabilmektedir.

Difüze olan maddenin kaybolmadığını (uçmadığını ve çökmediğini) varsayarak difüzyon kanunu denklemini,

$$q_m(z) = -D \frac{\partial}{\partial z} \quad (7.7)$$

şekline getirebiliriz.

Bu durumda konsantrasyon değişim denklemini yazarsak;

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left(D \frac{\partial C}{\partial z} \right) \quad (7.8)$$

şeklini almaktadır (Li, 1999).

Burada,

C: yayılan maddenin ortalama konsantrasyonu

olarak ifade edilmektedir.

Homojen ortamdaki difüzyon denklemi göz önüne alındığında konsantrasyonun x ve y yönlerindeki değişimleri 0 (sıfır) olmaktadır.

Genel olarak ortam homojen olmazsa, konsantrasyon $C=C(x,y,z)$ ve $\text{grad}C(x,y,z)$ koordinat eksenlerine göre her yöne olabilmektedir. Akış yoğunluğu vektörü ($\mathbf{q}_m(x,y,z)$) üç bileşen olarak;

$$q_{mx} = -D_x \frac{\partial C}{\partial x} \quad (7.9)$$

$$q_{my} = -D_y \frac{\partial C}{\partial y} \quad (7.10)$$

$$q_{mz} = -D_z \frac{\partial C}{\partial z} \quad (7.11)$$

yazılabilmektedir. Burada,

D_x , D_y ve D_z difüzyon sabitleri olarak tanımlanmaktadır.

Bir hacim içinde birim zamandaki kütleyi genel olarak ele alacak olursak;

$$\frac{\partial m}{\partial t} = - \left(\frac{\partial q_{mx}}{\partial x} + \frac{\partial q_{my}}{\partial y} + \frac{\partial q_{mz}}{\partial z} \right) dx dy dz \quad (7.12)$$

olmaktadır.

Denklem 7.6 ve denklem 7.9-7.11 kullanılarak konsantrasyon denklemi (denklem 7.8) yeniden yazılacak olursa;

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(D \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(D \frac{\partial C}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(D \frac{\partial C}{\partial z} \right) \quad (7.13)$$

elde edilmiş olmaktadır.

Sıcaklık ve konsantrasyon değişimlerinin çok büyük olmadığı hallerde $D(x,y,z)=D=\text{sabit}$ olarak kabul edilebilmektedir. Bu bağlamda Denklem 7.13

$$\frac{\partial C}{\partial t} = D \left(\left(\frac{\partial^2 C}{\partial x^2} \right) + \left(\frac{\partial^2 C}{\partial y^2} \right) + \left(\frac{\partial^2 C}{\partial z^2} \right) \right) \equiv D \Delta C \quad (7.14)$$

olarak yazılabilmektedir (**Dera 1992**).

Şimdiye kadar olan difüzyon denklemi yazılımlarında ortamın durağan olduğu varsayımı kullanılmıştır. Fakat ortamın da bir hızla hareket ediyor olabileceği göz önüne alınmalıdır.

Ortamın hızının x , y ve z yönlerinde

$$v_x = u \quad (7.15)$$

$$v_y = v \quad (7.16)$$

$$v_z = w \quad (7.17)$$

şeklinde olduğunu düşünürsek,

$$\frac{dC}{dt} = \frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial C}{\partial x} \frac{dx}{dt} + \frac{\partial C}{\partial y} \frac{dy}{dt} + \frac{\partial C}{\partial z} \frac{dz}{dt} = \frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial C}{\partial x} u + \frac{\partial C}{\partial y} v + \frac{\partial C}{\partial z} w \quad (7.18)$$

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial C}{\partial x} u + \frac{\partial C}{\partial y} v + \frac{\partial C}{\partial z} w = D \left(\frac{\partial^2 C}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} \right) + M_s \quad (7.19)$$

olarak genel difüzyon denklemi yazılabilmektedir.

Burada,

M_s : kaynak yoğunluk fonksiyonu

olarak tanımlanmaktadır.

Bu durumda en genel yazılımıyla difüzyon denklemi,

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \nabla \mathbf{v} = D \Delta C + M_s \quad (7.20)$$

şeklinde ifade edilebilmektedir.

Bu doktora tez çalışmasında kullanılan bölge itibariyle kaynak (source) girişi olmadığından M_s sıfır değerini almaktadır. Böylece difüzyon denklemi bizim kısıtlarımızla;

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \mathbf{v} \nabla = D \Delta C \quad (7.21)$$

haline gelmiş olmaktadır [**Dera, 1992**].

Denklem 7.21 en genel haliyle;

$$d \frac{\partial C}{\partial t} + \nabla (-c \nabla C - aC + \gamma) + \beta \nabla C + aC = f \quad (7.22)$$

Burada konveksiyon sabitleri a ve β 'nin sıfır olması durumunda tarafımızdan kullanılan tek boyutlu difüzyon denklemi (Denklem 7.21) oluşmaktadır (**Dehghan, 2005; Shishkin, 2004; İsmail, 2004; Banas, 2005**).

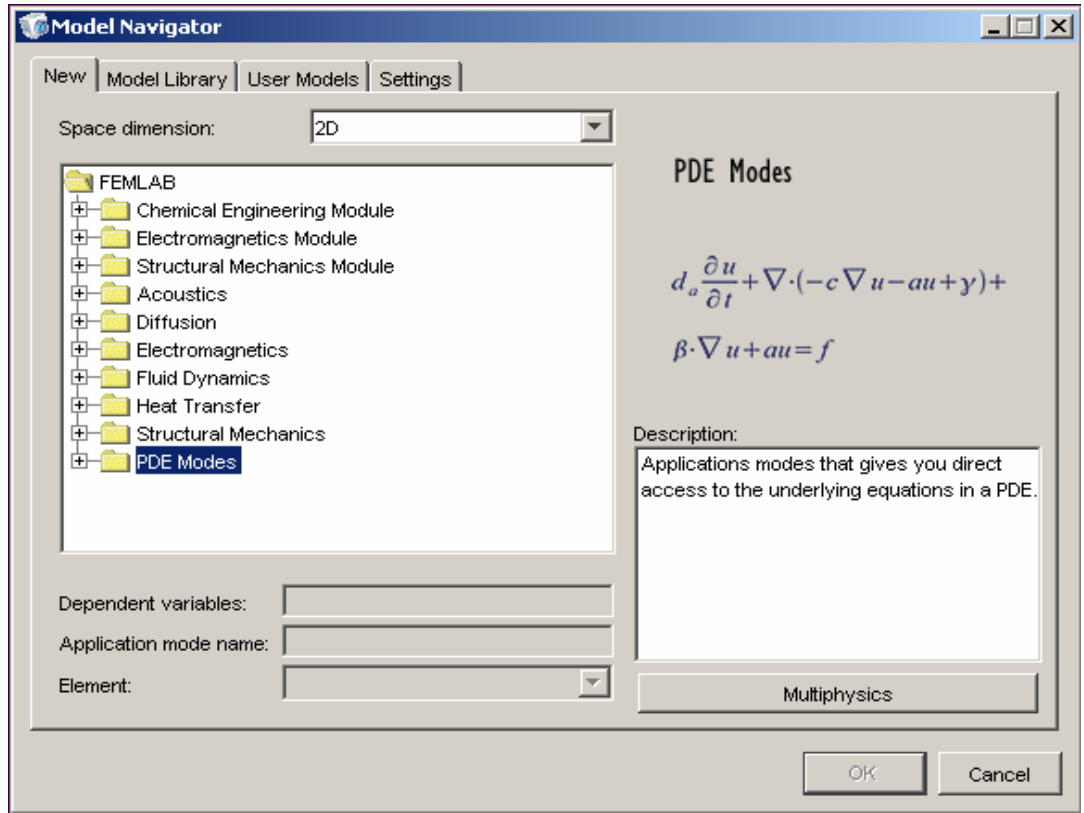
7.2 FEMLAB'in Tanıtımı

FEMLAB farklı problemlerin, farklı geometrilerde sonlu elemanlar yöntemiyle çözümlenmesini sağlayan bir bilgisayar programıdır. Program kurulup, çalıştırıldıktan sonra ekrana çalışılabilecek değişik konular gelmektedir. Bu arayüz Şekil 7.1'de verilmektedir.

FEMLAB farklı modüllerden oluşan çok amaçlı bir program durumundadır. Çalışabilecek temel konular genel olarak;

- Kimya mühendisliği uygulamaları,
- Elektromanyetizma uygulamaları,
- Yapısal mekanik uygulamaları,
- Akustik uygulamaları,
- Difüzyon uygulamaları,
- Akışkanlar mekaniği uygulamaları,
- Isı transferi uygulamaları,
- Kısmi diferansiyel denklemler uygulamaları,

olarak ifade edilebilir.



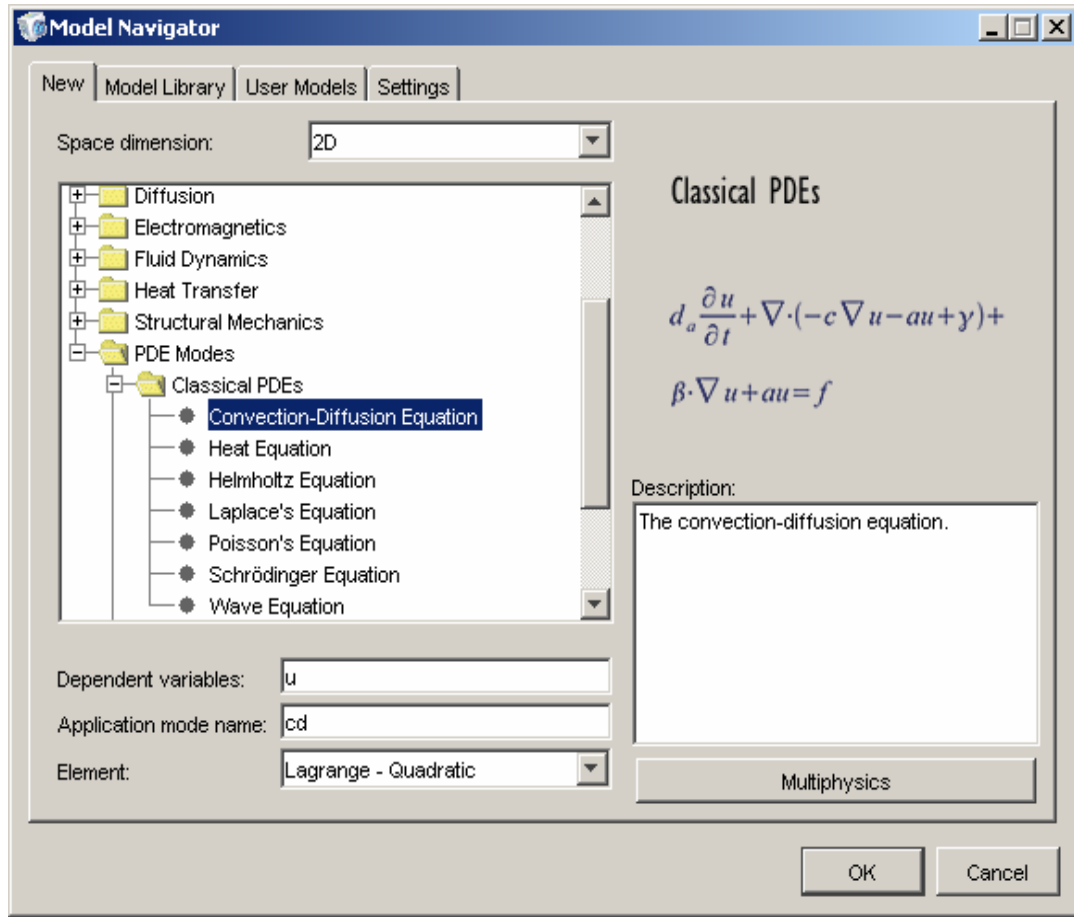
Şekil 7.1: FEMLAB Açılış Arayüzeyi

7.2.1 FEMLAB ile İstanbul Boğazı Tuzluluk Değişimi Simülasyonu

FEMLAB ile tuzluluk değişiminin simüle edilmesi birkaç aşamada mümkün olmuştur. Bu aşamalar sırasıyla geometrinin oluşturulması, üçgensel örgü (mesh) oluşturulması, sınır şartlarının tanımlanması ve problemin çözülmesi aşamalarından oluşmaktadır. Aşağıdaki alt bölümlerde problemin çözülmesi ayrıntılarıyla verilmektedir.

7.2.2 FEMLAB'te Problem Çözümünde Geometrinin Tanımlanması

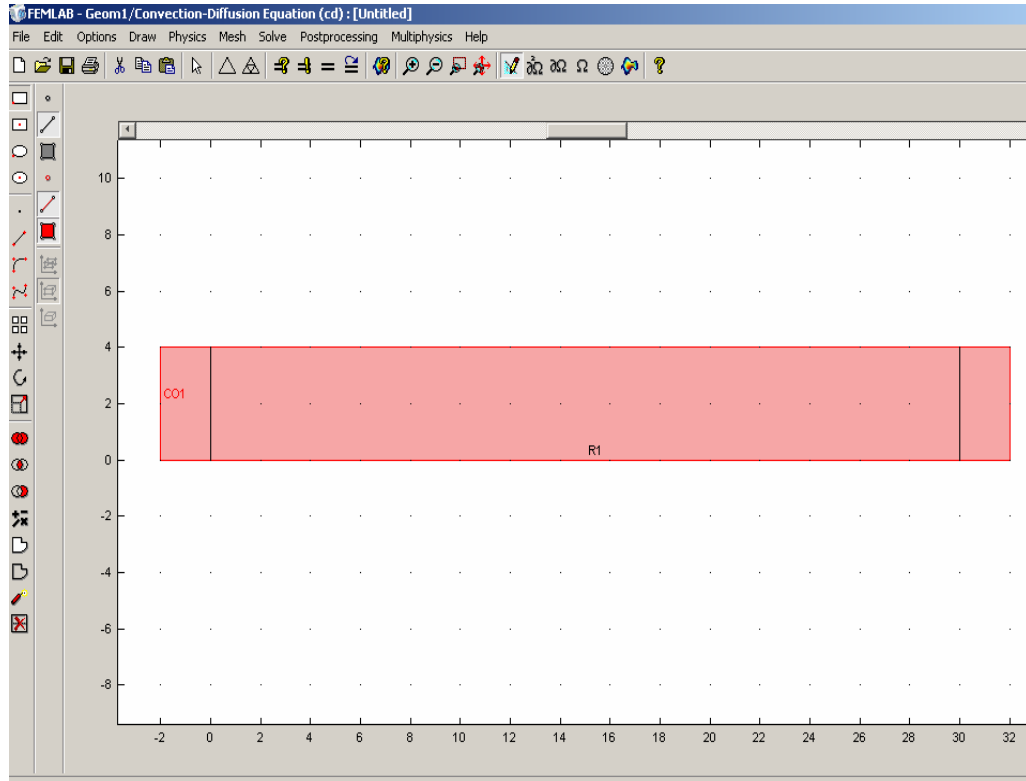
İstanbul Boğazının tuzluluk değişimi için programa çalışılacak geometrinin tanımlanması gerekmektedir. Ayrıca, modelin seçilmesi de gerekmektedir. Programda konumuza uyan konveksiyon-difüzyon denklemleri ana başlığı seçilerek FEMLAB ana sayfasına girilmektedir. Oluşan arayüzey Şekil 7.2'de verilmektedir.



Şekil 7.2: FEMLAB Model Seçim Arayüzü

Şekil 7.3'te çözülmesi istenilen modelin geometrisinin oluşturulduğu arayüz yer almaktadır.

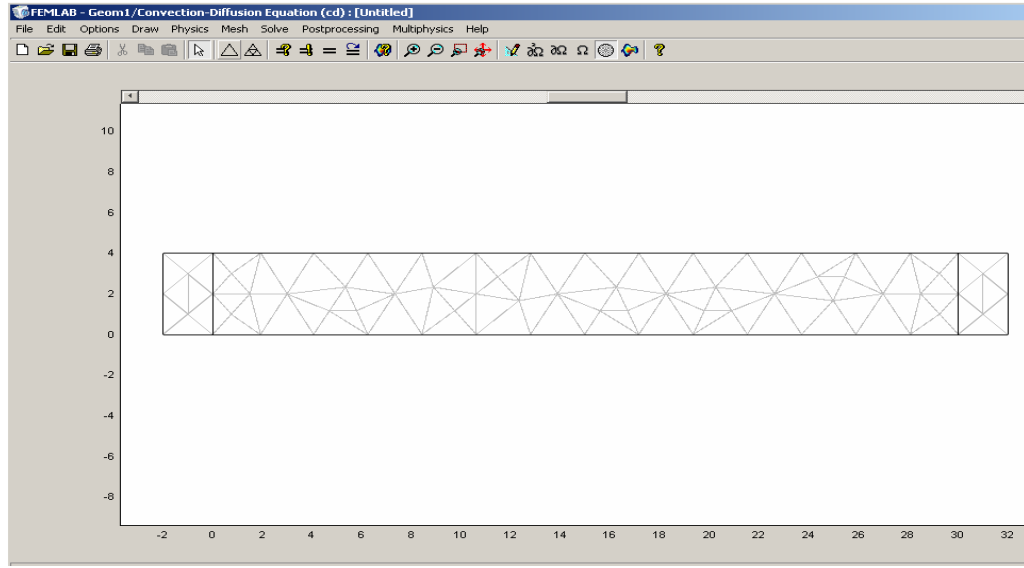
İstanbul Boğazının boyu 31 km ve en geniş yeri de yaklaşık 3,5 km'dir. Bu bağlamda, uygun geometri bir dikdörtgen biçiminde oluşturulmuş ve İstanbul Boğazı'nın geometrik olarak kuşbakışı görüntüsü yaratılmaya çalışılmıştır. Ayrıca, Karadeniz'in girişini belirtmek için ek bir tanımlama da yapılmıştır. Benzer şekilde Marmara Denizi çıkışı için de tanımlama da bulunulmuştur.



Şekil 7.3: Çözülecek Modelin Geometrisinin Oluşturulduğu Arayüz

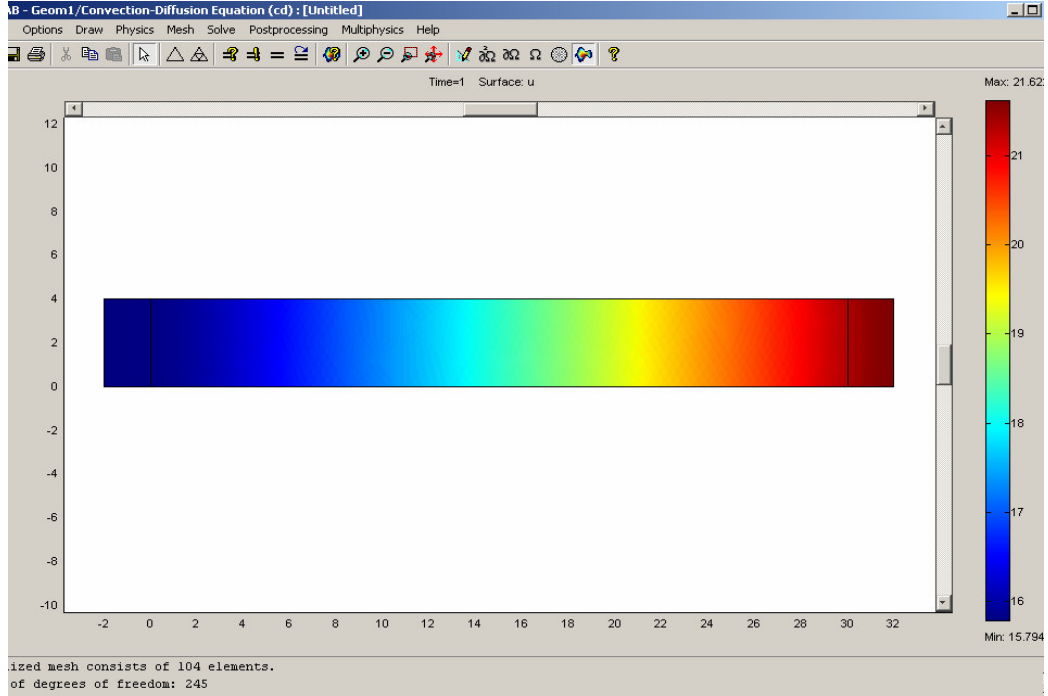
Geometri belirlendikten sonra modelimize uygun olan Neumann sınır koşulu bağlamında programa sınır şartları verilmiştir. Program her mevsim için ayrı ayrı oluşturulmuş ve koşulmuştur.

Sınır şartları programa tanımlandıktan sonra sistemimiz için bir örgü oluşturulması sağlanmıştır. Şekil 7.4'te oluşturulan örgü görülmektedir.



Şekil 7.4: Ağ Örgü Yapısının Oluşturulması Arayüzeyi

Bu işlemlerden sonra FEMLAB 3.1 programı çalıştırılmış İstanbul Boğazı için oluşturulan model çerçevesinde tuzluluk sonuçlarına varılmıştır. Şekil 7.5'te modelin çözümünden sonra oluşan genel sonucu topluca veren arayüzey görülmektedir.

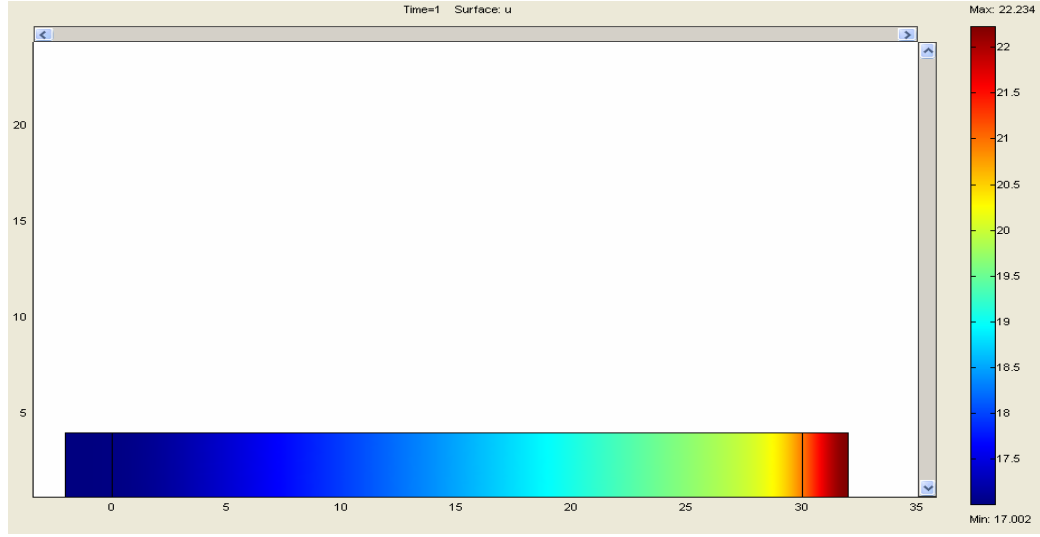


Şekil 7.5: Modelin Çözüm Arayüzeyi

7.3 İlkbahar Dönemi Tuzluluk Dağılımı Modellemesi

İlkbahar dönemine ait oluşturulan FEMLAB modelinde, İstanbul Boğazı boyunca elde edilen tuzluluk dağılımı Şekil 7.6'da verilmektedir.

Tablo 7.1’de ilkbahar mevsimine ait İstanbul Boğazı tuzluluk dağılım sonuçları yer almaktadır.



Şekil 7.6: FEMLAB ile Elde Edilen İlkbahar Mevsiminde İstanbul Boğazındaki Tuzluluk Dağılımı

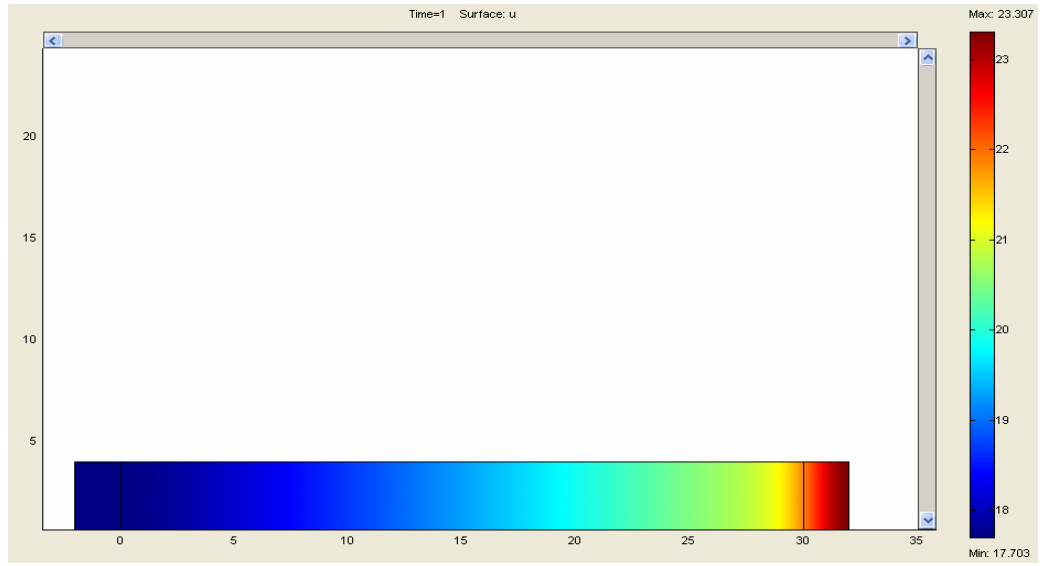
Tablo 7.1: FEMLAB İlkbahar Sonuçları

Numune	Tuzluluk (ppt)
Rumelikavağı	17,50 – 18,00
Tarabya	18,00 – 18,50
Emirgan	18,50 – 19,00
Bebek	19,00 – 19,50
Salacak	20,00 – 20,50

7.4 Yaz Dönemi Tuzluluk Dağılımı Modellemesi

Yaz dönemine ait oluşturulan FEMLAB modelinde, İstanbul Boğazı boyunca elde edilen tuzluluk dağılımı Şekil 7.7’de verilmektedir.

Tablo 7.2’de yaz mevsimine ait İstanbul Boğazı tuzluluk dağılım sonuçları yer almaktadır.



Şekil 7.7: FEMLAB ile Elde Edilen Yaz Mevsiminde İstanbul Boğazındaki Tuzluluk Dağılımı

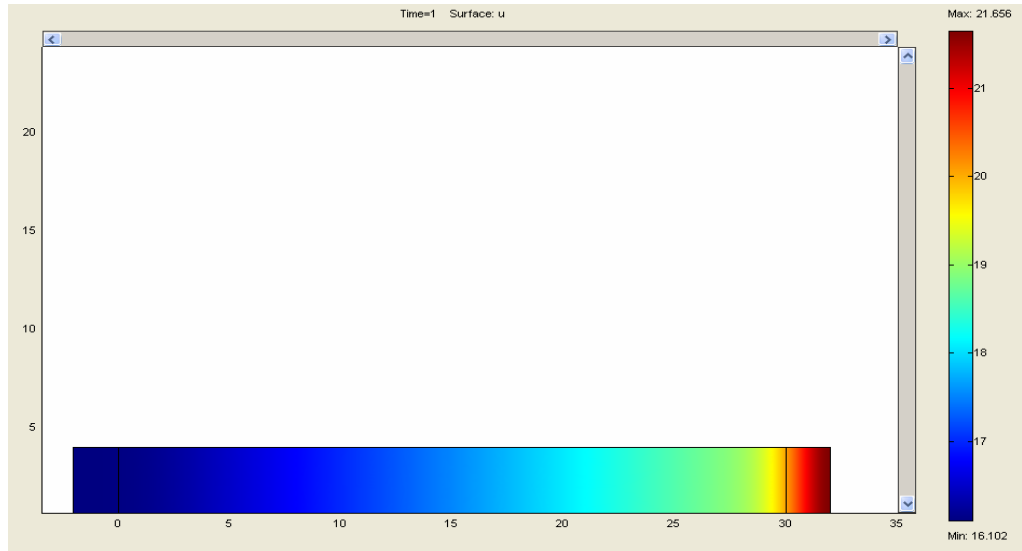
Tablo 7.2: FEMLAB Yaz Sonuçları

Numune	Tuzluluk (ppt)
Rumelikavağı	18,50 – 19,00
Tarabya	19,00 – 19,50
Emirgan	19,50 – 20,00
Bebek	20,00 – 20,50
Salacak	21,00 – 21,50

7.5 Sonbahar Dönemi Tuzluluk Dağılımı Modellemesi

Sonbahar dönemine ait oluşturulan FEMLAB modelinde, İstanbul Boğazı boyunca elde edilen tuzluluk dağılımı Şekil 7.8’da verilmektedir.

Tablo 7.3’de sonbahar mevsimine ait İstanbul Boğazı tuzluluk dağılım sonuçları yer almaktadır.



Şekil 7.8: FEMLAB ile Elde Edilen Sonbahar Mevsiminde İstanbul Boğazındaki Tuzluluk Dağılımı

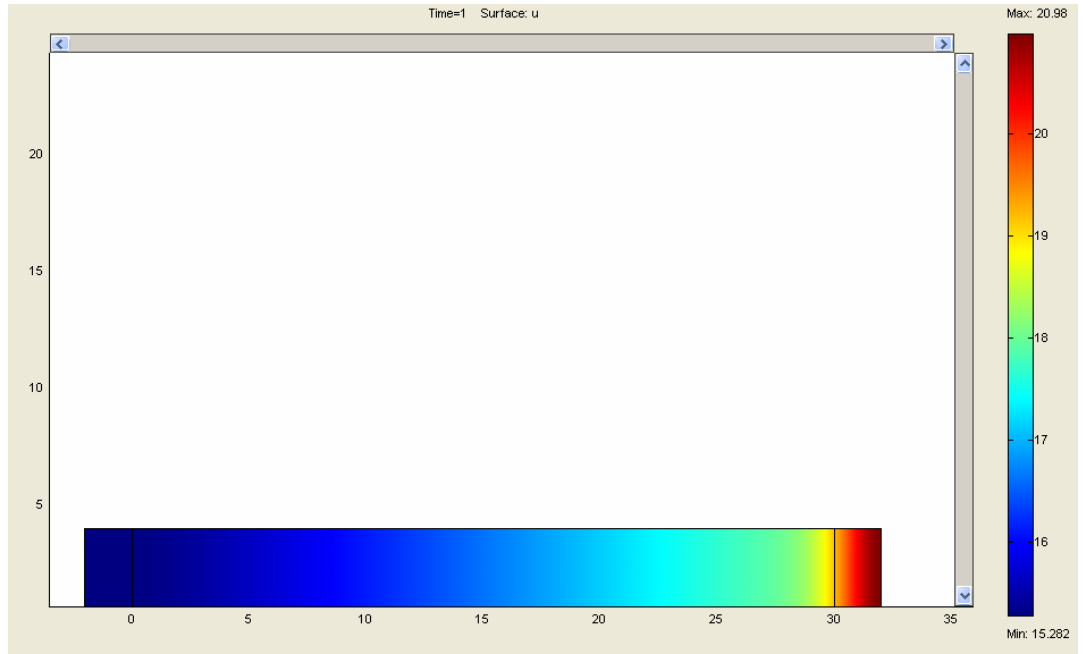
Tablo 7.3: FEMLAB Sonbahar Sonuçları

Numune	Tuzluluk (ppt)
Rumelikavağı	16,50 – 17,00
Tarabya	17,00 – 17,50
Emirgan	17,50 – 18,00
Bebek	18,00 – 18,50
Salacak	19,00 – 19,50

7.6 Kış Dönemi Tuzluluk Dağılımı Modellemesi

Kış dönemine ait oluşturulan FEMLAB modelinde, İstanbul Boğazı boyunca elde edilen tuzluluk dağılımı Şekil 7.9’da verilmektedir.

Tablo 7.4’de kış mevsimine ait İstanbul Boğazı tuzluluk dağılım sonuçları yer almaktadır.



Şekil 7.9: FEMLAB ile Elde Edilen Kış Mevsiminde İstanbul Boğazındaki Tuzluluk Dağılımı

Tablo 7.4: FEMLAB Kış Sonuçları

Numune	Tuzluluk (ppt)
Rumelikavağı	16,00 – 16,50
Tarabya	16,50 – 17,00
Emirgan	17,00 – 17,50
Bebek	17,50 – 18,00
Salacak	18,50 – 19,00

7.7 FEMLAB Model Sonuçlarının Deneysel Sonuçlarla Kıyaslanması

Bölüm 7.3-Bölüm 7.6’da verilen FEMLAB modelinin her mevsime ait sonuçlarının tarafımızdan elde edilen deney sonuçları ve önerilen matematik modelle kıyaslanmasının yapılması aşağıdaki alt bölümlerde verilmektedir.

7.7.1 Rumelikavağı Numune Noktası FEMLAB Sonuçlarıyla Elde Edilen Diğer Sonuçların Değerlendirilmesi

Mevsimsel olarak topluca verilen tuzluluk dağılımlarının bu alt bölümlerde numune noktalarına göre ayrı ayrı irdelenmesi yapılmaktadır. Tablo 7.5'te irdeme sonuçları bulunmaktadır.

Tablo 7.5: Rumelikavağı Numune Noktası Tuzluluk Sonuçlarının Topluca İrdelenmesi

	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış	Ortalama
FEMLAB(ppt)	17,50 – 18,00	18,50 – 19,00	16,50 – 17,00	16,00 – 16,50	
NAA(ppt)	17,78±1,13	18,86±0,70	16,68±1,72	16,01±1,60	
Uçurma(ppt)	18,23±0,67	19,18±0,70	17,49±0,54	17,19±0,59	
BMM(ppt)	17,99	19,34	17,99	16,64	
% Fark (NAA)	-	-	-	-	-
% Fark (uçurma)	1,26	0,94	2,80	4,01	2,25
% Fark (BMM)	-0,06	1,76	5,50	0,84	2,01
% Mutlak Fark (NAA)	-	-	-	-	-
% Mutlak Fark (uçurma)	1,26	0,94	2,80	4,01	2,25
% Mutlak Fark (BMM)	0,06	1,76	5,50	0,84	2,04

7.7.2 Tarabya Numune Noktası FEMLAB Sonuçlarıyla Elde Edilen Diğer Sonuçların Değerlendirilmesi

Mevsimsel olarak topluca verilen tuzluluk dağılımlarının bu alt bölümlerde numune noktalarına göre ayrı ayrı irdelenmesi yapılmaktadır. Tablo 7.6'da irdeme sonuçları bulunmaktadır.

Tablo 7.6: Tarabya Numune Noktası Tuzluluk Sonuçlarının Topluca İrdelenmesi

	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış	Ortalama
FEMLAB(ppt)	18,00 – 18,50	19,00 – 19,50	17,00 – 17,50	16,50 – 17,00	
NAA(ppt)	18,92±0,54	19,12±0,49	18,04±0,64	17,09±1,57	
Uçurma(ppt)	19,39±0,70	20,36±0,60	18,24±0,66	18,09±0,64	
BMM(ppt)	18,65	20,09	18,65	17,29	
% Fark (NAA)	2,21	-	2,99	0,53	1,43
% Fark (uçurma)	4,59	4,22	4,05	6,02	4,72
% Fark (BMM)	0,82	2,04	6,57	1,68	2,78
% Mutlak Fark (NAA)	2,21	-	2,99	0,53	1,43
% Mutlak Fark (uçurma)	4,59	4,22	4,05	6,02	4,72
% Mutlak Fark (BMM)	0,82	2,04	6,57	1,68	2,78

7.7.3 Emirgan Numune Noktası FEMLAB Sonuçlarıyla Elde Edilen Diğer Sonuçların Değerlendirilmesi

Mevsimsel olarak topluca verilen tuzluluk dağılımlarının bu alt bölümlerde numune noktalarına göre ayrı ayrı irdelenmesi yapılmaktadır.

Tablo 7.7’de irdelene sonuçları bulunmaktadır.

Tablo 7.7: Emirgan Numune Noktası Tuzluluk Sonuçlarının Topluca İrdelenmesi

	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış	Ortalama
FEMLAB(ppt)	18,50 – 19,00	19,50 – 20,00	17,50 – 18,00	17,00 – 17,50	
NAA(ppt)	19,15±0,86	20,40±1,19	18,65±1,75	17,80±1,89	
Uçurma(ppt)	19,58±0,89	20,75±,69	19,34±0,63	18,45±0,64	
BMM(ppt)	19,21	20,65	19,21	17,77	
% Fark (NAA)	0,78	1,96	3,48	1,68	1,97
% Fark (uçurma)	2,96	3,61	6,93	5,15	4,66
% Fark (BMM)	1,09	3,15	6,30	1,52	3,02
% Mutlak Fark (NAA)	0,78	1,96	3,48	1,68	1,97
% Mutlak Fark (uçurma)	2,96	3,61	6,93	5,15	4,66
% Mutlak Fark (BMM)	1,09	3,15	6,30	1,52	3,02

7.7.4 Bebek Numune Noktası FEMLAB Sonuçlarıyla Elde Edilen Diğer Sonuçların Değerlendirilmesi

Mevsimsel olarak topluca verilen tuzluluk dağılımlarının bu alt bölümlerde numune noktalarına göre ayrı ayrı irdelenmesi yapılmaktadır.

Tablo 7.8’de irdeme sonuçları bulunmaktadır.

Tablo 7.8: Bebek Numune Noktası Tuzluluk Sonuçlarının Topluca İrdelenmesi

	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış	Ortalama
FEMLAB(ppt)	19,50 – 20,00	20,00 – 20,50	18,00 – 18,50	17,50 - 18,00	
NAA(ppt)	20,11±1,76	21,81±0,88	19,11±0,44	18,07±0,30	
Uçurma(ppt)	20,75±0,86	22,14±0,68	19,91±0,61	18,62±0,70	
BMM (ppt)	19,56	21,03	19,56	18,09	
% Fark (NAA)	0,54	6,01	3,19	0,39	2,53
% Fark (uçurma)	3,61	7,41	7,08	3,33	5,36
% Fark (BMM)	-	2,52	5,42	0,49	2,11
% Mutlak Fark (NAA)	0,54	6,01	3,19	0,39	2,53
% Mutlak Fark (uçurma)	3,61	7,41	7,08	3,33	5,36
% Mutlak Fark (BMM)	-	2,52	5,42	0,49	2,11

7.7.5 Salacak Numune Noktası FEMLAB Sonuçlarıyla Elde Edilen Diğer Sonuçların Değerlendirilmesi

Mevsimsel olarak topluca verilen tuzluluk dağılımlarının bu alt bölümlerde numune noktalarına göre ayrı ayrı irdelenmesi yapılmaktadır.

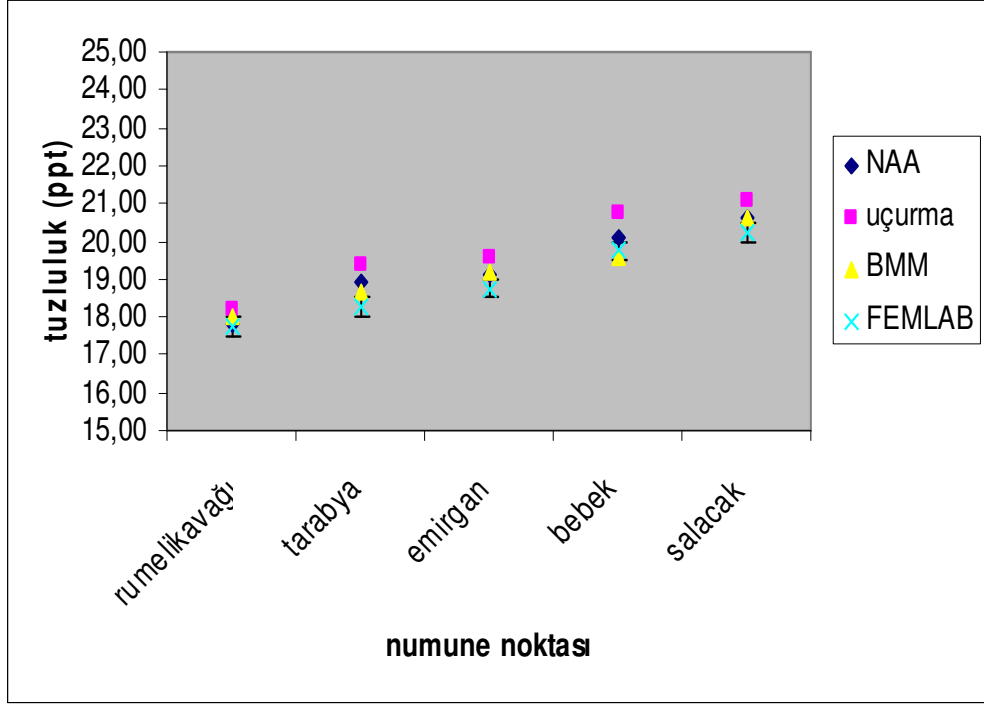
Tablo 7.9’da irdeleme sonuçları bulunmaktadır.

Tablo 7.9: Salacak Numune Noktası Tuzluluk Sonuçlarının Topluca İrdelenmesi

	İlkbahar	Sonbahar	Kış	Ortalama
FEMLAB(ppt)	20,00 – 20,50	19,00 – 19,50	18,50 – 19,00	
NAA(ppt)	20,61±2,04	21,27±2,13	19,19±1,41	
Uçurma(ppt)	21,10±0,72	20,51±2,04	20,17±0,65	
BMM(ppt)	20,59	20,59	19,04	
% Fark (NAA)	0,53	8,32	0,99	3,28
% Fark (uçurma)	2,84	4,92	5,80	4,52
% Fark (BMM)	0,44	5,29	0,21	1,98
% Mutlak Fark (NAA)	0,53	8,32	0,99	3,28
% Mutlak Fark (uçurma)	2,84	4,92	5,80	4,52
% Mutlak Fark (BMM)	0,44	5,29	0,21	1,98

7.7.6 İlkbahar Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Detaylı olarak irdelenen ilkbahar tuzluluk değerleri için deneysel sonuçlarla FEMLAB modellemesinin uyum içinde olduğu söylenebilmektedir. Tablo 7.5- Tablo 7.9 verileri kullanılarak ilkbahar değerlendirilmesi yapılmıştır. Şekil 7.10' de grafiksel olarak kıyaslama yer almaktadır.

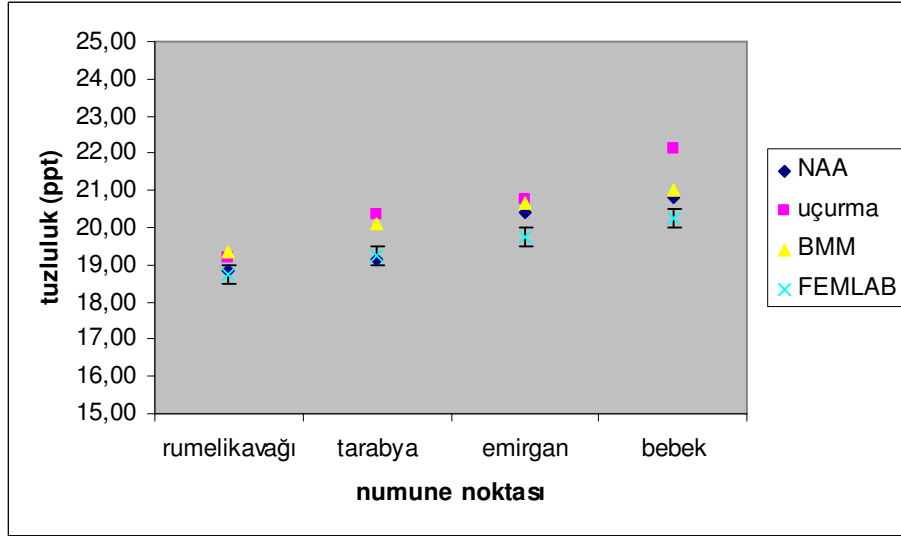


Şekil 7.10: İlkbahar Tuzluluk Değerlerinin Kıyaslanması

7.7.7 Yaz Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Detaylı olarak irdelenen yaz tuzluluk değerleri için deneysel sonuçlarla FEMLAB modellemesinin uyum içinde olduğu söylenebilmektedir.

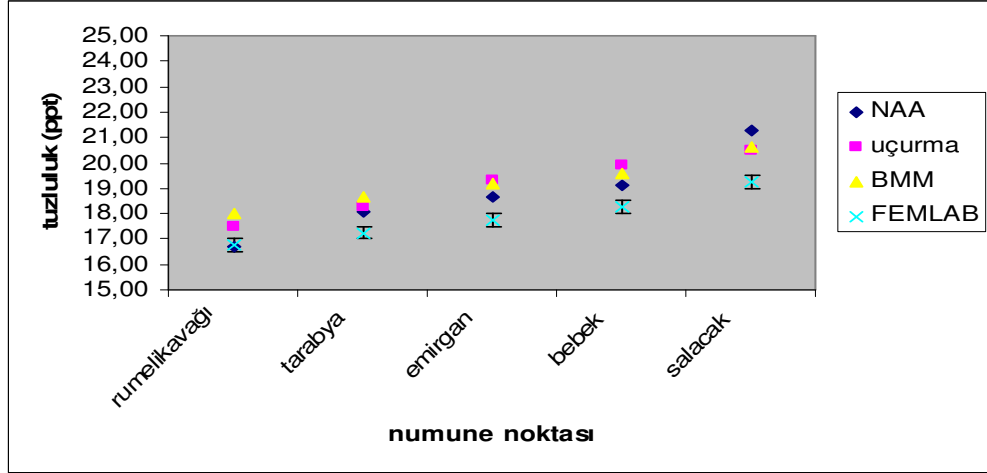
Tablo 7.5- Tablo 7.9 verileri kullanılarak yaz değerlendirmesi yapılmıştır. Şekil 7.11‘ de grafiksel olarak kıyaslama yer almaktadır.



Şekil 7.11: Yaz Mevsimi Tuzluluk Değerlerinin Kıyaslanması

7.7.8 Sonbahar Sonuçlarının Değerlendirilmesi

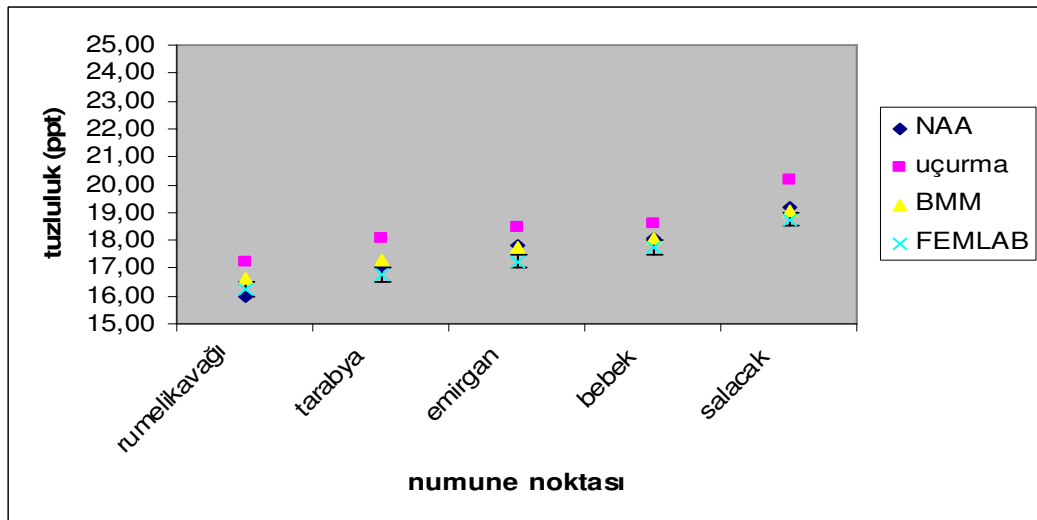
Detaylı olarak irdelenen sonbahar tuzluluk değerleri için deneysel sonuçlarla FEMLAB modellemesinin uyum içinde olduğu söylenebilmektedir. Tablo 7.5- Tablo 7.9 verileri kullanılarak sonbahar değerlendirilmesi yapılmıştır. Şekil 7.12’ de grafiksel olarak kıyaslama yer almaktadır.



Şekil 7.12: Sonbahar Mevsimi Tuzluluk Sonuçlarının Kıyaslanması

7.7.9 Kış Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Detaylı olarak irdelenen kış tuzluluk değerleri için deneysel sonuçlarla, matematik ve FEMLAB modellemesinin uyum içinde olduğu söylenebilmektedir. Tablo 7.5- Tablo 7.9 verileri kullanılarak kış değerlendirilmesi yapılmıştır. Şekil 7.13’ de grafiksel olarak kıyaslama yer almaktadır.



Şekil 7.13: Kış Tuzluluk Değerlerinin Kıyaslanması

7.7.10 FEMLAB Modelinin Genel Kıyaslanması

Oluşturulan FEMLAB modeliyle elde edilen deneysel sonuçların kıyaslanması yukarıdaki bölümlerde ayrıntılı olarak verilmektedir.

Tablo 7.10’da ise her mevsime ait numune noktalarının tuzluluk sonuçlarının genel olarak irdelenmesi yer almaktadır.

Tablo 7.10: FEMLAB Modeliyle Deney Sonuçlarının Genel Olarak Kıyaslanması

Numune	Ortalama % Fark (NAA)	Ortalama % Fark (uçurma)	Ortalama % Fark (BMM)	Ortalama % Mutlak Fark (NAA)	Ortalama % Mutlak Fark (uçurma)	Ortalama % Mutlak Fark (BMM)
Rumelikavağı	-	2,25	2,01	-	2,25	2,04
Tarabya	1,43	4,72	2,78	1,43	4,72	2,78
Emirgan	1,97	4,66	3,02	1,97	4,66	3,02
Bebek	2,53	5,36	2,11	2,53	5,36	2,11
Salacak	3,28	4,52	1,98	3,28	4,52	1,98
ortalama	1,84	4,36	2,38	1,84	4,36	2,38

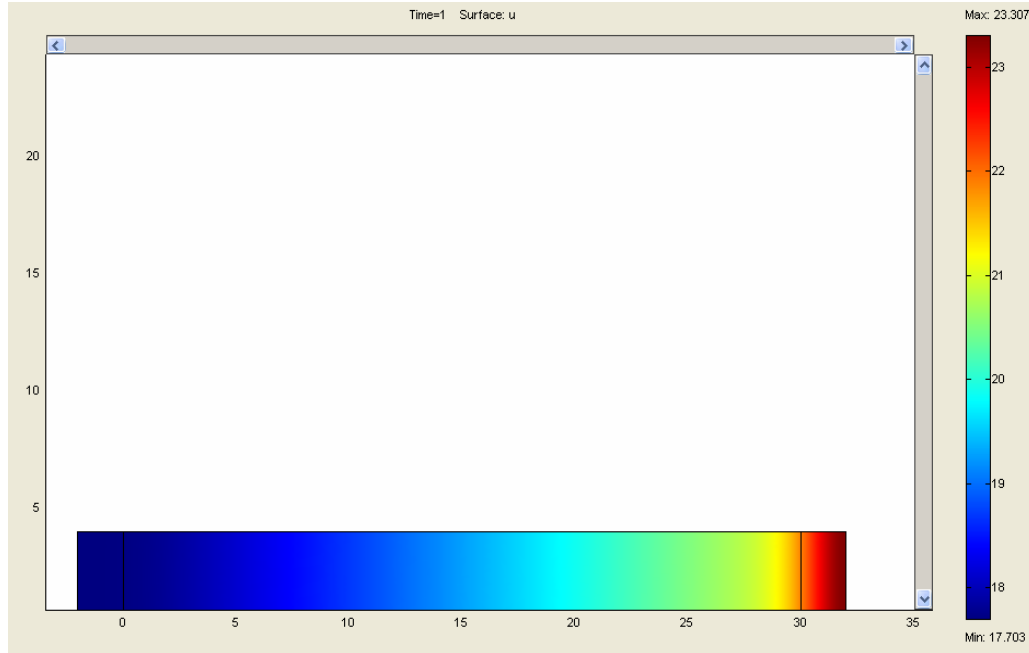
7.8 Kontrol Grubu Sonuçları İçin FEMLAB Modeli Oluşturulması

Kontrol grubu olarak kullanılan Ağustos 2005 dönemine ait oluşturulan FEMLAB modelinde, İstanbul Boğazı boyunca elde edilen tuzluluk dağılımı Şekil 7.14’te verilmektedir.

Tablo 7.11’de kontrol grubuna ait İstanbul Boğazı tuzluluk dağılım sonuçları yer almaktadır.

Tablo 7.11: FEMLAB Ağustos 2005 Sonuçları

Numune	Tuzluluk (ppt)
Rumelikavağı	18,50 – 19,00
Tarabya	19,00 – 19,50
Emirgan	19,50 – 20,00
Bebek	20,00 – 20,50
Salacak	21,00 – 21,50



Şekil 7.14: FEMLAB ile Elde Edilen Ağustos 2005 Döneminde İstanbul Boğazındaki Tuzluluk Dağılımı

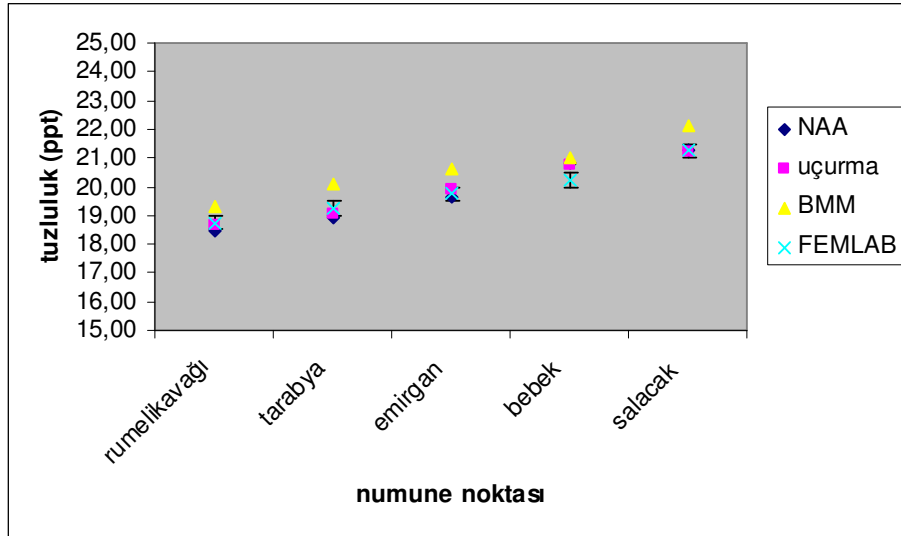
7.8.1 Kontrol Grubu FEMLAB Sonuçlarının Deney Sonuçlarıyla Sınanması

Ağustos 2005 dönemine ait elde edilen deneysel tuzluluk sonuçlarının oluşturulan FEMLAB modeliyle kıyaslanması

Tablo 7.12’de verilmektedir. Şekil 7.15’te kıyaslamanın grafiksel gösterimi bulunmaktadır.

Tablo 7.12: Kontrol Grubu Tuzluluk Sonuçlarının FEMLAB Modeliyle Kıyaslanması

	Rumelikavağı	Tarabya	Emirgan	Bebek	Salacak	ortalama
FEMLAB (ppt)	18,50 – 19,00	19,00 – 19,50	19,50 – 20,00	20,00 – 20,50	21,00 – 21,50	
NAA (ppt)	18,46±0,82	18,91±0,53	19,65±1,18	20,81±0,43	21,29±1,20	
Uçurma (ppt)	18,63±0,72	19,08±0,70	19,92±0,71	20,78±0,72	21,22±0,76	
BMM (ppt)	19,34	20,09	20,65	21,03	22,13	
% Fark (NAA)	0,22	0,48	-		-	0,14
% Fark (uçurma)	-	-	-	1,35	-	0,27
% Fark (BMM)	1,76	2,94	3,15	2,52	2,85	2,64
% Mutlak Fark (NAA)	0,22	0,48	-		-	0,14
% Mutlak Fark (uçurma)	-	-	-	1,35	-	0,27
% Mutlak Fark (BMM)	1,76	2,94	3,15	2,52	2,85	2,64



Şekil 7.15: Kontrol Grubu Deney Sonuçlarının FEMLAB ile Kıyaslanması

8. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu Doktora Tez çalışması ile, öncelikle, nötron aktivasyon analizi kullanılarak, tuzluluk geçiş bölgesinde yüzey tuzluluk seviyelerinin değerlendirilmesine ilişkin deneysel bir çalışma yapılması amaçlanmıştır. Deniz suyu tuzluluk tayinine ilişkin hayli çalışma yapılmış olmasına karşın, nötron aktivasyon analizi ile deniz suyu tuzluluk tayininin yapılmadığı görülmüştür. Bu çalışmada, yöresel farklılık ve bütünlük içeren bir çalışma yapılması hedeflenmiştir. Bu bağlamda, ilk olarak, iki farklı tuzluluk değerine sahip iki deniz arasında dar bir su yolu durumunda olan İstanbul Boğazı yüzey deniz suyu tuzluluk tayini, nötron aktivasyon analizi kullanılarak yapılması amaçlanmıştır.

İstanbul Boğazı yüzey tuzluluğunun incelenmesi; birkaç yönden önem arz etmektedir. Bu bölge, yoğun yerleşim bölgesi içinde yer almasının yanı sıra, önemli bir dar su ve geçiş yolu durumundadır. Ayrıca, dünya denizleri açısından da ayrı bir öneme sahiptir. Böylesi bir bölge için, yüzey deniz tuzluluk değerlerinin hassasiyetle tayininin önemli olacağı düşünülmüştür. Nükleer teknikler içinde hassas sonuçlar verdiği düşünülen nötron aktivasyon analizi ile çalışılması benimsenmiştir. İstanbul Boğazı için tuzluluk tayinine ilişkin olarak (çalışmalarımız dışında) nötron aktivasyon analizi ile çalışıldığına ilişkin bir yayına rastlanmamıştır. Çalışmamız bağlamında matematik model irdelemesi yapılması da hedeflenmiştir. Böylelikle, İstanbul Boğazı yüzey deniz suyu tuzluluk tayinine ilişkin yapılan bu çalışma, genelinde ve özelinde olmak üzere özgünlük içermektedir.

Deneysel çalışmalar için, öncelikle, numune toplama bir sistematik içinde gerçekleştirilmiştir. Bunun için öncelikle numune alım noktalarının mekansal olarak belirlenmesi için seçim kriterleri belirlenmiştir (Bölüm 4.2.).

Söz konusu seçim kriterleri bağlamında ve tuzluluk değer farklılığının görülebileceği “makul” aralıklarla numune alımı benimsenmiştir. Bir başka deyişle, tuzluluk farkının rasyonel olarak izlenebilmesini mümkün kılacak bir aralık olacağı düşünülen 3 km.den daha yakın aralıkla numune alınmamıştır. Buna karşın, İstanbul Boğazını karakterize edebilecek ve farklı bölgelerini betimleyecek şekilde 5 ana istasyon

(Rumelikavağı, Tarabya, Emirgan, Bebek, Salacak olarak) belirlenmiştir. Bunlardan ayrı olarak, giriş (Kilyos) ve çıkış (Tuzla) bölgesi bağlamında numune alımı da yapılmıştır. Böylelikle, toplam 7 farklı numune alım noktasından numune alınmış olmaktadır.

Ayrıca, mevsimsel değişimin önemli olabileceği düşünülmüş ve bu nedenle örnek toplama süreci dört mevsimi de kapsayacak şekilde 1 yıl (12 ay) olarak belirlenmiştir. Bir yıllık süreç içinde örnek toplama periyodu 3 ay olarak belirlenmiştir. Böylelikle, Mayıs 2002'den Mayıs 2003'e kadar 5 kez örnek toplanmıştır. Bunlardan ayrı olarak, birbirini takip eden durumunda olmayan ve kontrol amaçlı kullanılacak, farklı bir dönem (Ağustos 2005) için de numune alımı yapılmıştır.

Titizlikle alınan numuneler, yine titizlikle ışınlamaya hazır hale getirilmiştir. Nötron aktivasyon analizi ile deniz suyu tuzluluk tayinleri yapılabilmesi için gerekli ışınlama önce, İTÜ TRIGA Mark-II Eğitim ve Araştırma Reaktörü'nün tavşan sistemi kullanılarak yapılmış, daha sonra ise Pu-Be kaynağı içeren Howitzer nötron kaynağı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Her iki ışınlama sonuçlarının (Tablo 5.80 – Tablo 5.89 ile Tablo 5.8, Tablo 5.9, Tablo 5.18, Tablo 5.19, Tablo 5.28, Tablo 5.29, Tablo 38, Tablo 5.39, Tablo 5.54, Tablo 5.55) birbirine ileri derecede yakınsadığı görüldükten sonra (Tablo 5.128), nötron aktivasyon analizi ışınlamaları için Howitzer ile ışınlama yapılarak devam edilmiştir.

Çalışmamızda, deniz suyu tuzluluk tayini, nötron aktivasyon analizi kullanılarak, sodyum baz alınarak gerçekleştirilmiştir. Deniz suyu tuzluluk tayinlerinde, farklı özelliklerden yararlanılarak deniz suyu tuzluluğu tayini yapılmaktadır. Konvansiyonel ve kimyasal deniz suyu tuzluluğu tayin yöntemleri, esas itibariyle klor konsantrasyonu tayinine dayanmaktadır. Bu bağlamda, sodyum analizi bağlamında tuzluluk tayini, bu doktora tezi için ayrı bir özgünlük oluşturmaktadır.

İşinlamalarda, numunelerle birlikte ve aynı şartlarda referans sodyumklorür (106405 Merck Katalog No.lu Na Cl) de ışınlanmıştır. Referans numuneye ilişkin sonuçlar Tablo 5.1, Tablo 5.65, Tablo 5.79 görülmektedir. Bu bağlamda, Denklem 4.1 kullanılarak numunelerin tuzlulukları hesaplanmıştır.

Alınan numuneler için, nötron aktivasyon analizinden ayrı olarak, uçurma tekniği ile de tuzluluk tayini yapılmıştır. Böylelikle, İstanbul Boğazı yüzey deniz suyuna ilişkin

olarak nötron aktivasyon analizi dışında, bir deneysel teknik ile de çalışılmış olmaktadır. Buradan hareketle, nötron aktivasyon analizi tekniği ile elde edilen deney sonuçlarının; deniz suyu tuzluluk tayini için konvansiyonel bir teknik olarak kullanılan uçurma tekniği sonuçları ile kıyaslanarak, deneysel bağlamda sınanması hedeflenmiştir.

Yapılan deneysel çalışmalarla, İstanbul Boğazı'nda 7 farklı istasyon için 5 farklı zamana ilişkin alınan numunelere ait deniz suyu tuzluluk değerleri tayin edilmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo 5.2 – Tablo 5.63'de verilmektedir. Bunlardan ayrı olarak kontrol grubu numuneleri için alınan sonuçlar ise Tablo 5.65 – Tablo 5.78'de görülmektedir.

Nötron aktivasyon analizi ile İstanbul Boğazı yüzey deniz tuzluluk değerlerinin (Kilyos kış döneminde) 14,91 ppt ve 23,99 ppt arasında değiştiği görülmüştür. Görüldüğü üzere, tuzluluk değeri farklılığı 1,5 mislinden fazla olmaktadır. Bu husus, Karadeniz ve Marmara denizlerinin tuzluluk farklılığından kaynaklanmakta olup, İstanbul Boğazı'nın bu açıdan önemini de göstermektedir.

Ölçülen en düşük tuzluluk değeri olan 14,91 ppt tuzluluk değeri, Kilyos'tan alınan kış numunesine aittir. En yüksek tuzluluk değeri ise, 23,99 ppt tuzluluk değeri ile Tuzla'dan alınan yaz değeri olmuştur. Bu sonuçlar, anlaşıldığı gibi, Karadeniz ve Marmara'ya en yakın bölgelere ait olup, söz konusu denizlerin tuzluluk karakterlerini yansıtmaktadır.

Elde edilen sonuçların karşılaştırmalı değerlendirmeleri de yapılmıştır. İstanbul Boğazı yüzey deniz suyu tuzluluk değerleri elde edilen deneysel sonuçlarımız incelendiğinde (Tablo 5. 129 – Tablo 5.132 ve Şekil 5.1 – Şekil 5.4) İstanbul Boğazı boyunca, kuzeyden güneye doğru gidildikçe yüzey deniz suyu tuzluluk değerlerinin arttığı görülmektedir. Bu sonucun beklenti doğrultusunda olduğu söylenebilir. Zira, kuzeyde nispeten düşük deniz suyu tuzluluk değerine sahip Karadeniz ve güneyde ise Karadeniz'e göre daha yüksek deniz suyu tuzluluk değerine sahip Marmara denizi yer almaktadır. Dolayısı ile elde edilen sonuçlar da bu yönde değişim göstermektedir.

Buna karşın, belirlenen numune alım noktalarından mevsimsel farklılıklarla, toplanan numunelerin mevsimler bağlamında karşılaştırması yapıldığında (Tablo 5.133 - Tablo 139, Şekil 5.5 – Şekil 5.11), İstanbul Boğazı yüzey deniz suyu

tuzluluk değerlerinin yaz aylarında arttığı görülmektedir. Tersine olarak da, kış aylarında, azaldığı gözlenmektedir. Bu husus, iklimsel ( zellikle sıcaklık ve yağış) rejim değişiklikleri ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Zira, kış aylarında, yağış önemli ölçüde artmaktadır ( ekil 4.4.). Bu da, İstanbul Boğazı'nda yüzey deniz suyu tuzluluk değerinin düşmesine neden olmaktadır. Yağışın düşük olduğu yaz aylarında ise, İstanbul Boğazı'nda yüzey deniz suyu tuzluluk değeri yükselmektedir.

Ayrıca, İstanbul Boğazı yüzey deniz suyu tuzluluk tayinine ilişkin olarak, nötron aktivasyon analizi ile iki ardışık ilkbahar dönemi (Mayıs 2002 ve Mayıs 2003) için nötron aktivasyon analizi ile elde edilen deney sonuçları karşılaştırmıştır (Tablo 5.140 ve  ekil 5.12). Bu karşılaştırmayla aynı ardışık iki döneme ait ortalama deniz suyu tuzluluk farkının 0.13, ortalama yüzde farkın % 0,43, ortalama mutlak farkın % 2,58 olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlarla, mevsimsel yakınsamanın olduğu söylenebilir.

Bundan ayrı olarak, İstanbul Boğazı yüzey deniz suyu tuzluluk tayinine ilişkin olarak, nötron aktivasyon analizi ile iki ardışık olmayan yaz dönemi (Ağustos 2002 ve Ağustos 2005) için nötron aktivasyon analizi ile elde edilen deney sonuçları karşılaştırmıştır (Tablo 5.141 ve  ekil 5.13). Bu karşılaştırmayla aynı mevsimsel dönem ancak ardışık olmayan iki döneme ait ortalama deniz suyu tuzluluk farkının 0,55, ortalama yüzde farkın % 2,62, ortalama mutlak farkın % 2,62 olduğu belirlenmiştir. Artık, bu sonuçlarla, mevsimsel periyodik bir salınımın olduğu ve mevsimsel değerlerin birbirine yakınsadığı söylenebilir. Bir başka deyişle, mevsimsel belli bir periyodik değişimin olduğu gözlenmiştir.

Öte yandan, deneysel bağlamda, nötron aktivasyon analizi sonuçları, deniz suyu tuzluluk tayini için konvansiyonel bir teknik olan uçurma deneyi sonuçları ile karşılaştırmıştır (Tablo 5.142 – Tablo 5.146, Tablo 5.148 ve  ekil 5.14 –  ekil 5.18). Genel toplu değerlendirme, Tablo 5.147'de verilmektedir. Bu karşılaştırma sonucu, genel ortalama deniz suyu tuzluluk farkının – 0,67, genel ortalama yüzde fark ve genel ortalama mutlak farkın % 3,58 olduğu görülmüştür. Öte yandan, kontrol grubunda da nötron aktivasyon analizi ve uçurma tekniği sonuçlarının birbirine uyumu gözlenmiştir (Tablo 5.148). Bu sonuçlardan hareketle, nötron aktivasyon analizi ile sodyuma dayanan deniz suyu tuzluluk tayininin uygun olduğu söylenebilir.

Böylelikle, sodyuma dayalı tuzluluk belirlemesi bağlamında gerçekleştirilmiş olan nötron aktivasyon analizi ile deniz suyu tuzluluk tayininin uygunluğu da görülmüş olmaktadır. Dolayısıyla, kimyasal deniz tuzluluğu tayin yöntemlerinde klor konsantrasyonuna dayalı yapılan tuzluluk tayininden ayrı olarak, özgünlükle, sodyuma bağlı olarak deniz tuzluluk tayininin yapılabilir olduğu gösterilmiş bulunmaktadır.

Bunlardan ayrı olarak, literatürde İstanbul Boğazı'na ilişkin olarak (grafiksel bağlamda) ulaşılan deniz suyu tuzluluk değerleri (Şekil 5.19) ile de nötron aktivasyon analizi ile ulaştığımız deney sonuçları (literatürden bulunabilen) ilkbahar değerleri bağlamında sınanmıştır (Tablo 5.149 – Tablo 5.153). Bu sına sonucunda Mayıs 2002 ilkbahar dönemi için, nötron aktivasyon analizi ile literatür değerlerinin ortalama yüzde farkının % 1'in altında, ortalama yüzde mutlak farkının ise, % 1,5 dolayında olduğu belirlenmiştir. Mayıs 2003 ilkbahar dönemi için ise, nötron aktivasyon analizi ile literatür değerlerinin örtüştüğü tespit edilmiştir. Dolayısıyla ile nötron aktivasyon deneyi sonuçları literatür değerlerine yakınsamıştır. Böylelikle de, nötron aktivasyon analizi ile deniz suyu tuzluluk tayininin güvenilirliği, uçurma ve literatür sonuçlarıyla sınanarak gösterilmiş olmaktadır.

Öte yandan, uçurma deneyi sonuçları da literatürle kıyaslanmıştır. Uçurma yöntemi ile elde edilen Mayıs 2002 tuzluluk değerlerinin, ilkbahar literatür değerleriyle ortalama yüzde farkının ve ortalama yüzde mutlak farkının % 2,86 ile, % 3'ün altında kaldığı görülmektedir (Tablo 5.149 – Tablo 5.150). Mayıs 2003 tuzluluk değerlerinin ise, ilkbahar literatür değerleriyle ortalama yüzde farkının ve ortalama yüzde mutlak farkının % 1 dolayında olduğu görülmektedir. Uçurma deneyi sonuçlarının da literatür sonuçlarına yakınsadığı görülmektedir. Ancak, nötron aktivasyon analizi ile yakınsamanın daha ileri derecede olduğu da gözlenmektedir.

Burada, uçurma yöntemi sonuçlarındaki daha yüksek farklılığın yöntemin doğası gereği elde edilen rezidüde sadece tuzluluk elemanının değil, aynı zamanda kirlilik elemanlarının da bulunuyor olmasından kaynaklandığı söylenebilir. Oysa, sodyuma dayalı deniz tuzluluğu tayininde rezidüdeki sodyumdan hareketle tuzluluk belirlemesi yapıldığından kirlilik elemanlarının etkisi düşmektedir. Bu bakımdan, nötron aktivasyon analizi ile deniz tuzluluk tayininin uygunluğundan bahsedilebilir.

Yapılan bütün bu çalışmalar bağlamında ulaşılan sonuçlarla bir matematik modelleme yapılabileceği düşünülmüştür. Bu düşünceden hareketle, yere ve zamana

bağlı modelleme geliştirilmeye çalışılmıştır. Söz konusu matematik modelleme için genel bazı kabuller yapılmıştır (Bölüm 6.1). Bu bağlamda yere ve zamana bağlı değişim fonksiyonlarının birbirinden ayrılabilmesi kabulü yapılmıştır.

Yere bağlı modelleme çerçevesinde İstanbul Boğazı yüzey deniz tuzluluk değişim fonksiyonu olarak eksponansiyel bir fonksiyon önerilmiştir (Denklem 6.2). İstanbul Boğazı yüzey deniz tuzluluk değişim fonksiyonu olarak önerilen eksponansiyel fonksiyon içinde yer alan tuzluluğun yere bağlı dağılım katsayısı (β) tayini Matlab regresyon analizi ile $\beta = 0,22$ olarak tayin edilmiştir (Ek: B ve Tablo 6.2).

Zamana bağlı modelleme çerçevesinde İstanbul Boğazı yüzey deniz tuzluluk değişim fonksiyonu olarak sinüzoidal bir fonksiyon önerilmiştir (Denklem 6.12). İstanbul Boğazı yüzey deniz tuzluluk değişim fonksiyonu olarak önerilen sinüzoidal fonksiyon içinde yer alan tuzluluğun mevsimsel değişim katsayısı (α) tayini Matlab regresyon analizi ile $\alpha = 0,075$ olarak tayin edilmiştir (Ek: C ve Tablo 6.13).

Yere ve zamana bağlı önerilen bileşik model ise Denklem 6.13'te görülmektedir. Bu şekilde, İstanbul Boğazı yüzey tuzluluk değişimine bağlı yere ve zamana bağlı bir analitik model önerilmiş olmaktadır.

Önerilen matematik model farklı açılardan sınanmıştır. Bu amaçla, regresyon analizi nötron aktivasyon analizi sonuçlarıyla yapılmış olduğundan, sına tuzluluk tayini için konvansiyonel bir teknik olarak kullanılan uçurma yöntemi sonuçları ile ve literatür değerleriyle yapılmıştır.

Yere bağlı modelin bu bağlamda sınanması Tablo 6.3 - Tablo 6.7 ve Şekil 6.2 – Şekil 6.6'da görülmektedir. Bu sına sonucunda, uçurma yöntemiyle ortalama yüzde ve ortalama yüzde mutlak farkın % 6,5'in altında kaldığı, literatür değerleriyle (Tablo 6.11) ise, % 1,5'in altında kaldığı gözlenmiştir.

Zamana bağlı modelin sınanması, Tablo 6.14 - Tablo 6.17 ve Şekil 6.10 – Şekil 6.13'de verilmektedir. Bu sına sonucunda, uçurma yöntemiyle ortalama yüzde farkının % 3'ün altında ve ortalama yüzde mutlak farkın % 3 dolayında olduğu belirlenmiştir.

Önerilen bileşik modelin sınanması ise, Tablo 6.21 - Tablo 6.22'de görülmektedir. Bileşik modelin sınanması sonucunda ise, uçurma yöntemiyle ve literatürle ortalama

yüzde farkının ve ortalama yüzde mutlak farkın % 3 dolayında olduğu tespit edilmiştir.

Bu sınamalar sonucunda, önerilen analitik modelin sınama sonuçlarının uygun olduğu ve gerçeğe yakınsadığı söylenebilir. Bir başka deyişle, söz konusu geliştirilen analitik modelin İstanbul Boğazı yüzey tuzluluk değeri tayini için kullanılabileceği önerilmektedir.

Bütün bu çalışmalarla ulaşılan sonuçlarla yetinilmemiş ve konuya ilişkin kullanılabileceği önerilen bir bilgisayar programı olan FEMLAB 3.1 ile çalışılarak değerlendirme yoluna gidilmiştir. Bu amaçla, İstanbul Boğazı tuzluluk değerlendirmesi, tek boyutlu difüzyon denkleminin çözdürülmesi ile gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, Tablo 7.1 – Tablo 7.4 ve Şekil 7.6 – Şekil 7.9’da verilmiştir.

FEMLAB 3.1 ile ulaşılan sonuçlar, nötron aktivasyon analizi sonuçlarıyla, uçurma yöntemi sonuçlarıyla ve tarafımızdan önerilen bileşik analitik model ile karşılaştırılmıştır. Söz konusu karşılaştırma sonuçları, Tablo 7.5 – Tablo 7.9’da verilmekte, grafik olarak ise Şekil 7.10 – Şekil 7.13’te görülmektedir. Genel Kıyaslama ise Tablo 7.10’da verilmiştir.

Yapılan karşılaştırmalar sonucunda, FEMLAB 3.1 ile nötron aktivasyon analizi arasındaki ortalama yüzde fark ve ortalama yüzde mutlak fark % 2’nin altında kalmıştır. Uçurma yöntemi ile FEMLAB 3.1 arasındaki ortalama yüzde fark ve ortalama yüzde mutlak farkın % 4,5’un altında olduğu görülmüştür. Önerilen bileşik analitik model ile FEMLAB 3.1 arasındaki ortalama yüzde farkı ve ortalama yüzde mutlak farkın % 2,5’un altında kaldığı gözlenmiştir.

Bütün bu sonuçlar, nötron aktivasyon analizi ile deniz suyu tuzluluk tayininin güvenilirlikle uygulanabileceğini göstermektedir. Bir başka deyişle, bu doktora tezinin deneysel özgünlüğü çerçevesinde, nötron aktivasyon analizinin deniz suyu tuzluluk tayini için kullanılabileceği gösterilmiş olmaktadır.

Ayrıca, önerilen yere, zamana bağlı ve de bileşik analitik modellerin İstanbul Boğazı deniz yüzey tuzluluk tayini için güvenilirlikle kullanılabileceği söylenebilir. Bu bağlamda, bileşik model, deneysel sonuçlarla sınanmaktan ayrı bir

de, (FEMLAB 3.1) teorik çözümleme sonuçlarıyla kıyaslanarak sınanmış ve güvenilirliği gösterilmiştir.

Öz olarak, belirtmek istenirse, deniz suyu tuzluluk tayini için nötron aktivasyon analizinin kullanılabileceği bu doktora tezinin deneysel özgünlüğü içinde gösterilmiş ve geliştirilen orijinal, yere, zamana bağlı ve de bileşik analitik modellerin İstanbul Boğazı deniz yüzey tuzluluk tayini için güvenilirlikle kullanılabileceği önerilmiş olmaktadır. Dolayısıyla, deneysel ve önerilen analitik model bağlamında farklı yönlerden özgün bir çalışma gerçekleştirilmiş bulunmaktadır.

KAYNAKLAR

- Alfassi, Z.B.**, 1990. Activation Analysis, CRC Press, Boca Roton
- Almeas, K., Richard, L.**, 1992. Nuclear Engineering : An Introduction, Springer Verlag, Berlin
- Al-Khateeb, S.A.**, 2006. Effect of salinity and temperatre on germination, growth and ion relations of *Panicum turgidum* Forssk, *Bioresources Technology*, **97**, 292-298
- Altınsoy, N., Tuğrul, A.B.**, 1999. Radiotracer appication for turbulent dispersion of fluids, *Applied Radiation and Isotopes*, **51**, 367-375.
- Angeli, C., Leonardi, E.**, 2005. The effect of thermodiffusion on the stability of a salinity gradient solar pond, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, **48**, 4633-4639
- Backryd, R.D.**, 2005. Simulation of heat transfer on a gas sensor components, *Ph.D*, Matematiska Institutionen, Linköpings Universitet, Sweden
- Banas, L.**, 2004. Solution of convection-diffusion equation by the method of characteristics, *Journal of Computational and Applied Mathematics*, **168**, 31-39
- Bandong, B.B., Volpe, A.M., Esser, B.K., Bianchini, G.M.**, 2001. Pre-concentration and measurement of low levels of gamma-ray emitting radionuclides in coastal waters, *Applied Radiation and Isotopes*, **55**, 653-665
- Bayazıt, M.**, 1987. Marmara Takım Adalarının Kıyılarında Deniz Hareketleri, İ.T.Ü. Rektörlüğü Su ve Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Uygulama Araştırma Merkezi
- Bernier, D.R., Christia, P., Longan, J.**, 1997. Nuclear Medicine Technology and Techniques, Mosby, St.Louis
- Beşiktepe, Ş., Özsoy, E., Latif, M.A., Oğuz, T.**, 2000. Marmara Denizi'nin hidrografisi ve dolaşımı, *Marmara Denizi 2000 Sempozyumu*, İstanbul, 11-12 Kasım
- Beşiktepe, Ş., Sur, H.İ., Özsoy, E., Latif, M.A., Oğuz, T., Ünlüata, Ü.**, 1994. The circulaion and hydrgraphy of the Marmara Sea, *Progress in Oceanography*, **34**, 285-334
- Bhatt, J.J.**, 1978. Exploring The Planet Ocean, D.Van Nostrand Company, New York
- Bilge, A.N.**, 1991. Endüstride Nükleer Teknikler, İstanbul Teknik Üniversitesi Yayınları
- Camps, A., Corbella, I., Font, J., Etchetto, J., Duffo, N., Vall-Ilossera, M., Bara, J., Torres, F., Wursteisen, P., Martin-Neira, M.**, 2000. WISE 2000

campaign: sea surface salinity and wind retrievals from L-band radiometry, *Remote Sensing of the Ocean and Sea Ice 2000*, **4172**, 65-73

- Chaikin, P.M., Lubensky, T.C.**, 1995. Principles of Condensed Matter Physics, Cambridge University Press United Kingdom
- Cong, J., Zhang, X., Chn, K., Xu, J.**, 2002. Fiber optic Bragg grating sensor based on hydrogels for measuring salinity, *Sensors and Actuator B*, **87**, 487-490
- Cox, R.A., Culkin, F., Greenhalgh, R.J.P.**, 1962. The chlorinity, conductivity and density of sea water, *Nature*, **193(4815)**, 518-520
- Curcio, S., Calabro, V., Iorio, G.**, 2005. A theoretical analysis of transport phenomena in membrane concentration of liquorice solutions: A FEM approach, *Journal of Food Engineering*, **71**, 252-264
- Davila, P.M., Figueroa, D., Müller, E.**, 2002. Freshwater input into the coastal ocean and its relation with the salinity distributin off austral Chile, *Contnental Shelf Research*, **22**, 521-534
- Dehghan, M.**, 2005. On the numerical solution of the one-dimensional convection-diffusion equation, *Mathematical Problems in Engineering*, **1**, 61-74
- Dera, J.**, 1992. Marine Physics, Elsevier, Warszawa
- Dinescu, L.C., Dului, O. G.**, 2001. Heavy metal pollution of Danube delta lacustrine sediments studied by neutron activation analysis, *Applied Radiation and Isotopes*, **54**, 853-859
- Er, Z.**, 1995. Çeşitli madensuyu ve sodaların radyoaktivite seviyelerinin tayini, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Nükleer Enerji Enstitüsü, İstanbul.
- Flecker, R., Villiers, S., Ellam, R.M.**, 2002. Modellin of the effect of evaporation on the salinity- $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ relationship in modern and ancient marginal-marine systems: the Mediterranean Messinian salinity crisis, *Earth and Planetary Science Letters*, **203**, 221-233.
- Font, J., Kerr, Y.H., Srokosz, M.A., Etcheto, J., Lagerloef, G., Camps, A., Waldeufel, P.**, 2001. SMOS: A satellite mission to measure ocean surface salinity, *Atmospheric Propogation, Adaptive Systems, and Laser Radar Technology for Remote Sensing*, **4167**, 207-214
- Gert, S.**, 2003. Condensed Matter Physics, Springer, New York
- Gilmore, G., Hemingway, J.**, 1998. Practical Gamma Ray Spectroscopy, Wiley, Chichester
- Gil-Kang, S., Choi, M.S., Oh, I.S., Wright, D.A., Koh, C.H.**, 1999. Assessment of metal pollution in Onsan bay, Korea using Asian periwinkle *Littorina brevicula* as a biomonitor, *The Science and the Total Environmet*, **234**, 127-137
- Gönül, B., Yılmaz, M., Özer, O., Zorba, İ.**, 2000. Experiments in Nuclear Physics, University of Gaziantep Press
- Graff, M., Ranche, E., Urban, H., Kaiser, M., Alberts, L., Emmerich, R., Elsner, R.**, 2005. Numerical simulation of microwave field distribution for

- bifocal plasma sources, *Surface and Coating Technology*, **200**, 904-908
- Grasshoff, K., Kremling, K. & Ehrhardt, M.**, 1999. Methods of Seawater Analysis, Wiley, New York
- Gross, M.G.**, 1987. A View of Earth, Prentice Hall, New Jersey
- Grunwald, B., Holst, G.A.**, 1999. Fiber optic microsensor for refractive index and salinity based on SPR, *Fiber Optic Sensor Technology and Applications*, **3860**, 472-479
- Guenther, R.**, 1990. Modern Optics, John Wiley & Sons, Canada
- Gujarati, D.**, 1999. Essentials of Econometrics, McGraw Hill
- Güngör, N., Tulun, T., Alemdar, A.**, 1998. Determination of trace elements by instrumental neutron activation analysis in Anatolian bentonitic clays, *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B*, **142**, 555-560
- Güvelioğlu, G.H., Stenger, H.G.**, 2005. Computational fluid dynamics modelling of polymer electrolyte membrane fuel cells, *Journal of Power Sources*, **147**, 95-106
- Güvenlik Raporu** , 1978. Safety Analysis Report For The TRIGA Mark II Reactor For The Institute For Nuclear Energy Technical University of Istanbul
- Hagin, F. G., Cohen, J.K.**, 1995. Calculus Explorations with Matlab, Prentice Hall, New Jersey
- Harris, J.R.W.**, 2003. Apparent homeostasis in the surface salinity of a turbid macrotidal estuary, *The Science of the Total Environment* **314-316**, 651-663
- Haasl S.**, 2005. Assembly of Microsystems for optical and fluidic applications, *Ph.D.*, KTH Microelectronics and Information Technology, Stockholm, Sweden
- <http://earth.google.com>
<http://www.shodb.gov.tr>
İski 1999 Raporu, (<http://www.iski.gov.tr>)
İski 2000 Raporu, (<http://www.iski.gov.tr>)
İski 2002 Raporu, (<http://www.iski.gov.tr>)
İsmail, H.N.A., Elbarbary, E.M.E., Salum, G.S.E., 2004. Retricted Taylor's approximation for solving convection-diffusion equation, *Applied Mathematic and Computation*, **147**, 355-363
- Johansen, G. A., Jackson, P.**, 2000. Salinity independent measurement of gas volume fraction in oil/gas/water pipe flows, *Applied Radiation and Isotopes*, **53**, 595-601

- Jones, J.E., Howarth, M.J.,** 1995. Salinity models of the Southern North Sea, *Continental Shelf Research*, **15**, 705-727
- Jungclaus, J.H., Mellor, G.H.,** 2000. A three dimensional model study of the Mediterranean outflow, *Journal of Marine Systems*, **24**, 41-66
- Kafafy, R.I.,** 2005. Immersed finite element particle-in-cell simulations of propulsion, *Ph.D.*, Aerospace Engineering, Virginia Polytechnic Institute and State University
- Karaaslan, S.I., Tuğrul, A.B.,** 2004. New Approach to Salinity Determination and Salinity Dispersion, 8. *International Water Technology Conference*, Alexandria, 26-28 March, 163-175
- Karaaslan, S.I., Tuğrul, A.B.,** 2005. Mathematical Model Along Bosphorous, 9. *International Water Technology Conference*, Sharm El Shekh, 17-20 March, 1257-1264
- Khmesee, M.B., Shameli, E.,** 2005. Regulation technique for a large gap magnetic field for 3D non-contact manipulation, *Mechatronics*, **15**, 1073-1087
- Kim, G.Y., Kim, K.,** 1999. Intermediate Waters in the East/Japan Sea, *Journal of Oceanography*, **55**, 123-132
- Knoll, G.F.,** 1982. Radiation Detection and Measurement, John Wiley & Sons, New York
- Köksal, B.A.,** 1995. İstatistik Analiz Metodları, Çağlayan Kitabevi
- Krauss, K.W., Allen, J.A.,** 2003. Influences of salinity and shade on seedling photosynthesis and growth of two mangrove species, *Rhizophora mangle* and *Bruguiera sexangula*, introduced to Hawaii, *Aquatic Botany*, **77**, 311-324
- Kurup G.R., Hamilton, D.P., Patterson, J.C.,** 1998. Modelling the effect of seasonal flow variations on the position of salt wedge in a microtidal estuary, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **47**, 191-208
- Leung, K.M.Y., Morritt, D., Wheeler, J.R., Whitehouse, P., Sorokin, N., Toy, R., Holt, M., Crane, M.,** 2001. Can Saltwater Toxicity be Predicted from Freshwater Data?, *Marine Pollution Bulletin*, **42**, 1007-1013
- Letolle, R., Chesterikoff, A.,** 1999. Salinity of surface waters in the Aral Sea region, *International Journal of Salt Lake Research*, **8**, 293-306
- Lein, I., Tveite, S., Gjerd, B., Holmefjord, I.,** 1997. Effects of salinity on yolk sac larvae of Atlantic halibut, *Aquaculture*, **156**, 291-303
- Li, J., Matsumoto, J.,** 1999. A heterogeneous level method for three-dimensional hydrodynamics and salinity bay modelling, *Mathematics and Computers in Simulation*, **49**, 27-39.
- Lilley, J.,** 2001. Nuclear Physics Principles and Applications, Wiley, West Sussex
- Liu, W.C., Hsu, M.H., Kuo, A.Y.,** 2002. Application of different turbulence closure model for stratified tidal flows and salinity in an estuarine system, *Mathematics and Computers in Simulation*, **59**, 437-451.

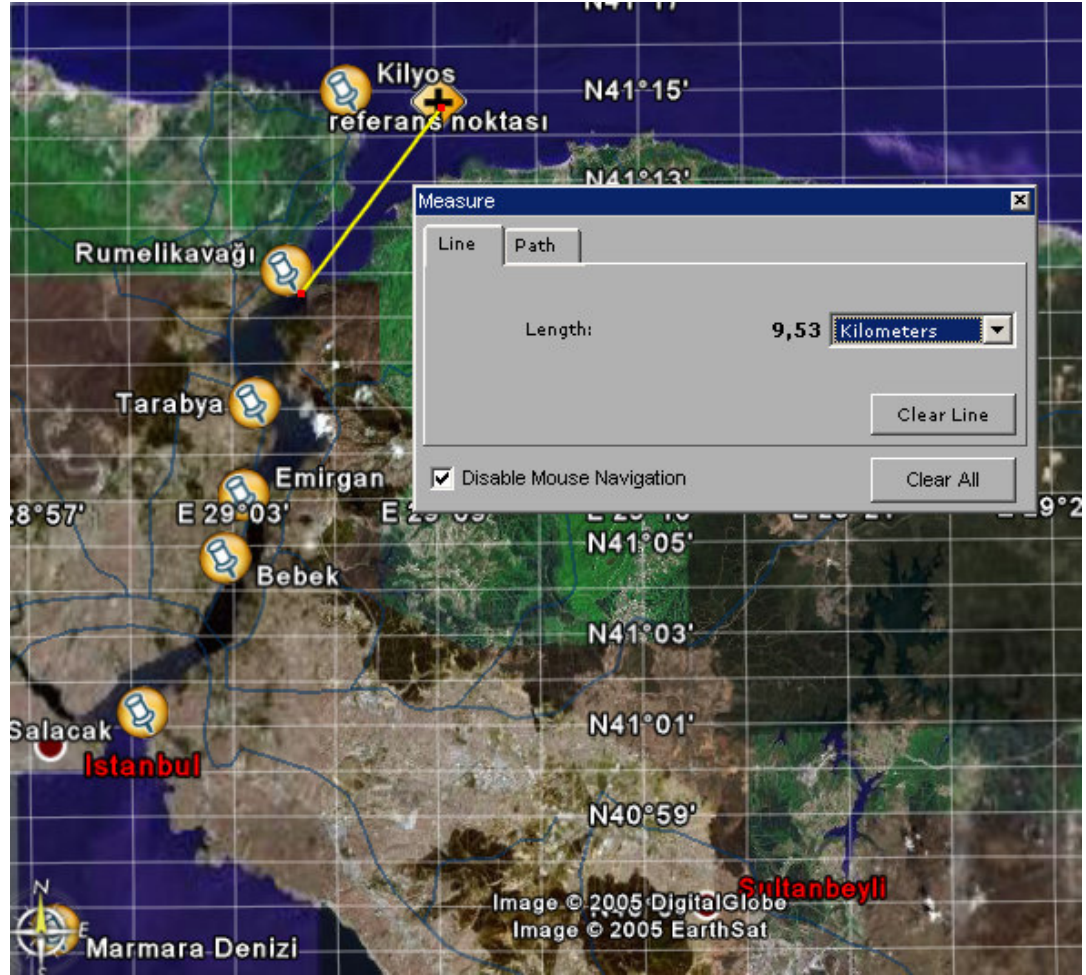
- Liu, W.**, 2004. Electro-thermal simulations and measurements of silicon carbide power transistors, *Ph.D.*, KTH Microelectronics and Information Technology, Stockholm, Sweden
- Maderich, V., Konstantinov, S.**, 2002. Seasonal dynamics of the system sea-strait: Black Sea-Bosphorus case study, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **55**, 183-196.
- McAllen, R., Taylor, A.**, 2002. The effect of salinity change on the oxygen consumption and swimming activity of the high-shore rockpool copepod *Tigriopus brevicornis*, *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, **263**, 227-240
- Merck**, 1996. Kataloğu
- Meyerhof, W.E.**, 1989. Elements of Nuclear Physics, McGraw Hill, Singapore
- Mohand, M., Michel, M.**, 2000. Engineering Applications of Matlab 5.3 and Simulink 3, Springer, London
- Moustakas, C.Th., Watanabe, W.O., Copeland, K.A.**, 2004. Combined Effects of Photoperiod and Salinity on Growth, Survival and Osmoregulatory Ability of Larval outhern Flounder *Paralichthys lethostigma*, *Aquaculture*, **229**, 159-179
- Nucleus kullanma kılavuzu**
- O'Connor, W.A., Lawler, N.F.**, 2004. Salinity and temperature tolerance of embryos and juveniles of the pearl oyster, *Aquaculture*, **229**, 493-506
- Oğuz, T., Özsoy, E., Latif, M.A., Ünlüata, Ü.**, 1990. Modelling of hydraulically controlled exchange flow in the Bosphorus Strait, *Journal Physical Oceanography*, **20**, 945-965
- Özsoy, E., Latif, A.M., Beşiktepe, Ş.T., Gaines, A.**, 1995. Fluorescent Dye Measurements of the Mixing and Transport of Wastewater Discharge in the Bosphorus, *Water Science Technology*, **32 (2)**, 61-68.
- Özsoy, E., Ünlüata, Ü.**, 1997. Oceanography of the Black Sea: a review of some recent results, *Earth Science Reviews*, **42**, 231-272
- Özsoy, E., Oğuz, T., Latif, A.M., Ünlüata, Ü., Sur, H.İ., Beşiktepe, Ş.T.**, 1998. Oceanography of the Turkish Straits – Second Annual Report, Vol 1, *Physical Oceanography of the Turkish Straits*, Institute of Marine Sciences, METU, İçel.
- Özsoy, E., Beşiktepe, Ş., Latif, M.A.**, 2000a. Türk Boğazlar Sistemi'nin Oşinografisi, *Marmara Denizi 2000 Sempozyumu*, İstanbul, 11-12 Kasım
- Özsoy, E., Gergg, M., Fohrmann, H., Backhaus, J.O.**, 2000b. The Bosphorous Strait and its Shelf Outflow into the Black Sea: experiments and modelling. Oceanic Fronts and Related Phenomena, Proceedings of the Konstantin Fedorov International Memorial Symposium, St.Petersburg, International Oceanographic Commission Workshop Report No.159, 386-391

- Özsoy, E., D, Iorio, D., Gregg, M., Backhaus, J.,** 2001. Mixing in the Bosphorus Strait and the Black sea Continental Shelf: Observations and a Model of the Dense Water Outflow, *Journal of Marine Systems*, **31**, 99-135
- Özsoy, E., Latif, A.M., Beşiktepe, Ş.T.,** 2002. The Current system of the Bosphorous Strait based on recent measurements, *The 2nd Meeting on the Physical Oceanography of Sea Straits*, Villefranche, 15-19 April, 177-180
- Paluszkievicz, T., Hibler, L.F., Richmond, M.C., Bradley, D.J., Thomas, S.A.,** 2001. Modelling the Potential Radionuclide Transport by the Ob and Yenisey Rivers to the Kara Sea, *Marine Pollution Bulletin*, **43**, 111-121
- Petrucci, R.H.,** 1993. General Chemistry: Principles and Modern Applications, Macmillan, New York
- Pfafferodt, M., Heidebrecht, P., Stelter M., Sundmacher, K.,** 2005. Model based prediction of suitable operating range of a SOFC for an auxillary power unit, *Journal of Power Sources*, **149**, 53-62
- Poulichet-Elbaz, F., Dupuy, C.,** 1999. Behaviour of Rare Earth Elements at the Freshwater-Seawater Interfac of Two MineRivers: the Tinto and Odiel, *Applied Geochemistry*, 1063-1072.
- Punt, A.G., Millward, G.E., Harris, J.R.W.,** 2003. Modelling solute transport in the Tweed Estuary, UK using EcoS, *The Science and the Total Environment*, **314-316**, 715-725.
- Ramakrishna, V.V.S., Acharya, R.N., Reddy, A.V.R., Garg, A.N.,** 2001. Use of Gold as Monostandard for The Determination of Elemental Concentrations in Environmental SRMs and Ganga River Sediments by The k_0 Method, *Applied Radiation and Isotopes*, **55**, 595-602
- Rejmankova, E., Komarkova, J.,** 2005. Response of cyanobacterial mats to nutrient and salinity changes, *Aquatic Botany*, **83**, 87-107
- Ritter, J.A., Ebner, A.D., Damel, K.D., Stewart, K.L.,** 2004. Applicatin of high gradient magnetic separation principles to magnetic drug targeting, *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, **280**, 184-201
- Romano, V.R., Marra, F., Tammara, U.,** 2005. Modelling of microwave heating of foodstuff: study on the influence of sample dimensions with a FEM approach, *Journal of Food Engineering*, **71**, 233-241
- Rucker, D.F., Warrick, A.W., Ferre, T.P.A.,** 2005. Parameter equivalence for the Gardner and van Genuchten soil hydraulic conductivity functions for steady vertical flow with inclusions, *Advances in Water Resources*, **28**, 689-699
- Saha, G.B.,** 2001. Physics and Radiobiology of Nuclear Medicine, Springer Verlag, New York
- Samuelsson, M.,** 1996. Interannual salinity variations in the Baltic Sea during the period 1954-1990, *Continental Shelf Research*, **42(11)**, 1017-1030

- Sapariuc, I., Marcozzi, M.D., Flaherty, J.E.,** 2004. A numerical analysis of variational valuation technique for derivative securities, *Applied Mathematics & Computation*, **159**, 171-198
- Schinjndel, A.W.M.,** 2003. Modelling and solving building physics problems with Femlab, *Building and Environment*, **38**, 319-327
- Siedler, G., Church J., Gould J.,** 2001. Ocean Circulation & Climate, International Geophysics Series vol 77, Academic Press, London
- Soete, D., Gijbels, R., Hoste, J.,** 1972. Neutron Activation Analysis, Wiley, London
- Strokozov, A.N., Buessler, O.K.,** 1999. Mixing model for the north west Black sea using ^{90}Sr and salinity as tracers, *Journal of Environment Radioactivity*, **43**, 173-186
- Tuncer, S.,** 1991. Çeşitli içme sularında radyoaktivite seviyelerinin tayini, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Nükleer Enerji Enstitüsü, İstanbul.
- Uncles, R.J.,** 2003. From catchment to coastal zone: examples of the applications of model to some long-term problems, *The Science of the Total Environment*, **314-316**, 567-588
- UNESCO,** 1981a. Background papers and supporting data on the Practical Salinity Scale 1978, *UNESCO, Technical paper in Marine Science*, **37**
- UNESCO,** 1981b. Background papers and supporting data on the International Equation of State 1980, *UNESCO, Technical paper in Marine Science*, **38**
- Ünlüata, Ü., Oğuz, T., Latif, M.A., Özsoy, E.,** 1990. On the physical oceanography of the Turkish Straits: In: Pratt L.J. (Ed.). The Physical Oceanography of Sea Straits NATO/ASI Series, Kluwer Dordrecht, 25-60
- Williams, W.D.,** 1998. Salinity as a Determinant of the Structure of Biological Communities in Salt Lakes, *Hydrobiologia*, **381**, 191-201
- Woody, C., Shih, E., Miller, J., Royer, T.,** 2000. Measurement of Salinity in the Coastal Ocean: A Review of Requirements and Technologies, *Marine Technology Society Journal*, **34**, 26-34
- Yiğit, Z.,** 1996. Endüstriyel atık malzemesi olan kağıt ile bor elementi kullanılarak nötron zırhlamasında etkili bir zarf geliştirilmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Nükleer Enerji Enstitüsü, İstanbul.
- Yüce, H.,** 1996. On the variability of Mediterranean water flow into the Black Sea, *Continental Shelf Resources*, **16-11**, 1399-1413

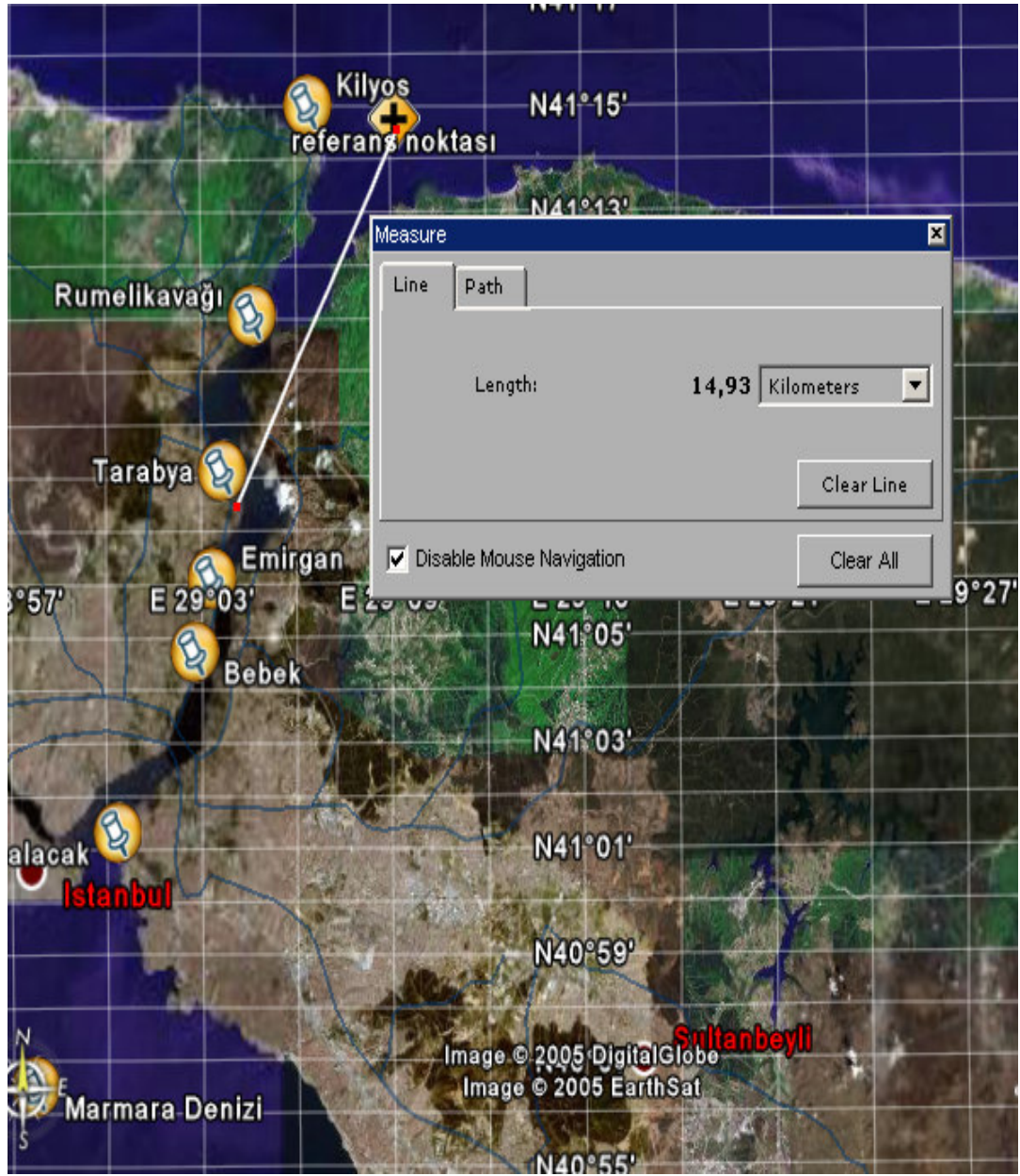
EK A

Ek A'da google earth program kullanılarak İstanbul Boğazı için numune alınan noktaların referans noktaya göre mesafeler yer almaktadır. Şekil A.1'de Rumelikavağı numune noktasının Karadeniz girişinde buluna referans noktaya göre uzaklığının hesaplanan değeri bulunmaktadır.

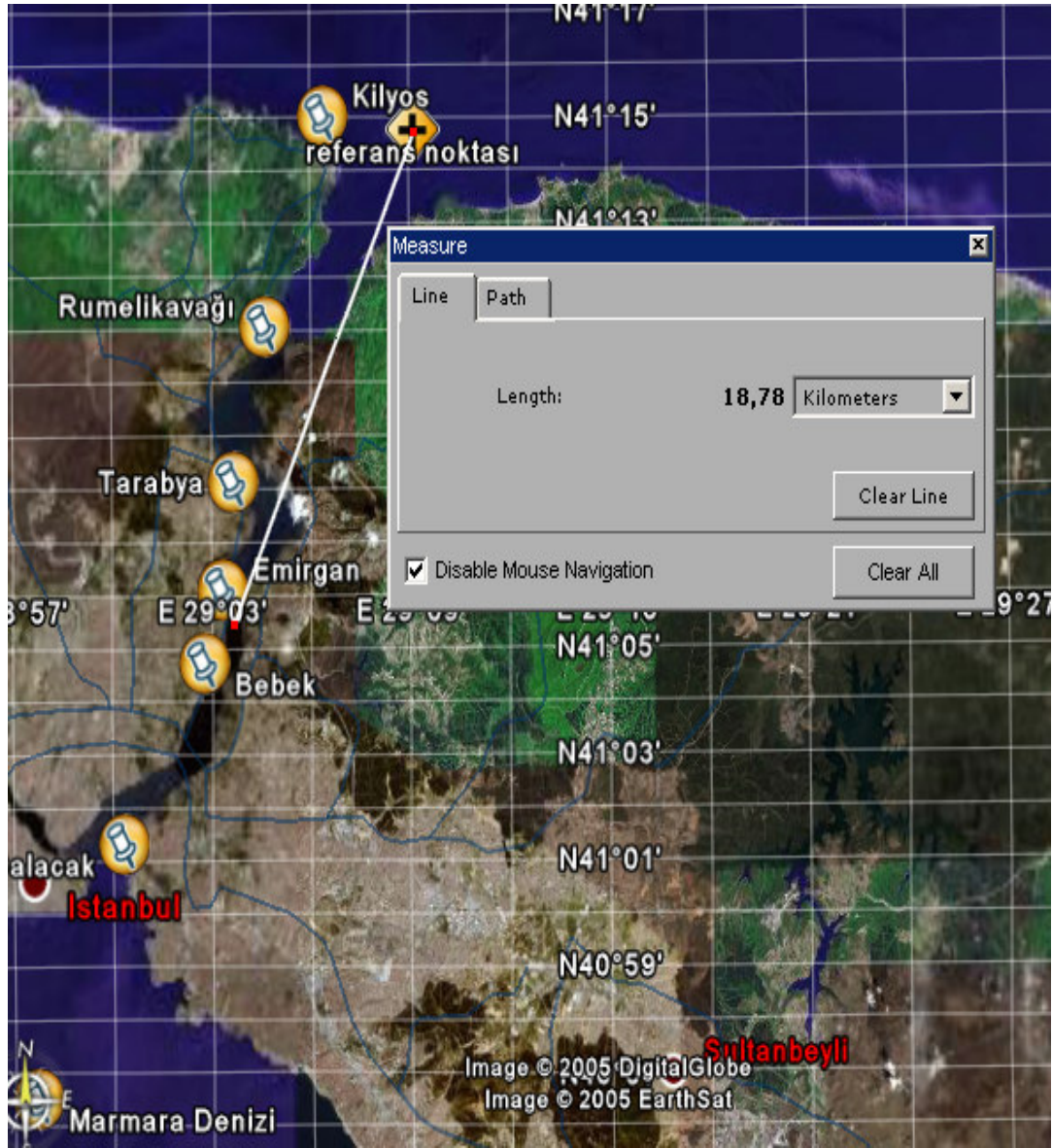


Şekil A.1: Rumelikavağı Numune Noktasının Referans Noktaya Uzaklığı

Şekil A.2'de Tarabya numune noktasının ve Şekil A.3'te ise Emirgan numune noktasının Karadeniz girişinde bulunan referans noktaya göre uzaklığının hesaplanan değerleri bulunmaktadır.



Şekil A.2: Tarabya Numune Noktasının Referans Noktaya Uzaklığı

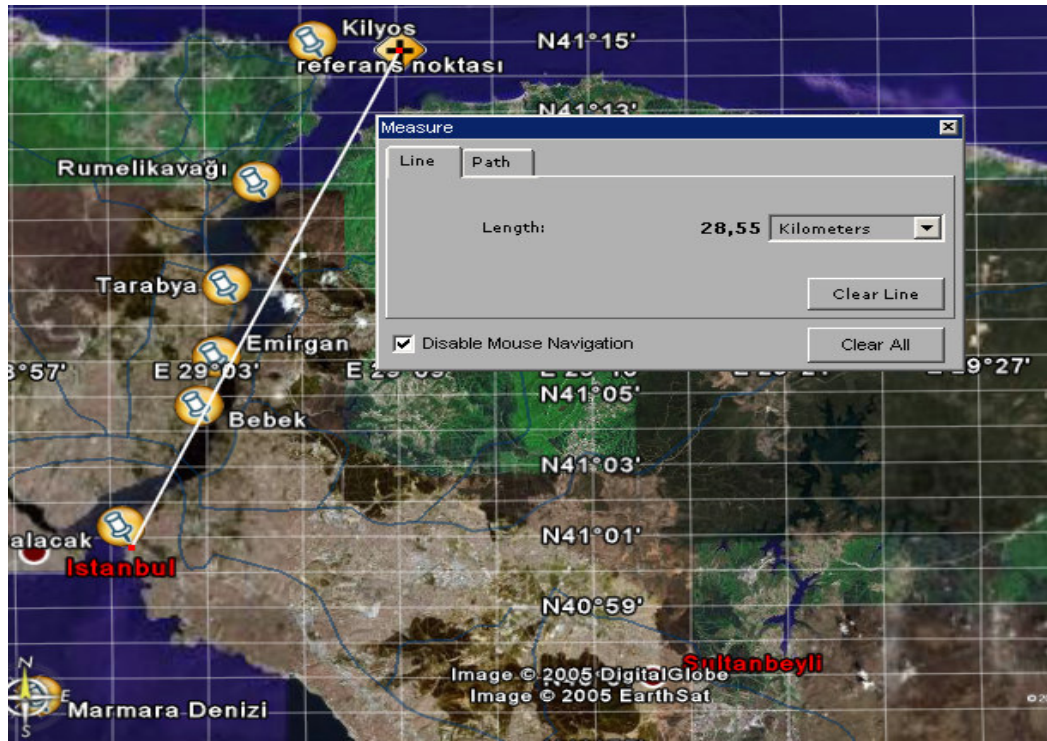


Şekil A.3: Emirgan Numune Noktasının Referans Noktaya Uzaklığı

Şekil A.4'te Bebek numune noktasının ve Şekil A.5'te ise Salacak numune noktasının Karadeniz girişinde bulunan referans noktaya göre uzaklığının hesaplanan değerleri bulunmaktadır.



Şekil A.4: Bebek Numune Noktasının Referans Noktaya Uzaklığı



Şekil A.5: Salacak Numune Noktasının Referans Noktaya Uzaklığı

EK B

Ek B içinde yere bağlı matematik modeldeki tuzluluk dağılım katsayısı β , bulunurken yararlanılan MATLAB regresyon sonuçlarının gösterimi verilmektedir. Ek B1’de verilerin MATLAB’e girişi, Ek B2’de ise regresyondan elde edilen sonuçların istatistiksel sonuçlarla beraber gösterimi yer almaktadır.

EK B1

Şekil B.1’de ilkbahar verilerinin MATLAB ortamında oluşturulması yer almaktadır.

The screenshot shows the MATLAB Command Window and Command History. The Command History on the left lists the commands entered, including the definition of x and y vectors and the use of the 'cftool' function. The Command Window on the right shows the output of these commands, including the definition of y, the calculation of x, and the use of 'cftool' to create a dataset.

```
Command History
cftool
x=[9.53;14.93;18.78;21.32;28.56]
y=[16.68;18.04;18.65;19.11;21.27]
cftool
x=[9.53;14.93;18.78;21.32]
y=[16.68;18.04;18.65;19.11]
cftool
x=[9.53;14.93;18.78;21.32]
y=[16.01;17.35;17.48;18.07]
cftool
x=[9.53;14.93;18.78;21.32]
y=[17.19;18.56;19.53;20.75]
cftool
%-- 11/23/05 10:16 AM --%
x=[9.53;14.93;18.78;21.32]
y=[16.01;17.09;17.80;18.07]
cftool
x=[9.53;14.93;18.78;21.32;28.56]
y=[16.01;17.09;17.80;18.07;19.19]
cftool
x=[9.53;14.93;18.78;28.56]
y=[16.01;17.09;17.80;19.19]
cftool
x=[9.53;14.93;21.32;28.56]
y=[16.01;17.09;18.07;19.19]
cftool
x=[9.53;14.93;18.78;21.32]
y=[17.78;18.92;19.15;20.12]
cftool

Command Window
14.9300
21.3200
28.5600
>> y=[16.01;17.09;18.07;19.19]
y =
16.0100
17.0900
18.0700
19.1900
>> cftool
>> x=[9.53;14.93;18.78;21.32]
x =
9.5300
14.9300
18.7800
21.3200
>> y=[17.78;18.92;19.15;20.12]
y =
17.7800
18.9200
19.1500
20.1200
>> cftool
>> |
```

Şekil B.1: İlkbahar Mevsimi Veri Giriş Arayüzeyi

Şekil B.2’de sonbahar verilerinin MATLAB ortamında oluşturulması ve Şekil B.3’te ise kış verilerinin MATLAB ortamında oluşturulması bulunmaktadır.

```

MATLAB
File Edit View Web Window Help
Current Directory: C:\WINNT\system32\spool\drivers\lw32x86\3

Command History
cftool
%-- 9/19/05 3:44 PM --%
t=[0;0.25;0.5;0.75;1]
y=[17.190;18.864;16.676;16.010;17.778]
cftool
t=[0;0.25;0.5;0.75;1]
y=[18.561;19.118;18.037;17.353;19.152]
cftool
t=[0;0.25;0.5;0.75;1]
y=[19.529;20.403;18.654;17.479;19.152]
cftool
t=[0;0.25;0.5;0.75;1]
y=[20.751;21.808;19.110;18.073;20.115]
y=[20.751;21.808;19.110;18.073;20.115]
cftool
t=[0;0.25;0.5;0.75;1]
%-- 11/15/05 2:45 PM --%
x=[9.53;14.93;18.78;21.32;28.56]
y=[17.78;18.92;19.15;20.21;20.61]
cftool
x=[9.53;14.93;18.78;21.32]
Y=[18.86;19.91;20.40;21.81]
cftool
x=[9.53;14.93;18.78;21.32;28.56]
y=[16.68;18.04;18.65;19.11;21.27]
cftool
x=[9.53;14.93;18.78;21.32]
y=[16.68;18.04;18.65;19.11]
cftool
cftool

Command Window
21.3200
28.5600
>> y=[16.68;18.04;18.65;19.11;21.27]
Y =
16.6800
18.0400
18.6500
19.1100
21.2700
>> cftool
>> x=[9.53;14.93;18.78;21.32]
X =
9.5300
14.9300
18.7800
21.3200
>> Y=[16.68;18.04;18.65;19.11]
Y =
16.6800
18.0400
18.6500
19.1100
>> cftool
>>

```

Şekil B.2: Sonbahar Mevsimi Veri Giriş Arayüzeyi

```

Command History
cftool
x=[9.53;14.93;18.78;21.32]
y=[16.01;17.35;17.48;18.07]
cftool
x=[9.53;14.93;18.78;21.32]
y=[17.19;18.56;19.53;20.75]
cftool
%-- 11/23/05 10:16 AM --%
x=[9.53;14.93;18.78;21.32]
y=[16.01;17.09;17.80;18.07]
cftool
x=[9.53;14.93;18.78;21.32;28.56]
y=[16.01;17.09;17.80;18.07;19.19]
cftool
x=[9.53;14.93;18.78;28.56]
y=[16.01;17.09;17.80;19.19]
cftool
x=[9.53;14.93;21.32;28.56]
y=[16.01;17.09;18.07;19.19]
cftool
x=[9.53;14.93;18.78;21.32]
y=[17.78;18.92;19.15;20.12]
cftool
x=[9.53;14.93;18.78;21.32]
y=[18.86;19.19;20.40;21.81]
cftool
x=[9.53;14.93;18.78;21.32]
y=[16.01;17.09;17.80;18.07]
cftool

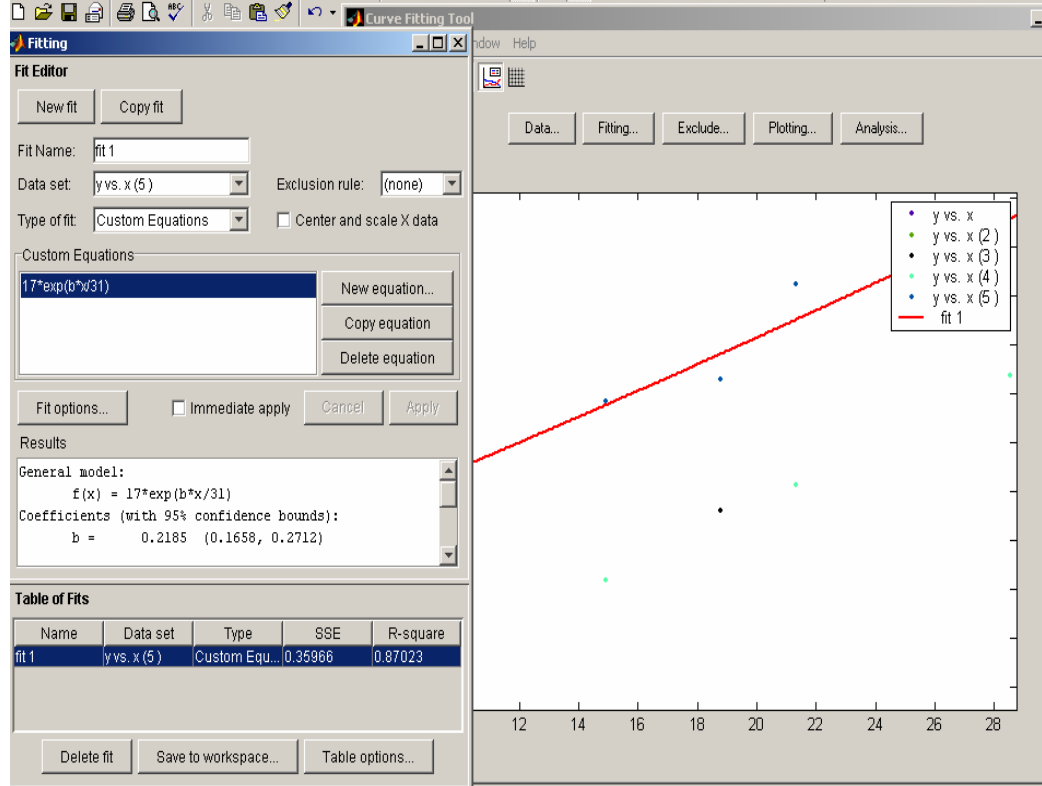
Command Window
14.9300
18.7800
21.3200
>> y=[18.86;19.19;20.40;21.81]
Y =
18.8600
19.1900
20.4000
21.8100
>> cftool
>> x=[9.53;14.93;18.78;21.32]
X =
9.5300
14.9300
18.7800
21.3200
>> y=[16.01;17.09;17.80;18.07]
Y =
16.0100
17.0900
17.8000
18.0700
>> cftool
>>

```

Şekil B.3: Kış Mevsimi Veri Giriş Arayüzeyi

EK B2

Şekil B.4'te incelenen ilkbahar sonuçlarının elde edilen değerlendirilmesi verilmektedir.



General model:

$$f(x) = 17 \cdot \exp(b \cdot x / 31)$$

Coefficients (with 95% confidence bounds):

$$b = 0.2185 \quad (0.1658, 0.2712)$$

Goodness of fit:

SSE: 0.3597

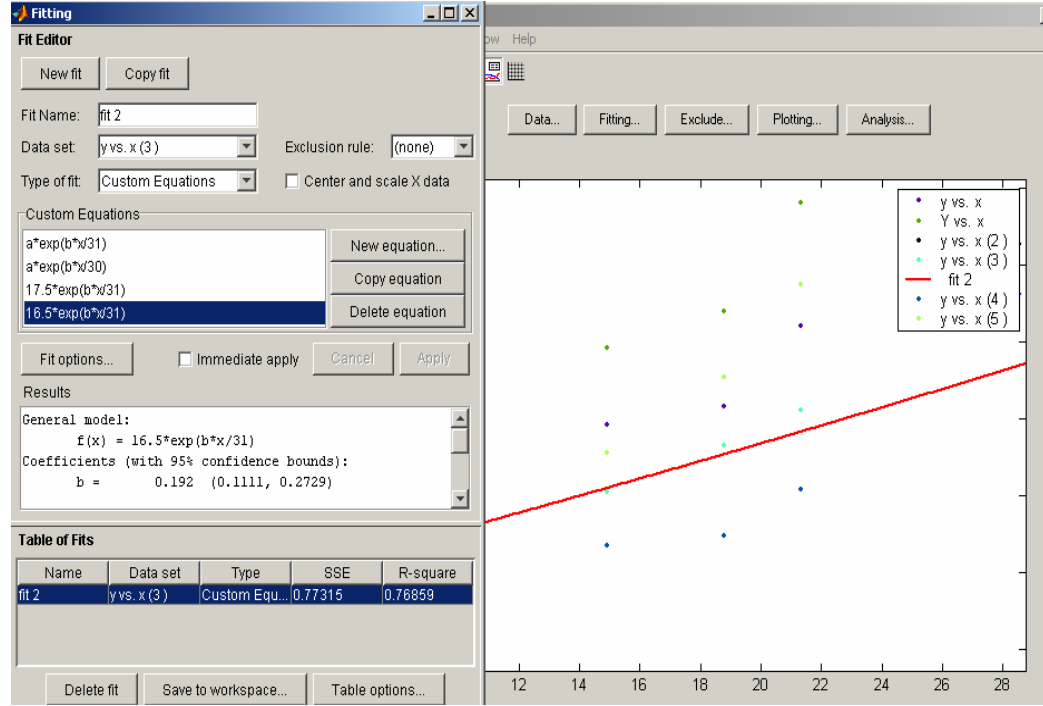
R-square: 0.8702

Adjusted R-square: 0.8702

RMSE: 0.3462

Şekil B.4: İlkbahar Sonuçlarının Analiz Arayüzeyi

Şekil B.5'te incelenen sonbahar sonuçlarının elde edilen değerlendirilmesi verilmektedir



General model:

$$f(x) = 16.5 \cdot \exp(b \cdot x / 31)$$

Coefficients (with 95% confidence bounds):

$$b = 0.192 \text{ (0.1111, 0.2729)}$$

Goodness of fit:

SSE: 0.7731

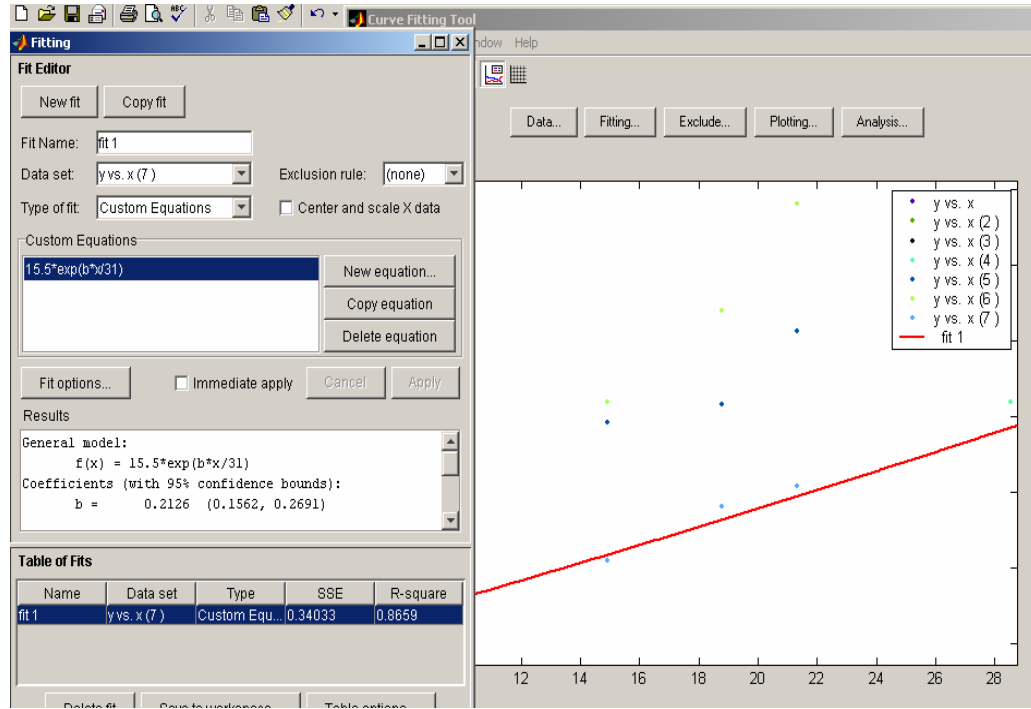
R-square: 0.7686

Adjusted R-square: 0.7686

RMSE: 0.5077

Şekil B.5: Sonbahar Sonuçlarının Analiz Arayüzeyi

Şekil B.6’da incelenen kış sonuçlarının elde edilen değerlendirme verilmektedir



General model:

$$f(x) = 15.5 \cdot \exp(b \cdot x / 31)$$

Coefficients (with 95% confidence bounds):

$$b = 0.2126 (0.1562, 0.2691)$$

Goodness of fit:

SSE: 0.3403

R-square: 0.8659

Adjusted R-square: 0.8659

RMSE: 0.3368

Şekil B.6: Kış Sonuçlarının Analiz Arayüzeyi

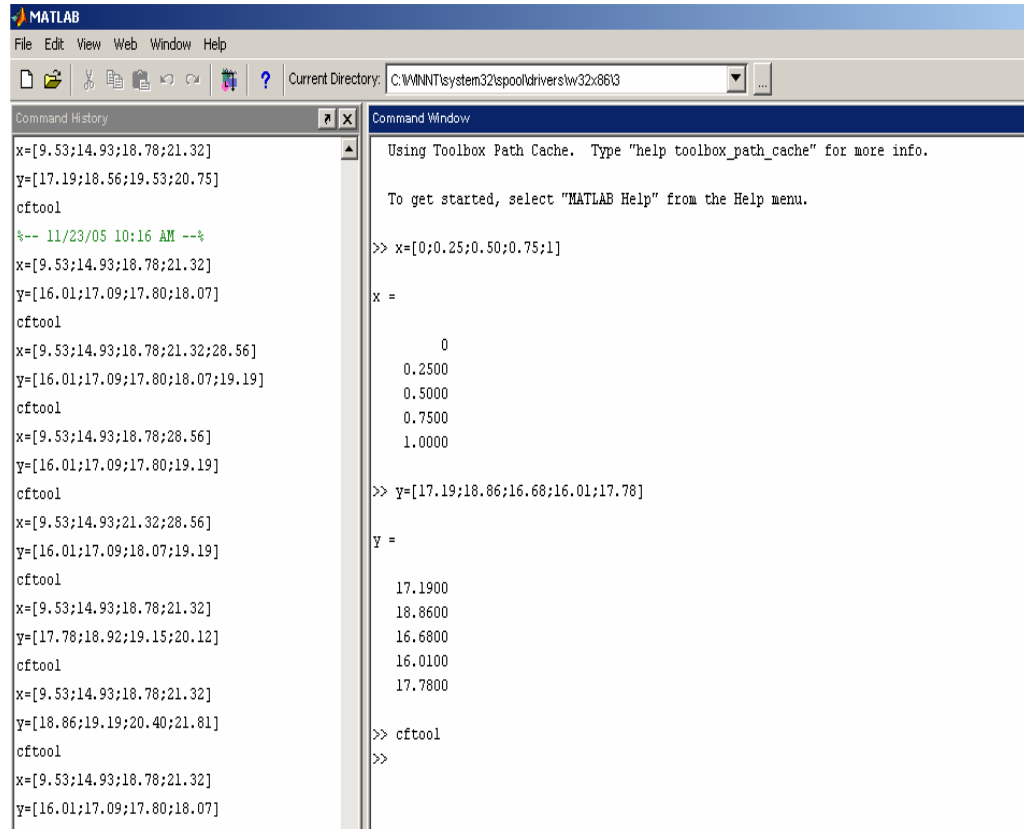
EK C

Ek C içinde yere bağlı matematik modeldeki mevsimsel tuzluluk değişim katsayısı α , bulunurken yararlanılan MATLAB regresyon sonuçlarının gösterimi verilmektedir.

Ek C1'de verilerin MATLAB'e girişi, Ek C2'de ise regresyondan elde edilen sonuçların istatistiksel sonuçlarla beraber gösterimi yer almaktadır.

EK C1

Rumelikavağı numune noktasına ait tuzluluk sonuçlarının MATHLAB ekranına girişi Şekil C.1'de verilmektedir.



```
MATLAB
File Edit View Web Window Help
Current Directory: C:\WINNT\system32\spool\drivers\hw32x86\3

Command History
x=[9.53;14.93;18.78;21.32]
y=[17.19;18.56;19.53;20.75]
cftool
%-- 11/23/05 10:16 AM --%
x=[9.53;14.93;18.78;21.32]
y=[16.01;17.09;17.80;18.07]
cftool
x=[9.53;14.93;18.78;21.32;28.56]
y=[16.01;17.09;17.80;18.07;19.19]
cftool
x=[9.53;14.93;18.78;28.56]
y=[16.01;17.09;17.80;19.19]
cftool
x=[9.53;14.93;21.32;28.56]
y=[16.01;17.09;18.07;19.19]
cftool
x=[9.53;14.93;18.78;21.32]
y=[17.78;18.92;19.15;20.12]
cftool
x=[9.53;14.93;18.78;21.32]
y=[18.86;19.19;20.40;21.81]
cftool
x=[9.53;14.93;18.78;21.32]
y=[16.01;17.09;17.80;18.07]

Command Window
Using Toolbox Path Cache. Type "help toolbox_path_cache" for more info.

To get started, select "MATLAB Help" from the Help menu.

>> x=[0;0.25;0.50;0.75;1]

x =

    0
    0.2500
    0.5000
    0.7500
    1.0000

>> y=[17.19;18.86;16.68;16.01;17.78]

y =

    17.1900
    18.8600
    16.6800
    16.0100
    17.7800

>> cftool
>>
```

Şekil C.1: Rumelikavağı Numune Noktasının Tuzluluk Sonuçlarının Programa Girildiği Arayüz

Şekil C.2’de Tarabya numune sonuçlarının programa girişi gösterilmektedir.

```

-- 11/23/05 10:16 AM --%
=[9.53;14.93;18.78;21.32]
=[16.01;17.09;17.80;18.07]
ftool
=[9.53;14.93;18.78;21.32;28.56]
=[16.01;17.09;17.80;18.07;19.19]
ftool
=[9.53;14.93;18.78;28.56]
=[16.01;17.09;17.80;19.19]
ftool
=[9.53;14.93;21.32;28.56]
=[16.01;17.09;18.07;19.19]
ftool
=[9.53;14.93;18.78;21.32]
=[17.78;18.92;19.15;20.12]
ftool
=[9.53;14.93;18.78;21.32]
=[18.86;19.19;20.40;21.81]
ftool
=[9.53;14.93;18.78;21.32]
=[16.01;17.09;17.80;18.07]
ftool
-- 11/28/05 11:05 AM --%
=[0;0.25;0.50;0.75;1]
=[17.19;18.86;16.68;16.01;17.78]
ftool
=[0;0.25;0.50;0.75;1]
=[18.56;19.12;17.04;17.09;18.92]
ftool

>> y=[17.19;18.86;16.68;16.01;17.78]
y =
    17.1900
    18.8600
    16.6800
    16.0100
    17.7800
>> cftool
>> x=[0;0.25;0.50;0.75;1]
x =
     0
    0.2500
    0.5000
    0.7500
    1.0000
>> y=[18.56;19.12;17.04;17.09;18.92]
y =
    18.5600
    19.1200
    17.0400
    17.0900
    18.9200
>> cftool
>>

```

Şekil C.2: Tarabya Numune Noktasının Tuzluluk Sonuçlarının Programa Girildiği Arayüz

Şekil C.3’te Emirgan numune sonuçlarının programa girişi gösterilmektedir.

```

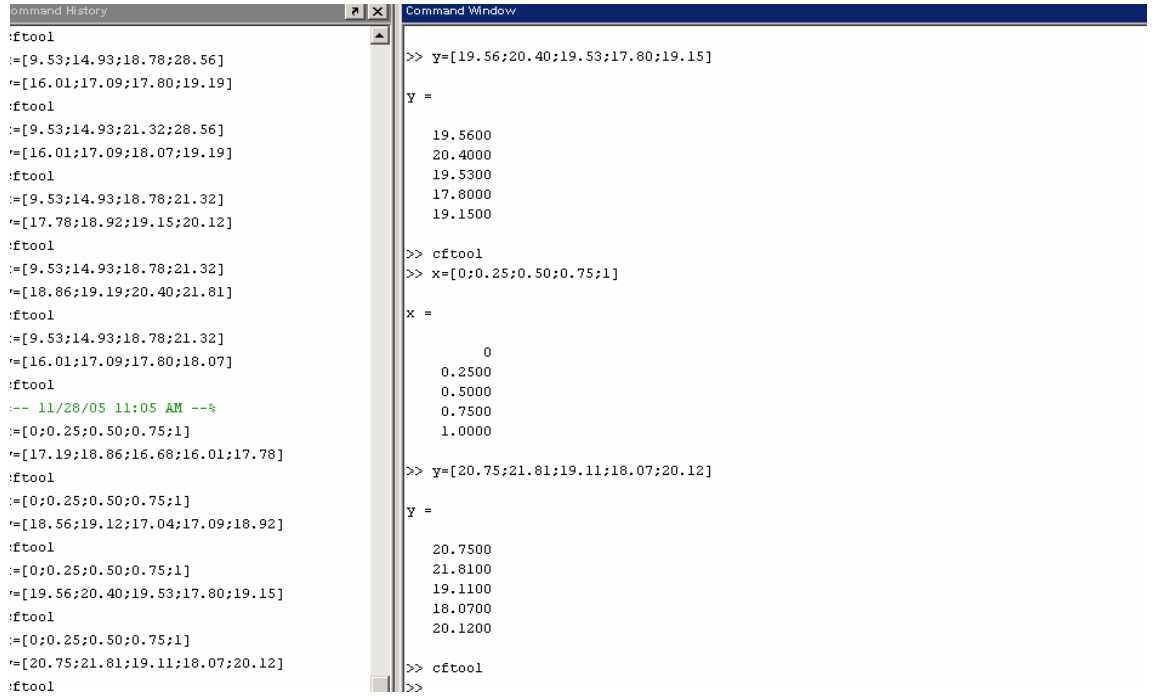
cftool
x=[9.53;14.93;18.78;21.32;28.56]
y=[16.01;17.09;17.80;18.07;19.19]
cftool
x=[9.53;14.93;18.78;28.56]
y=[16.01;17.09;17.80;19.19]
cftool
x=[9.53;14.93;21.32;28.56]
y=[16.01;17.09;18.07;19.19]
cftool
x=[9.53;14.93;18.78;21.32]
y=[17.78;18.92;19.15;20.12]
cftool
x=[9.53;14.93;18.78;21.32]
y=[18.86;19.19;20.40;21.81]
cftool
x=[9.53;14.93;18.78;21.32]
y=[16.01;17.09;17.80;18.07]
cftool
%-- 11/28/05 11:05 AM --%
x=[0;0.25;0.50;0.75;1]
y=[17.19;18.86;16.68;16.01;17.78]
cftool
x=[0;0.25;0.50;0.75;1]
y=[18.56;19.12;17.04;17.09;18.92]
cftool
x=[0;0.25;0.50;0.75;1]
y=[19.56;20.40;19.53;17.80;19.15]
cftool

>> y=[18.56;19.12;17.04;17.09;18.92]
y =
    18.5600
    19.1200
    17.0400
    17.0900
    18.9200
>> cftool
>> x=[0;0.25;0.50;0.75;1]
x =
     0
    0.2500
    0.5000
    0.7500
    1.0000
>> y=[19.56;20.40;19.53;17.80;19.15]
y =
    19.5600
    20.4000
    19.5300
    17.8000
    19.1500
>> cftool
>>

```

Şekil C.3: Emirgan Numune Noktasının Tuzluluk Sonuçlarının Programa Girildiği Arayüz

Şekil C.4'te Bebek numune sonuçlarının programa girişi gösterilmektedir.



```
Command History
:ftool
:= [9.53;14.93;18.78;28.56]
:= [16.01;17.09;17.80;19.19]
:ftool
:= [9.53;14.93;21.32;28.56]
:= [16.01;17.09;18.07;19.19]
:ftool
:= [9.53;14.93;18.78;21.32]
:= [17.78;18.92;19.15;20.12]
:ftool
:= [9.53;14.93;18.78;21.32]
:= [18.86;19.19;20.40;21.81]
:ftool
:= [9.53;14.93;18.78;21.32]
:= [16.01;17.09;17.80;18.07]
:ftool
-- 11/28/05 11:05 AM --%
:= [0;0.25;0.50;0.75;1]
:= [17.19;18.86;16.68;16.01;17.78]
:ftool
:= [0;0.25;0.50;0.75;1]
:= [18.56;19.12;17.04;17.09;18.92]
:ftool
:= [0;0.25;0.50;0.75;1]
:= [19.56;20.40;19.53;17.80;19.15]
:ftool
:= [0;0.25;0.50;0.75;1]
:= [20.75;21.81;19.11;18.07;20.12]
:ftool

Command Window
>> Y=[19.56;20.40;19.53;17.80;19.15]

Y =

    19.5600
    20.4000
    19.5300
    17.8000
    19.1500

>> cftool
>> x=[0;0.25;0.50;0.75;1]

x =

         0
         0.2500
         0.5000
         0.7500
         1.0000

>> Y=[20.75;21.81;19.11;18.07;20.12]

Y =

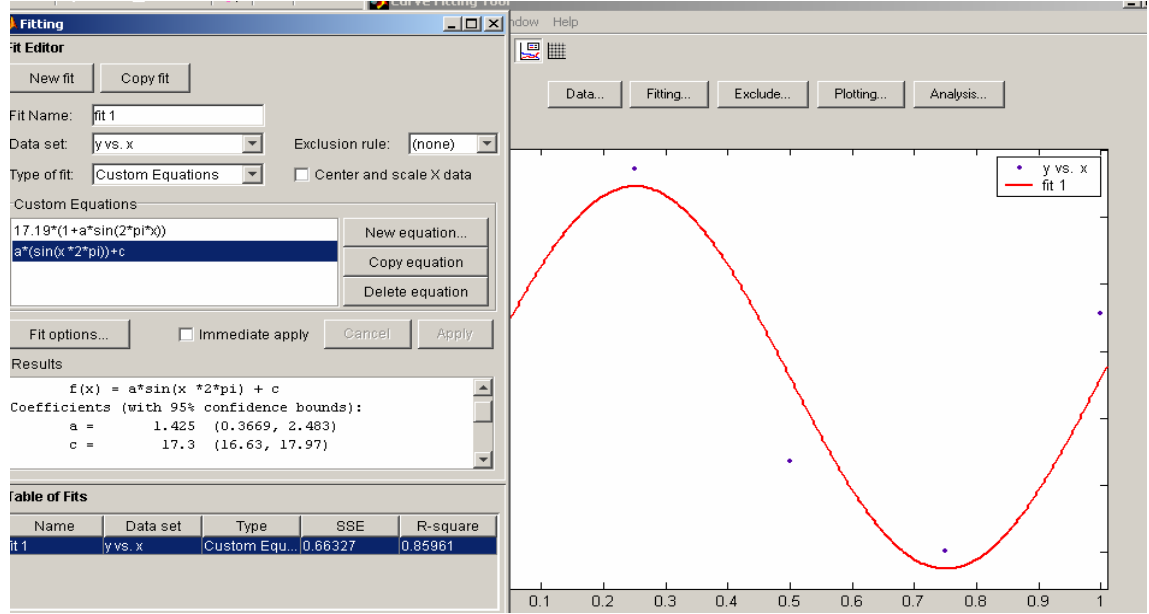
    20.7500
    21.8100
    19.1100
    18.0700
    20.1200

>> cftool
>>
```

Şekil C.4: Bebek Numune Noktasının Tuzluluk Sonuçlarının Programa Girildiği Arayüz

EK C2

Rumelikavağı Numune noktasının analiz arayüzü Şekil C.5’te bulunmaktadır.



Linear model:

$$f(x) = a*\sin(x*2*\pi) + c$$

Coefficients (with 95% confidence bounds):

$$a = 1.425 \quad (0.3669, 2.483)$$

$$c = 17.3 \quad (16.63, 17.97)$$

Goodness of fit:

SSE: 0.6633

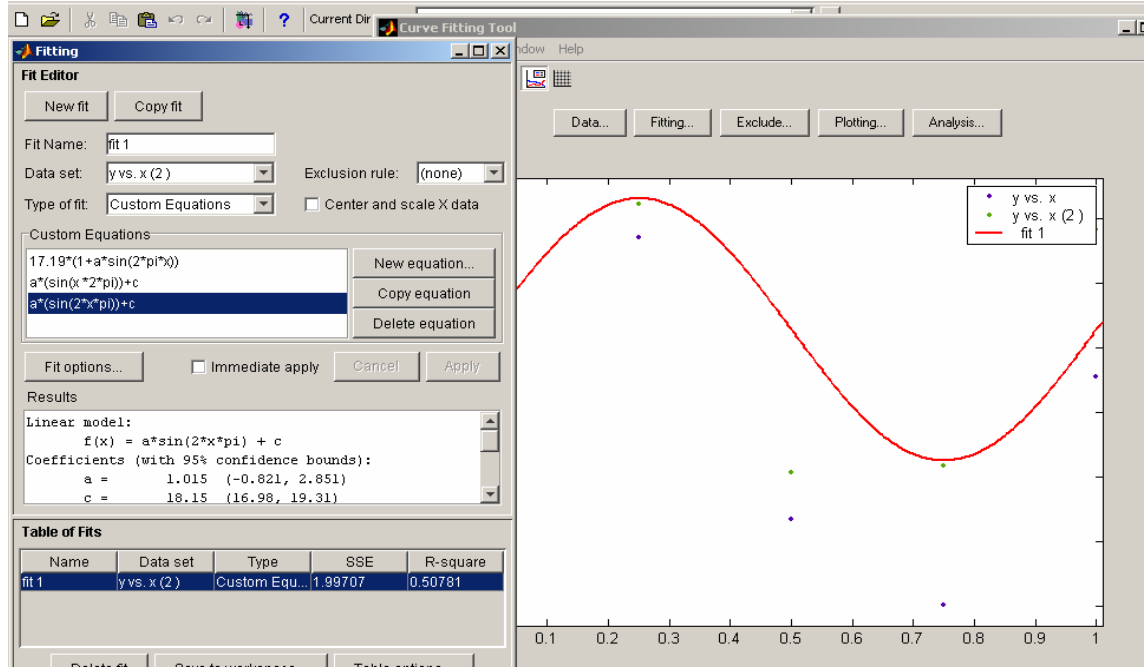
R-square: 0.8596

Adjusted R-square: 0.8128

RMSE: 0.4702

Şekil C 5: Rumelikavağı Numune Noktası Analiz Arayüzü

Tarabya Numune noktasının analiz arayüzü Şekil C.6’te bulunmaktadır.



Linear model:

$$f(x) = a \cdot \sin(2 \cdot x \cdot \pi) + c$$

Coefficients (with 95% confidence bounds):

$$a = 1.015 \quad (-0.821, 2.851)$$

$$c = 18.15 \quad (16.98, 19.31)$$

Goodness of fit:

SSE: 1.997

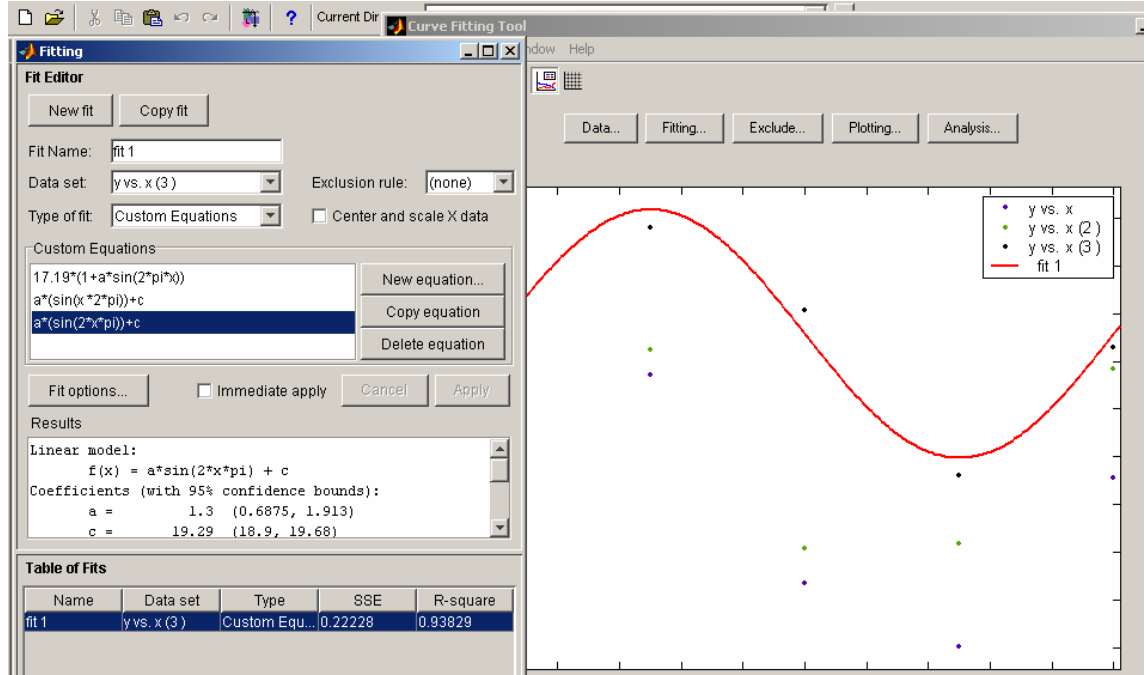
R-square: 0.5078

Adjusted R-square: 0.3437

RMSE: 0.8159

Şekil C.6: Tarabya Numune Noktası Analiz Arayüzü

Emirgan Numune noktasının analiz arayüzü Şekil C.7’de bulunmaktadır



Linear model:

$$f(x) = a \cdot \sin(2 \cdot x \cdot \pi) + c$$

Coefficients (with 95% confidence bounds):

$$a = 1.3 \quad (0.6875, 1.913)$$

$$c = 19.29 \quad (18.9, 19.68)$$

Goodness of fit:

SSE: 0.2223

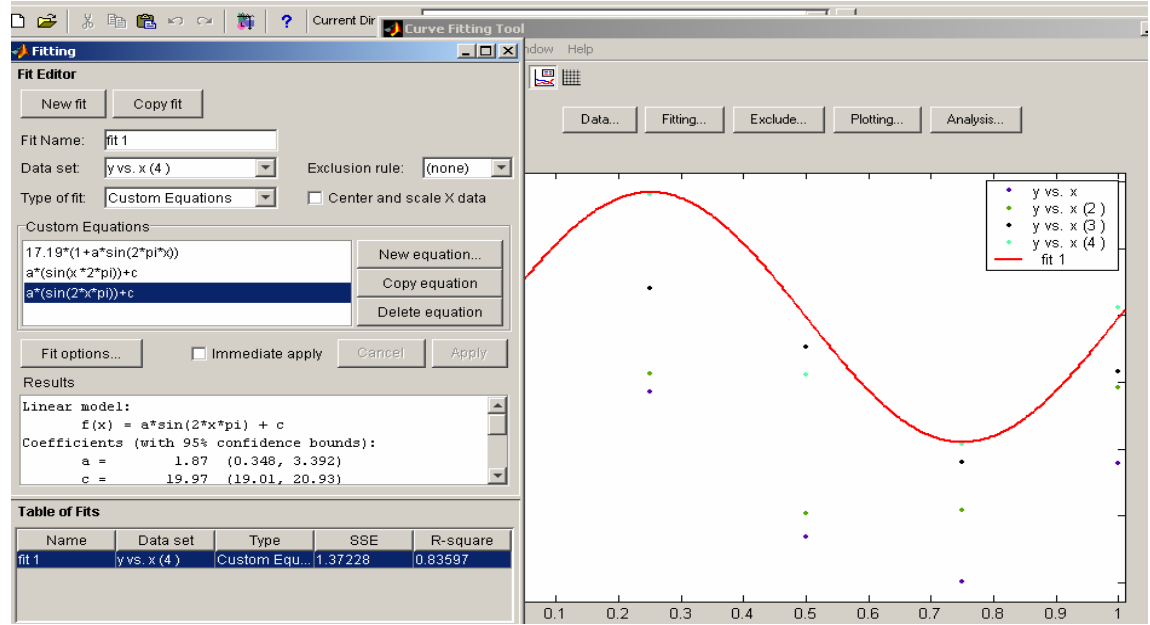
R-square: 0.9383

Adjusted R-square: 0.9177

RMSE: 0.2722

Şekil C.7: Emirgan Numune Noktası Analiz Arayüzü

Bebek Numune noktasının analiz arayüzü Şekil C8’de bulunmaktadır



Linear model:

$$f(x) = a \cdot \sin(2 \cdot x \cdot \pi) + c$$

Coefficients (with 95% confidence bounds):

$$a = 1.87 \quad (0.348, 3.392)$$

$$c = 19.97 \quad (19.01, 20.93)$$

Goodness of fit:

SSE: 1.372

R-square: 0.836

Adjusted R-square: 0.7813

RMSE: 0.6763

Şekil C.8: Bebek Numune Noktası Analiz Arayüzü

ÖZGEÇMİŞ

1976 yılında Kırklareli’nde doğdu. İlköğrenimini Kırklareli Cumhuriyet İlkokulu’nda daha sonra orta ve lise öğrenimini Kırklareli Anadolu Lisesi’nde tamamladıktan sonra 1994 yılında Marmara Üniversitesi Atatürk Eğitim Fakültesi Fizik bölümüne girdi. 1998 yılında mezun oldu. Aynı yıl yüksek lisans eğitimine İngiltere’de Liverpool Üniversitesi’nde Radyometri üzerinde başladı. Yüksek lisans eğitimini 1999 yılında tamamladı. 1999 yılında Yeditepe Üniversitesi Fizik bölümünde araştırma görevlisi olarak görev yapmaya takiben 2000 yılında İ.T.Ü. Nükleer Enerji Enstitüsü’nde doktora eğitimine başladı. Yurtdışında sunulmuş olmuş iki ve yurtiçinde sunulmuş bir tebliği bulunmaktadır. Evlidir. Halen Yeditepe Üniversitesi Fizik bölümünde araştırma görevlisi olarak çalışmaktadır.