

RADYOAKTİF İZLEME TEKNİĞİ İLE KARIŞIM ZAMANI TAYİNİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Fiz. Müh. Adem YURTSEVEN

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 9 Haziran 1997

Tezin Savunulduğu Tarih : 23 Haziran 1997

Tez Danışmanı : Prof.Dr. A. Beril TUĞRUL

Diğer Jüri Üyeleri : Prof.Dr. Hasbi YAVUZ

Prof.Dr.Melih GEÇKİNLİ

Prof.Dr.Ahmet BAYÜLKEN

Doç.Dr. Cihat BAYTAŞ

HAZİRAN 1997

ÖNSÖZ

Bu tez çalışmasında, radyoaktif izleme tekniği kullanılarak farklı malzemelerin karışım zamanlarının tayin edilmesi amaçlanmıştır. Bir başka deyişle viskoziteleri farklı malzemeler üzerinde deneysel olarak çalışarak radyoaktif izleme tekniği yardımıyla uygun karışım zamanlarının belirlenmesi hedeflenmiştir.

Bu Yüksek Lisans tez çalışması, İ.T.Ü. Araştırma Fonu tarafından Lisansüstü tez Araştırma Projesi olarak desteklenmiştir.

Çalışmalarımızın her aşamasında, danışmanlığın yanı sıra, maddi ve manevi desteğini hiç esirgemeyen değerli hocam, Sayın Prof.Dr. A.Beril TUĞRUL'a sonsuz şükranlarımı sunuyorum. İ.T.Ü. Nükleer Enerji Enstitüsü TRIGA Mark-II Eğitim ve Araştırma Reaktörü'nde yapılan ışınlamalarda destek veren Enstitü Müdürü ve Reaktör Müdürü Sayın Prof.Dr. Hasbi YAVUZ'a teşekkür ederim. Ayrıca deneysel çalışmalarımızda gösterdiği fedakarlıklar için Arş.Gör. Dr. Nesrin ALTINSOY'a ve ışınlamalardaki yardımlarından ötürü reaktör grubu elemanlarına teşekkür ederim.

Bütün öğrenim hayatım boyunca yardım ve desteklerini esirgemeyen aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Adem YURTSEVEN

Haziran 1997

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
İÇİNDEKİLER	iii
ÖZET	vi
SUMMARY.....	vii
NOTASYON LİSTESİ	xii
ŞEKİL LİSTESİ	xiii
TABLO LİSTESİ	xvi
BÖLÜM 1. GİRİŞ	1
BÖLÜM 2. RADYOAKTİF İZLEME TEKNİKLERİ	4
2.1. Genel İzleme Teknikleri	4
2.2. İzleyicilerde Aranılan Genel Özellikler	5
2.3. Radyoaktif İzleyiciler	6
2.4. Radyoaktif İzleyicilerin Özellikleri	7
2.4.1. Yarı Ömür	7
2.4.2. Radyasyon Tipi	8
2.4.3. Enerji	8
2.5. Radyoaktif İzleyicilerde Aktivitenin Hesaplanması	9
2.6. Radyoaktif İzleme Tekniği Uygulamaları	10
2.6.1. Endüstri Alanındaki Uygulamalar	10
2.6.2. Tıp Alanındaki Uygulamalar	11
2.6.3. Tarım Alanındaki Uygulamalar	12
2.6.4. Arkeoloji Alanındaki Uygulamalar	13
BÖLÜM 3. KARIŞIM ZAMANI TAYİNİ	14
3.1. Karıştırma İşlemi	15
3.2. Radyoaktif İzleme Tekniği ile Karışım Zamanı Tayini Yöntemleri	15
3.2.1. Örnek Alma Yöntemi	16
3.2.2. Sürekli Ölçüm Yöntemi	16
3.2.2.1. Sürekli Ölçüm Yönteminin Tercih Sebepleri	17
3.2.2.2. Sürekli Ölçüm Yönteminin Uygulanması	17
3.3. Radyoaktif İzleme Tekniği ile Karışım Zamanı Hesaplanması	19

BÖLÜM 4. DENEYSEL ÇALIŞMALARIN TANITILMASI.....	20
4.1. Uygun Radyoaktif İzleyicinin Seçimi ve Temini	21
4.2. Boya İzleyicinin Seçimi ve Temini	24
4.3. Deney Düzenegi ve Elemanları	26
4.3.1. Karıştırıcı	26
4.3.1.1. Manyetik Karıştırıcı	26
4.3.1.2. Mekanik Karıştırıcı	27
4.3.2. Viskozimetre	28
4.3.3. Densitometre	31
4.3.4. Hassas Terazî	31
4.3.5. Sayım Seti	33
4.4. Deneylerin Yapılışı	35
4.4.1. Sürekli Ölçüm Tekniğı	36
4.4.2. Örnek Alma Tekniğı	38
BÖLÜM 5. DENEY SONUÇLARI	41
5.1. Radyoaktif İzleme Tekniğı Sürekli Ölçüm Sonuçları	41
5.1.1. Su İle Radyoaktif İzleyici Kullanarak Yapılan Deneylerin Sonuçları	42
5.1.2. Mürekkep İle Radyoaktif İzleyici Kullanarak Yapılan Deneylerin Sonuçları	54
5.1.3. Antifiriz İle Radyoaktif İzleyici Kullanarak Yapılan Deneylerin Sonuçları	56
5.1.4. Ayçiçek Yağı İle Radyoaktif İzleyici Kullanarak Yapılan Deneylerin Sonuçları	58
5.1.5. Mısırozü Yağı İle Radyoaktif İzleyici Kullanarak Yapılan Deneylerin Sonuçları	60
5.1.6. Zeytinyağı İle Radyoaktif İzleyici Kullanarak Yapılan Deneylerin Sonuçları	62
5.1.7. Motor Yağı İle Radyoaktif İzleyici Kullanarak Yapılan Deneylerin Sonuçları	64
5.1.8. Sıvı Sabun İle Radyoaktif İzleyici Kullanarak Yapılan Deneylerin Sonuçları	66
5.1.9. Gliserin İle Radyoaktif İzleyici Kullanarak Yapılan Deneylerin Sonuçları	68
5.2. Boya Tekniğı Sürekli Ölçüm Sonuçları	71
5.3. Sürekli ölçüm Tekniğı Sonuçlarının Mukayesesi	72
5.4. Örnek Alma Tekniğı Sonuçları	73
5.4.1. Örnek Alma İle Radyoaktif İzleme Tekniğı Sonuçları	74
5.4.2. Örnek Alma İle Boya Tekniğı Sonuçları	77
5.4.3. Örnek Alma Tekniğı Sonuçlarının Mukayesesi	81

Sayfa No

BÖLÜM 6. SONUÇ ve ÖNERİLER	82
KAYNAKLAR	89
ÖZGEÇMİŞ	91



ÖZET

İlerleyen teknoloji ile proses ve kalite kontrolünün önemi artmış, buna bağlı olarak da nükleer teknikler endüstrinin hizmetine girmiştir. Endüstri alanında seviye ve kalınlık belirlenmesi; hata tespiti, miktar tayini ve karışım zamanı tayini gibi konularda bu tekniklerden yararlanılmaktadır.

Önemli bir nükleer teknik grubunu oluşturan radyoaktif izleme teknikleri de uygulama alanları giderek yaygınlaşan bir izleme tekniğidir. Bu Yüksek Lisans tez çalışmasında, radyoaktif izleme tekniği kullanarak farklı malzemelerin karışım zamanlarının tayin edilmesi amaçlanmıştır. Bir başka deyişle viskoziteleri farklı malzemeler üzerinde deneysel olarak çalışarak ve radyoaktif izleme tekniği yardımı ile uygun karışım zamanlarının belirlenmesi hedeflenmiştir.

Deneysel çalışmalarımızda 9 adet sıvı malzeme kullanılmıştır. Çalışılan malzemeler seçilirken viskozite ve yoğunlukları birbirinden farklı ve deneysel çalışmalarımızda güvenlik açısından problem olmayacak malzemeler tercih edilmiştir. Bu malzemelerin yoğunluk ve viskozite gibi, özellikleri laboratuvarında deneysel olarak ölçülmüş ve hassasiyet açısından her ölçüm birkaç kez tekrarlanmıştır.

Sonuçlarda mukayeseli incelemenin yapılabilmesi için deneylerimizde iki farklı izleme tekniği ile çalışılmıştır. “Radyoaktif İzleme Tekniği” ve “Boya İzleme Tekniği” için kullanılan izleyiciler farklı özellikler taşımaktadırlar. Söz konusu tekniklerin birbiriyle mukayesesinin minimum hata ile yapılabilmesi için, aynı deney şartlarında , iki tekniği birarada uygulamanın daha yerinde olacağı düşünülmüştür. Bundan ayrı olarak, sürekli sayım ve örnek alma teknikleri çerçevesinde karışım zamanı tayinleri yapılmış ve farklı iki izleme tekniğinin sonuçları mukayeseli olarak incelenmeye çalışılmıştır.

Deney dataları ile her malzeme için ayrı ayrı çizilen grafikler de karışım zamanları hassasiyetle tespit edilmiştir. Ayrıca, karışım zamanına viskozitenin etkisi belirlenmiş viskoziteye bağlı olarak kalibrasyon eğrisi çıkarılmıştır.

DETERMINATION OF MIXING TIME BY USING RADIOTRACER TECHNIQUE

SUMMARY

Tracers can be used to label substances or objects in order to distinguish them, to follow their movement, changes of concentration, distribution between phases, etc. The tracers should allow sensitive and rapid detection, they should not change the properties of the material.

The tracer method has proved to be a very powerful tool in the study of many physical and chemical phenomena. Despite the extensive use of this method, there have been few efforts to define it or clearly enunciate its principles. The tracer method is a technique for obtaining information about a system or some part of a system by observing the behavior of a specific substance, the tracer, that has been added to the system. The tracer method usually involves the use of the tracer to label, or make easily identifiable, a specific phase or part of the system, called the traced material.

The tracer method provides information about a system or a part of a system that often could not be otherwise determined. In many applications there is no alternate method for obtaining the desired information. Often when there is a choice of methods, the tracer method is chosen because it reduces the amount of work necessary to obtain the desired information. There are two major requirements for a tracer. First, it must behave exactly like the traced material. Second, it must have one property that distinguishes it from the traced material so that it can be easily detected in the presence of other material.

The tracer method is independent of the distinguishable property used to identify the tracer. Such properties as color, refractive index, conductivity, and density of additive substances have been successfully used in tracing experiments. The radioisotope, or radiotracer, however, is the most universal and practical tracer. The advantages of the radiotracer can best be understood by examining the two primary requisites of a tracer and how the radiotracer meets these requirements.

The first requirement is that the tracer can be identical to the traced material. The smallest element of a radioisotope that retains the properties of a quantity of the substance is one atom. Since isotopes of the same element have essentially the same chemical properties, radioisotopes can be used to trace elemental materials at the atomic level. The requisite that the tracer have a distinguishable property that allows its identification is easily met by the radioisotope, it decays spontaneously with the attendant emission of radiation. When you realize that one radioactive decay event is detectable and that this represents an observation on the atomic level, you get a feeling for the high sensitivity of the radiotracer method.

In addition to their almost unlimited application and their ease of detection, radiotracers have four other advantages that should be stressed:

1. They can be made selective,
2. They enable unambiguous measurements to be made.
3. They permit the simple statistics of radioactive decay to be used to predict maximum measurement precision.

When several radiotracers are available, the following factors should be considered before a choice is made:

- cost
- half-life
- radiations emitted, both type and energy
- radiation hazard
- availability

- cost
- half-life
- radiations emitted, both type and energy
- radiation hazard
- availability

Radiotracer techniques have found wide usage in the study of chemical and mechanical manufacturing processes. These are techniques for the determination of mixing times, residence times, and frequency responses. Radiotracer techniques are useful in these applications because they can often be detected outside of metal containers without recourse to sampling.

Batch-mixing operations are important to many processes. Radiotracers offer an excellent means for determining the optimum mixing time in these processes. The purpose of mixing is to make the resultant mixture homogeneous, but the homogeneity is relative to the scale size that is considered. Whether or not a mixture is homogeneous at a given scale size is determined by examining samples of that size and determining if they have the same composition.

Radiotracer techniques for determining optimum mixing times involve mixing a suitable radiotracer with one constituent of the materials to be mixed and then carrying out the mixing operation in the usual manner. The time required for homogeneous mixing occurs when the radiotracer concentration becomes homogeneous throughout the mixture at the scale being investigated and to the limiting variability of the tracer measurement. This can be determined either by continuous radiation detection at some point in the mixer vessel or by counting discrete samples.

In the continuous-detection method, after mixing begins, the radiotracer phase undergoes gross movement. This gives rise to large variations in the counting rate. As the mixing proceeds, the counting rate fluctuations begin to get smaller and smaller until, finally, the fluctuation in the counting rate are due only to the statistical fluctuations of the detector system. At this point the mix is as homogeneous as can be determined by the measurement technique.

In the continuous-detection method, after mixing begins, the radiotracer phase undergoes gross movement. This gives rise to large variations in the counting rate. As the mixing proceeds, the counting rate fluctuations begin to get smaller and smaller until, finally, the fluctuation in the counting rate are due only to the statistical fluctuations of the detector system. At this point the mix is as homogeneous as can be determined by the measurement technique.

In the discrete-sampling method, random samples can be taken at fixed time intervals and counted with a detector connected to a scaler. Complete mixing at the sample size employed is indicated when the fluctuations in the counting rate from one sample to the next are due only to the statistical fluctuations in the measurement of individual samples.

A more elaborate and theoretically sound sampling method is to take multiple samples at discrete time intervals. The standard deviation from the mean of each set of samples can be determined from the normal estimator equation. When the standard deviation is constant with time, the mix is homogeneous.

In this thesis, the purpose is to determine the mixing time of different liquid materials by using radiotracer technique. In other words, we studied on different liquids which have different densities and viscosities to determine the mixing time experimentally.

Nine liquids are used in our experiments that are water, liquid soap, sunflower oil, corn oil, olive oil, motor oil, antifreeze, ink, and glycerin. The densities and viscosities of these liquids are measured experimentally in the laboratory.

Each measurement is repeated several times for sensitivity of the studying. Two different tracer techniques are used in our study which are radiotracer technique and paint tracer technique to compare them at the end of the experimental work.

In the first technique, a gamma ray source as sodium-24 is used for experimental cases. Irradiation of sodium have been done in ITU TRIGA Mark-II Reactor at 250 KW full power rate. Irradiation time are calculated according to appropriation of the radiotracer technique, with using nuclear safety criteria.

In the result of the studies, graps are drawn for each materials to determine the mixing time by using the experimental data. In addition, the effect of viscosity and density to the mixing time is researched and then the results of these graps are written in detail at the last part of the thesis.



NOTASYON LİSTESİ

K	: Viskozite ölçümlerinde kullanılan bilye sabiti (m^2/s^2)
k_i	: İzotopik bolluk
N_h	: Birim kütledeki hedef malzeme atom sayısı
S	: Işınlamadan t_b süre geçtikten sonraki özgül aktivite (Bq)
S_o	: Işınlama bitiminden hemen sonraki özgül aktivite (Bq)
t'	: Viskozimetrede iki çizgi arası geçiş süresi (s)
t_1	: Işınlama süresi (s)
$t_{1/2}$	: Radyoizotopun yarı ömrü (s)
t_b	: Işınlamadan sonra geçen bekleme süresi (s)
X	: Sayım hızları ortalaması (Sayım/s)
X_i	: Sayım hızı (Sayım/s)
ϕ	: Isıl nötron akısı ($n/cm^2.s$)
σ	: Standart sapma
σ_t	: (n, γ) etkileşmesi için ısı nötron tesir kesiti (barn)
η	: Viskozite (Kg/m.s)
ρ_1	: Viskozimetredeki bilyenin yoğunluğu (g/cm^3)
ρ_2	: Viskozimetredeki malzemenin yoğunluğu (g/cm^3)

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil: 3.1.	Karışım Zamanının Sürekli Ölçümü	18
Şekil: 3.2.	Karışım Zamanı Tayini	18
Şekil: 4.1.	Mekanik Karıştırıcı ve Manyetik Karıştırıcı	27
Şekil: 4.2.	Viskozimetre	28
Şekil: 4.3.	Densitometrelerle Yoğunluk Ölçümü	32
Şekil: 4.4.	Hasas Terazi	32
Şekil: 4.5.	Sayım Seti	34
Şekil: 4.6.	Deney Seti	34
Şekil: 4.7.	Deneyisel Çalışmalarda Kullanılan Malzemeler	37
Şekil: 4.8.	Deneyisel Çalışmalarda Kullanılan Malzemeler	37
Şekil: 4.9.	Işık Ölçer (Lightmetre)	40
Şekil: 4.10	Işık Ölçer Deney Düzenegi	40
Şekil: 5.1	Su İle Radyoaktif İzleme Tekniği Kullanılarak Mekanik Karıştırıcı İle 1. Kademe Hızda Farklı Bölgelerden Yapılan Karışırtmalara İlişkin Mukayeseli Grafikler	44
Şekil: 5.2	Su İle Radyoaktif İzleme Tekniği Kullanılarak Mekanik Karıştırıcı İle 1. Kademe Hızda Üst Yandan Karışırtmaya İlişkin Çizilen Grafik	46
Şekil: 5.3	Su İle Radyoaktif İzleme Tekniği Kullanılarak Mekanik Karıştırıcı İle 2. Kademe Hızda Üst Yandan Yapılan Karışırtmaya İlişkin Çizilen Grafik	48
Şekil: 5.4	Su İle Radyoaktif İzleme Tekniği Kullanılarak Mekanik Karıştırıcı İle Üst Yandan Farklı karışırtma Hızlarında Yapılan Karışırtmalara İlişkin Mukayeseli Grafikler	49

Şekil: 5.5	Su İle Radyoaktif İzleme Tekniği Kullanılarak Manyetik Karıştırıcı Kullanılarak Yapılan Karıştırmaya İlişkin Çizilen Grafik	51
Şekil: 5.6	Su İle Radyoaktif İzleme Tekniği Kullanılarak Mekanik ve Manyetik Karıştırıcılar Kullanılarak Yapılan Karıştırmalara İlişkin Mukayeseli Grafikler	52
Şekil: 5.7	Mürekkep İle Radyoaktif İzleme Tekniği Kullanılarak Yapılan Deney Sonuçları	55
Şekil: 5.8	Antifriz İle Radyoaktif İzleme Tekniği Kullanılarak Yapılan Deney Sonuçları	57
Şekil: 5.9	Ayçiçek Yağı İle Radyoaktif İzleme Tekniği Kullanılarak Yapılan Deney Sonuçları	59
Şekil: 5.10	Mısırozü Yağı İle Radyoaktif İzleme Tekniği Kullanılarak Yapılan Deney Sonuçları	61
Şekil: 5.11	Zeytinyağı İle Radyoaktif İzleme Tekniği Kullanılarak Yapılan Deney Sonuçları	63
Şekil: 5.12	Motor Yağı İle Radyoaktif İzleme Tekniği Kullanılarak Yapılan Deney Sonuçları	65
Şekil: 5.13	Sıvı Sabunu İle Radyoaktif İzleme Tekniği Kullanılarak Yapılan Deney Sonuçları	67
Şekil: 5.14	Gliserin İle Radyoaktif İzleme Tekniği Kullanılarak Yapılan Deney Sonuçları	70
Şekil: 5.15	Su İle Radyoaktif İzleme Tekniği Kullanılarak Örnek Alma Tekniğiyle Alınan Deney Sonuçları	75
Şekil: 5.16	Sıvı Sabun İle Radyoaktif İzleme Tekniği Kullanılarak Örnek Alma Tekniğiyle Alınan Deney Sonuçları	76
Şekil: 5.17	Su İle Boya Tekniği Kullanılarak Örnek Alma Tekniğiyle Alınan Deney Sonuçları	79
Şekil: 5.18	Sıvı Sabun İle Boya Tekniği Kullanılarak Örnek Alma Tekniğiyle Alınan Deney Sonuçları	80

Şekil: 6.1	Çalışılan Sıvılar için Karışım Zamanının Viskozite İle Değişimi	86
Şekil: 6.2	Çalışılan Sıvılar için Karışım Zamanının Viskozite İle Değişimine İlişkin tayin edilen Kalibrasyon Eğrisi.....	87



TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo: 4.1. İki Sodyum Bileşiğinin Özellikleri	22
Tablo: 4.2. Sodyum ve Bileşiklerinde Bulunan Bazı Elementlerin Özellikleri	23
Tablo: 4.3. Hoppler Viskozimetresindeki Bilyelerin Özellikleri	29
Tablo: 4.4. Kullanılan Malzemelerin (20°C'da) Yoğunluk ve Viskoziteleri .	30
Tablo: 4.5. Kullanılan Malzemelerin (20°C'da) Yoğunluk ve Viskozitelerinin Literatürden Bulunabilenleri İle Karşılaştırılması	30
Tablo: 5.1. Su ile Radyoaktif İzleyici Kullanarak Mekanik Karıştırıcı İle Üst Yandan 1. Kademe Hızda Yapılan Deneylerde Elde Edilen Deney Sonuçları	42
Tablo: 5.2. Su ile Radyoaktif İzleyici Kullanarak Mekanik Karıştırıcı İle Üst Ortadan 1. Kademe Hızda Yapılan Deneylerde Elde Edilen Deney Sonuçları	43
Tablo: 5.3. Su ile Radyoaktif İzleyici Kullanarak Mekanik Karıştırıcı İle Dip Ortadan 1. Kademe Hızda Yapılan Deneylerde Elde Edilen Deney Sonuçları	43
Tablo: 5.4. Mekanik Karıştırıcı İle Farklı Bölgelerden Karıştırma İle Elde Edilen Mukayeseli Sonuçları	45
Tablo: 5.5. Su ile Radyoaktif İzleyici Kullanarak Mekanik Karıştırıcı İle Üst Yandan 2. Kademe Hızda Yapılan Deneylerde Elde Edilen Deney Sonuçları	47
Tablo: 5.6. Mekanik Karıştırıcı İle Farklı İki Hızda Karıştırma İle Elde Edilen Mukayeseli Sonuçları	50
Tablo: 5.7. Su ile Radyoaktif İzleyici Kullanarak Manyetik Karıştırıcı İle Yapılan Deneylerden Elde Edilen Deney Sonuçları	53
Tablo: 5.8. Manyetik ve Mekanik Karıştırıcı İle Aynı Bölge Karıştırması İçin Elde Edilen Mukayeseli Sonuçlar	53

Tablo: 5.9.	Mürekkep İle Radyoaktif İzleyici Kullanarak Mekanik Karıştırıcının 1. Kademesinde Üst Yandan Karıştırma İle Yapılan Deneylerden Elde Edilen Deney Sonuçları	54
Tablo: 5.10.	Antifriz İle Radyoaktif İzleyici Kullanarak Mekanik Karıştırıcının 1. Kademesinde Üst Yandan Karıştırma İle Yapılan Deneylerden Elde Edilen Deney Sonuçları	56
Tablo: 5.11	Ayçiçek Yağı İle Radyoaktif İzleyici Kullanarak Mekanik Karıştırıcının 1. Kademesinde Üst Yandan Karıştırma İle Yapılan Deneylerden Elde Edilen Deney Sonuçları	58
Tablo: 5.12	Mısırözü Yağı İle Radyoaktif İzleyici Kullanarak Mekanik Karıştırıcının 1. Kademesinde Üst Yandan Karıştırma İle Yapılan Deneylerden Elde Edilen Deney Sonuçları	60
Tablo: 5.13	Zeytinyağı İle Radyoaktif İzleyici Kullanarak Mekanik Karıştırıcının 1. Kademesinde Üst Yandan Karıştırma İle Yapılan Deneylerden Elde Edilen Deney Sonuçları	62
Tablo: 5.14	Motor Yağı İle Radyoaktif İzleyici Kullanarak Mekanik Karıştırıcının 1. Kademesinde Üst Yandan Karıştırma İle Yapılan Deneylerden Elde Edilen Deney Sonuçları	64
Tablo: 5.15	Sıvı Sabun İle Radyoaktif İzleyici Kullanarak Mekanik Karıştırıcının 1. Kademesinde Üst Yandan Karıştırma İle Yapılan Deneylerden Elde Edilen Deney Sonuçları	66
Tablo: 5.16.	Gliserin İle Radyoaktif İzleyici Kullanarak Mekanik Karıştırıcının 1. Kademesinde Üst Yandan Karıştırma İle Yapılan Deneylerden Elde Edilen Deney Sonuçları	68
Tablo: 5.17	Boya İzleyici Kullanılarak Mekanik Karıştırıcının 1. Kademesinde Üst Yandan Karıştırma İle Yapılan Deneylerden Elde Edilen Deney Sonuçları	71
Tablo: 5.18	Radyoaktif İzleme Tekniği İle Boya Tekniğinden Elde Edilen Deney Sonuçları	72
Tablo: 5.19	Örnek Alma İle Radyoaktif İzleme Tekniği İle Su İçin Yapılan Deneylerden Elde Edilen Deney Sonuçları	74

Tablo: 5.20	Örnek Alma İle Radyoaktif İzleme Tekniğı İle Sıvı Sabun İçin Yapılan Deneylerden Elde Edilen Deney Sonuçları	77
Tablo: 5.21	Örnek Alma İle Boya Tekniğı İle Su İçin Yapılan Deneylerden Elde Edilen Deney Sonuçları	78
Tablo: 5.22	Örnek Alma İle Boya Tekniğı İle Sıvı Sabun İçin Yapılan Deneylerden Elde Edilen Deney Sonuçları	78
Tablo: 5.23	Örnek alma Metodu İçin Radyoaktif İzleme Tekniğı İle Boya Tekniğinden Elde Edilen Sonuçlar	81
Tablo: 6.1	alışılan Sıvıların Viskoziteleri ve Deneylerle Elde Edilen Karışım Zamanları	84

BÖLÜM: 1

GİRİŞ

Nükleer teknolojinin geliştirilmesi ve uygulama alanlarının daha yaygın hale getirilmesiyle radyoizotopların endüstride kullanılmaları önem kazanmıştır. Bir başka deyişle, nükleer tekniklerin yaygınlaşması, farklı alanlarda ileri uygulamalara imkan vermektedir.

Öte yandan ilerleyen teknoloji ile proses ve kalite kontrolünün önemi artmıştır. Bu olgu uzantısında nükleer teknikler 20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren hızla endüstrinin hizmetine girmiştir. Nükleer teknikler; tahribatsız, prosesi aksatmayan ve ekonomik olmaları nedeniyle kimi kez tek ve alternatifsiz çözüm olarak karşımıza çıkmaktadır, Gardner (1967).

Endüstride bazı parametrelerin ölçülmesinde; seviye ve kalınlık belirlenmesi, hata tespiti, miktar tayini, nem tayini ve karışım zamanı tayini gibi konularda bu tekniklerden yararlanılmaktadır. Tıp alanında; röntgen cihazı, gama kameraları, şua tedavisi gibi nükleer kökenli aletler ve tedavi yöntemleri geliştirilmiştir. Ayrıca tıbbi cihazların sterilizasyonu, gıda ışınlaması, polimer modifikasyonu gibi pek çok alanda da nükleer teknikler kullanılmaktadır, Sipahi (1993).

Nükleer teknikler arasında, X-ışını, gama ışını, nötron ve beta radyografi teknikleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Tarım alanında ise verimliliği arttırmaya yönelik olarak; elementlerin bitki gelişimindeki etkileri, bitkinin bu elementleri topraktan alış tarzı gibi çalışmalar da nükleer tekniklerin uygulamaları arasında sayılabilir.

Öte yandan nükleer teknikler; farklı bir sınıflama ile; “Radyografi Teknikleri”, “Radyoaktif Analiz Teknikleri”, “Radyasyon Ölçme Teknikleri”, “Radyoaktif İzleme Teknikleri” başlıkları altında sınıflandırılabilir. Bu tekniklerin önemli bir kısmı “Tahribatsız Muayene Metodları” kapsamına giren tekniklerdir. Bu metodlar bir malzeme yapısının incelenmesinde kullanılan yöntemler olup, malzemeye zarar vermeksizin yapılan özel işlemlerdir, Lawrance, Manowitz, Loeb (1964).

Önemli bir nükleer teknik grubunu oluşturan radyoaktif izleme teknikleri de uygulama alanları giderek yaygınlaşan bir izleme tekniğidir. Radyoaktif izleme tekniği ile bir sistemin tümü veya bir bölümü hakkında, sisteme veya bir bölümüne ilave edilen radyoizotopun davranışının gözlenmesiyle bilgi alınır. Földiak (1986).

Radyoaktif izleme tekniğinin endüstride uygulama alanları hayli geniştir. Bunların başlıcaları; madde nakli, kaçak tayini, hacim tayini, havalandırma, akış hızı tayini ve karışım zamanı tayinidir, Beswick (1967).

Herhangi bir kimyasal veya mekanik işlemde homojen karışım elde edilmesi önemlidir. Uygun karışım zamanının tesbit edilmesi ise, gerek ekonomik, gerekse teknik bakımdan zorunludur. Radyoaktif izleyiciler uygun zamanın bulunmasında hayli etkindirler.

Bu tez çalışmasında, radyoaktif izleme tekniği kullanılarak farklı malzemelerin karışım zamanlarının tayin edilmesi amaçlanmıştır. Bir başka deyişle, yoğunluk ve viskoziteleri farklı malzemeler üzerinde deneysel olarak çalışılarak ve radyoaktif izleme tekniği yardımı ile uygun karışım zamanlarının belirlenmesi hedeflenmiştir.



BÖLÜM: 2

RADYOAKTİF İZLEME TEKNİKLERİ

2.1. GENEL İZLEME TEKNİKLERİ

Bir sistemin tümü veya bir bölümü hakkında özel bir maddenin davranışının gözlemlenmesiyle bilgi edinilebilir. İşte bu esasa dayanan tekniklere “İzleme Teknikleri” adı verilir. İzleme tekniğinde kullanılan yardımcı elemana ise “izleyici” denir. İzleme tekniklerinde sisteme uygulanan tekniğin tabiatına uygun bir eleman grubu ile olayı izlemek amaçlanmaktadır, Maoyi (1987).

İzleme teknikleri kullanılan malzemeye veya uygulanacak tekniğin fiziksel esasına bağlı olarak sınıflandırılabilir. Yaygın olarak benimsenen sınıflandırma tipi; kullanılan izleyicinin özelliğine bağlı olarak inceleme özelliğine göre yapılan sınıflamadır. Buna göre, izleme teknikleri; “Optik-Görsel İzleme Teknikleri”, “İşitsel Esaslı İzleme Teknikleri”, “Radyoaktif İzleme Teknikleri” ve diğer izleme teknikleri şeklinde gruplandırılabilir, Onat (1996).

Bu sınıflama fiziksel yönden sınıflama olup, yaygınlıkla kullanımı ifade etmemektedir. Bir başka deyişle, burada belirtilen her grup izleme teknikleri, aynı yaygınlıkta kullanılmamaktadır.

2.2. İZLEYİCİLERDE ARANAN GENEL ÖZELLİKLER

İzleyici, izleme tekniğinin genel özelliklerini belirleyen eleman olduğu için, izleyici tekniği önemli ölçüde izleyicinin özelliklerine bağlı olarak farklılaşmaktadır. İzleyicinin kullanıcıya ayırtılma imkanı sağlayabilmesi için sahip olması gereken başlıca iki özellik vardır.

İzleyicinin sahip olması gereken özelliklerden birincisi, izleyicinin ortama uyumudur. İzleyicinin ilave edildiği ortamla uyum içinde olması ve ortamla beraber hareket etmesi gerekir. Bununla beraber izleyicinin sistem ortamının fiziksel ve kimyasal özelliklerinden önemli ölçüde etkilenmemesi gerekmektedir. İzleyicinin ortama uyum sağlayabilmesinin yanında, katıldığı ortamın özelliklerinden ayırtılabilme özelliğinin de olması gerekir. Teknik için bu özellik oldukça önemli olduğundan, izleyiciyi, katıldığı ortamdan ayıran en az bir özelliği bulunması şarttır. Böyle bir özelliğe sahip olmayan bir madde izleyici olarak nitelenemez.

Bu iki temel özellik dışında izleyicilerden beklenen diğer bazı özellikler de vardır. Bunlara “tali özellikler” denilebilir. Tali özelliklerin başında izleyicinin kolay temin edilebilmesi gelmektedir. İzleyici teknikleri yaygın kullanılan teknikler olması nedeniyle, kimi teknikler için çok miktarda kullanılmaları gerekir. Onun için izleyicilerin kolay temin edilebilen malzemeler arasından seçilmesi faydalı olur.

İzleyicinin tali özellikleri arasında ekonomiklik de oldukça önemlidir. İzleyici teknikleri, araştırmanın dışında endüstri ve tıp alanında da kullanılmaktadır. Özellikle bu alanlarda rutinleşmiş uygulamaları mevcuttur. İzleyicilerin ekonomikliği, tekniği yaygınlaştıran ve rutinleştiren önemli bir husustur.

Bu özelliklerden bir diğeri izleyicinin çevreye az zarar vermesidir. İzleyici ortalama ilave edilen bir katkı maddesidir ve bu açıdan ortamın asal elemanına getireceği safsızlığın minimumda tutulması istenir. Eğer izleyici doğal çevre içinde uygulanacaksa, ekolojik çevreye önemli bir zarar vermeyecek bir madde olması şarttır.

2.3. RADYOAKTİF İZLEYİCİLER

İzleyicilerde aranan temel özellikler, radyoaktif izleyici olarak kullanılan radyoizotoplarda mevcuttur. İlk koşul olan izleyicinin izlenen ortamla aynı şekilde hareket etmesi şartını, radyoaktif izleyiciler, ortamı atom seviyesinde izleme imkanı vererek sağlamaktadır. Ortamın bizzat kendi atomlarının ışınlanarak, izleyici olarak kullanılması veya ortama en uygun maddenin radyoizotopunun izleyici olarak kullanılması mümkündür, Kara (1990).

İzleyicilerin bulundukları ortamda kolayca teşhis edilebilmeleri için ayırt edici bir özellik taşımaları koşulunu, radyasyon yayımlayarak sağlamaktadırlar, Evans ve Muramatsu (1977). Radyoaktif izleyiciler, söz konusu iki temel şartı sağlamalarının yanında, kullanım alanlarının yaygınlaşmasına katkıda bulunan başka üstünlüklere de sahiptirler. İzlenecek sisteme karışabilecek yabancı maddeler, renk veya kırılma indisi gibi izleyici özelliklerini etkileyebilmektedir. I.A.E.A., (1990). Buna örnek olarak; boya, temiz suda izleyici olarak kullanılabileceği halde, birçok yabancı maddeler içeren akarsularda etkili olamamaktadır.

2.4. RADYOAKTİF İZLEYİCİLERİN ÖZELLİKLERİ:

Radyoaktif izleyiciler için sözkonusu asal ve tali özelliklerin dışında, onların radyoaktivite karakterlerinden kaynaklanan ve seçimlerinde gözönüne alınması gereken bazı farklı özellikleri de vardır.

2.4.1. Yarı-Ömür

Bilindiği üzere, bir radyoaktif çekirdek birim zamanda belli bir olasılıkla bozunuma uğrar. Bu bozunma olasılığı, her radyoizotop için sabit bir değerdir. Öte yandan, verilen radyoaktif numunenin herhangi bir andaki bozunma hızı izotopun radyoaktif atomlarının sayısıyla doğru orantılıdır. Radyoaktif bozunma hızı genellikle radyoaktif numunedeki radyoaktif çekirdek sayılarının yarıya indiği zaman ile ifade edilir. Bu zamana da “yarı-ömür” adı verilir.

Yarı-ömür, radyoizotoplar için önemli ve karakteristik bir özellik durumundadır. Radyoaktif izleyici tekniğinin uygulanacağı amaç ve çevre şartları gözönüne alınarak en uygun yarı-ömüre sahip radyoizotop seçilir.

Radyoizotopun aktivitesi, aktif çekirdek sayısı ve yarı ömre bağlı olarak değişir. “Çok” olarak nitelenebilecek çekirdek sayısı, yarı-ömrün kısa olması halinde hızla bozunacağından nispeten kısa sürede radyoaktif izleyici özelliğini yitirebilecektir. Bu durum kimi zaman istenen ve tercih edilen bir durum olmakta, kimi zaman da kısa yarı-ömür istenmeyebilmektedir. Bu bakımdan yarı-ömür radyoizotopun seçiminde dikkat edilecek başlıca özellik olmaktadır.

2.4.2. Radyasyon Tipi

Radyoizotoplar tarafından yayınlanan dört tip radyasyon vardır. Bunlardan birincisi nötronlar, (p,n) veya (α ,n) reaksiyonu gibi reaksiyonlarla radyoizotoplardan yayınlanırlar. Ancak, ölçümleme sistemi açısından sorunları olması nedeniyle radyoaktif izleyici olarak tercih edilmezler.

X-ışınlarında radyoizotopların yayınladıkları bir radyasyon tipidir. Ancak, X-ışınlarının yayınlanması sırasında başka radyasyon tiplerinde yayınlanması söz konusudur. Genellikle diğer radyasyon tipleri daha etkin olduğundan X-ışınlarında radyoaktif izleyici olarak kullanılmamaktadır.

Beta ışınlarının havadaki menzili izleyici olarak kullanılmaya uygundur. Ancak madde içinde nüfuziyeti az olduğundan açık sistem uygulamaları için kullanılabilir.

Gama ışınlarının giricilik özelliği hayli fazladır ve maddeye nüfuz edebilirler. Ölçümleri de diğerlerine göre kolay olduğundan gama ışını yayınlayan radyoizotoplar, radyoaktif izleyici olarak daha yaygın kullanılırlar, Knoll (1989).

2.4.3. Enerji

Radyoizotop seçiminde önemli bir faktör radyoizotopun yayınladığı enerjidir. Burada dikkat edilecek husus, sisteme zarar vermeyecek bir enerji düzeyine sahip olan radyoizotopların seçilmesidir.

Bu konu, özellikle biyolojik çalışmalarda önem taşır, Onat (1996). Radyoizotopun enerjisi gereğinden az olursa, ölçümlerin sağlıklı olması şüpheye düşer, fazla olursa da, sistemin yapısı veya bazı özellikleri zarar görebilir. Bu nedenle, radyoaktif izleyicinin enerjisi radyoizotop seçiminde önemli bir rol oynamaktadır.

2.5. RADYOAKTİF İZLEYİCİLERDE AKTİVİTENİN HESAPLANMASI

Radyoizotopun ışınlanmasında;

$$S_o = \sigma_t \cdot \phi \cdot N_h \cdot k_i [1 - \exp(-0,693 t_1 / t_{1/2})] \quad (2.1)$$

ifadesinden yararlanılır, Gardner ve Ely (1967).

Burada;

S_o : Işınlama bitiminden hemen sonraki özgül aktivite

σ_t : (n, γ) etkileşmesi için ısıl nötron tesir kesiti

ϕ : Isıl nötron akısı

N_h : Birim kütledeki hedef malzeme atom sayısı

t_1 : Işınlama süresi

$t_{1/2}$: Radyoizotopun yarı ömrü

k_i : İzotopik bolluk

olmaktadır.

Radyoaktif izleme tekniği ışınlamadan hemen sonra uygulanmamaktadır. Bu nedenle ışınlama yapıldıktan belli bir süre sonraki özgül aktivite:

$$S = S_0 \exp (-0,693 \ t_b/t_{1/2}) \quad (2.2)$$

olarak ifade edilebilir. Burada;

t_b : ışınlamadan sonra geçen bekleme süresi

S: ışınlamadan t_b süre geçtikten sonraki özgül aktivite
olmaktadır.

2.6. RADYOAKTİF İZLEME TEKNİĞİ UYGULAMALARI

Radyoaktif İzleme Tekniği, pek çok değişik alanda geniş uygulamalara sahiptir. Bunları genel olarak dört grupta toplayabiliriz.

2.6.1. Endüstri Alanındaki Uygulamalar:

Radyoaktif İzleyicilerin endüstrideki kullanım alanları hayli geniştir. Bu teknikler yeni olarak nitelenebilecek teknikler olmasına rağmen, endüstrinin çeşitli taleplerine cevap verecek nitelikte olması nedeniyle uygulamada yerini almış bulunmaktadır. Radyoaktif izleyicilerin endüstrideki başlıca kullanım alanları şöyle sıralanabilir:

1. Akış Özellikleri Tayini

- a) Borularda Arayüz Tesbiti
- b) Kaçak Tesbiti
- c) Akış Hızlarının Tayini
- d) Akış Modelleri Geliştirilmesi

2. Çeşitli ve Zor Ayrımlama İşlemleri

- a) İzleyici Seyreltme
- b) İzotop Seyreltme

3. Aşınma Ölçmeleri

4. İşlem Karakteristikleri

- a) Karışım Zamanı Tayini
- b) Gerekli Bekletim Süresinin Tayini
- c) Cevap Frekansı Tayini

2.6.2. Tıp Alanındaki Uygulamalar :

Radyoaktif İzleme Teknikleri, tıpta daha çok teşhis amacıyla uygulanmaktadır. Teşhis amacıyla kullanımlar, prensipte benzer olmasına rağmen, incelemede bazı farklılıklar göstermektedir. Ancak burada esas olan hastaya radyoaktif bir solüsyon vermek ve uygun bir bekleme süresi sonunda uygun ölçümleme cihaz ve sistemleriyle sonucu almaktır. Bu uygulamalarda sonucu görüntü olarak almak tercih edilmektedir.

Tıp alanında, iç organların ve karın hacmini belirlemek, ilgili organın yerini ve şeklini tespit etmek, tümör ve kist olup olmadığını anlamak, organlarda doku kayıpları, tıkanıklıklar veya abselerin varlığını araştırmak için bu teknik başarıyla kullanılmaktadır, Rao (1990).

Bunun dışında, özellikle tiroid hastalıklarının ve bazı kanser türlerinin tedavisinde, özel uygulamalarla bu teknikten yararlanılmaktadır. Ayrıca, çeşitli ilaçların bünyeye etkisi ve yan tesirlerinin incelenmesinde; ısıtılmış ilaç reaktif maddesi verilerek, gözlemlene yapılmakta ve vücuttaki durumu izlenmektedir, Sipahi ve Tuğrul (1993).

2.6.3. Tarım Alanındaki Uygulamalar:

Sulama çalışmalarında, suyun akış hızının, hareketinin ve dengesinin belirlenmesinde, denizlerde ve nehirlerde balık göçlerinin incelenmesinde, toprağın su emme kapasitesinin ve havalandırılmasının denetlenmesinde, çeşitli tarımsal araştırmalarda radyoaktif izleme tekniğinden yararlanılmaktadır, Kaçmaz (1997).

Ayrıca çeşitli bitkilerin topraktaki mineralleri alışı ve bitkide kalış sürelerinin incelenmesi çalışmalarında, zararlılara karşı kullanılan ilaçların bitkiye etkisinin incelenmesinde de radyoaktif izleme teknikleri kullanılmaktadır, Sipahi (1993).

2.6.4. Arkeoloji Alanındaki Uygulamalar:

Bu alanda radyoaktif izleme tekniklerinin kullanımı oldukça yenidir. Daha çok eski yeraltı su şebekelerini takip etmek için kullanılmaktadır. Ayrıca önemli bir tarihleme yöntemi olan C-14 yöntemi de radyoaktif izleme tekniklerinin arkeoloji alanındaki önemli bir uygulamasıdır.



BÖLÜM 3

KARIŞIM ZAMANI TAYİNİ

Radyoaktif İzleme Teknikleri kimyasal ve mekanik üretim sistemlerinde farklı amaçlarla yaygın olarak kullanılabilir. Bu kullanım alanları arasında önemli bir uygulama alanı “karışım zamanı tayini”dir. Herhangi bir kimyasal veya mekanik işlemde homojen karışımın sağlanması çoğu kez önemli bir sorundur. Optimum karışım zamanının tespit edilmesi gerek ekonomik, gerekse teknik bakımdan zorunlu olabilmektedir.

Optimum karışım zamanının tayini, özellikle tam homojen bir karışım elde edilmesini gerektiren durumlarda önem arz etmektedir. Karışım işlemlerinin kontrolü, kimyasal yollarla yapıldığında, ortamdan alınan numunelerin, uzun süre analizlere tabi tutulması gerekmektedir.

Oysa, karıştırılan malzemelere uygun bir radyoaktif izleyici ilave edilerek sayım alındığında, karışım zamanı hayli kısa sürede ve hassas olarak saptanabilmektedir, Gardner ve Ely (1967). Bir başka deyişle, karışım zamanı konvansiyonel tekniklere göre daha hassas uygulanabilmektedir.

3.1. KARIŞTIRMA İŞLEMİ

Karıştırma işleminin amacı karışımı kabul edilebilir homojenlikte bir karışım haline getirmektir. “Homojenlik kavramı” ise istenilen ölçüye ve kabul edilebilirlik sınırlarına bağlıdır. Başka bir deyişle karışımın hangi düzeyde homojen olmasının istenildiğine önceden karar verilmelidir.

Herhangi bir alanda homojen kabul edilebilen bir karışım, daha hassas bir alan için homojen kabul edilmeyebilir. Öte yandan ileri hassas bir düzeyde homojenlik elde etmek ve bunu ölçmek de her zaman mümkün değildir.

3.2. RADYOAKTİF İZLEME TEKNİĞİ İLE KARIŞIM ZAMANI TAYİNİ YÖNTEMLERİ

Radyoaktif İzleme Tekniği ile karışım zamanı tayini iki farklı yöntemle yapılabilir. Bunlar:

- Örnek alma yöntemi
- Sürekli ölçüm yöntemi

olmaktadır, Gardner ve Ely (1967).

3.2.1. Örnek Alma Yöntemi

Bu karışım zamanı tayin yönteminde, karışıma radyoaktif izleyici ilave edildikten hemen sonra, belirlenmiş zaman aralıklarında karışım kabının birkaç yerinden aynı miktarda örnek alma ile gerçekleştirilir. Örneklerden elde edilen radyasyon sayım hızlarındaki sapmalar hesaplanır. Her örnekten alınan ölçüm sonuçlarından normal yollarla standart sapma bulunur. Sayım hızlarındaki sapmaların standart sapma sınırları içinde kaldığı zaman tespit edilir, böylece karışım zamanı tayin edilmiş olur.

3.2.2. Sürekli Ölçüm Yöntemi

Radyoaktif İzleme Tekniği ile karışım zamanı tayin yöntemlerinden biri “sürekli ölçüm yöntemi”dir. Bu yöntem de radyoaktif izleyici karışıma ilave edildikten hemen sonra, karışım içerisinde yayılmaya başlar. Henüz karışım homojen olmadığından radyoaktif sayım hızında büyük değişimler gözlenir. “Bir müddet” sonra sayım hızındaki sapmalar azalır ve sonuçta standart sapma sınırları içinde kalınır. Bu nokta, homojen karışım olduğu an olarak nitelenir.

Radyoaktif izleyici kullanarak sürekli ölçüm yöntemi ile karışım zamanı tayini, endüstride örnek alma yöntemine göre daha yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir.

3.2.2.1. Sürekli Ölçüm Yönteminin Tercih Sebepleri

Sürekli ölçüm yönteminin, örnek alma yöntemine göre tercih edilmesi farklı nedenlere dayanmaktadır. Bunlar:

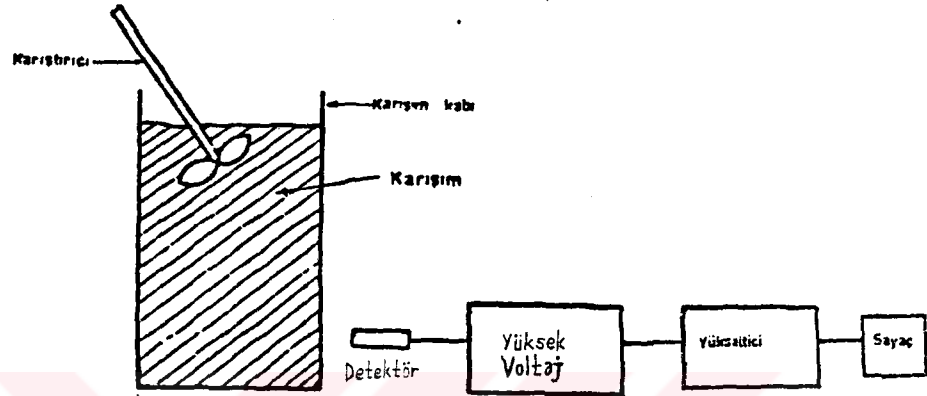
- Hızla sonuca varılır.
- Örnek alma sorunu yoktur.
- Her karışımdan ve her bölgeden örnek almak mümkün olmayabileceğinden böyle uygulamalar için alternatifsizdir.
- Sisteme müdahale edilmeden karışım tayin edilir.
- Hassasiyet iyidir.
- Uygulanması kolaydır.

3.2.2.2. Sürekli Ölçüm Yönteminin Uygulanması

Radyoaktif İzleyici Teknikleri optimum karışım zamanının tayin edilmesinde kullanılırken, önce malzemeye uygun bir radyoaktif izleyici hazırlanan numuneye karıştırılır, sonra da karıştırma operasyonunun rutin işlemlerine devam edilir.

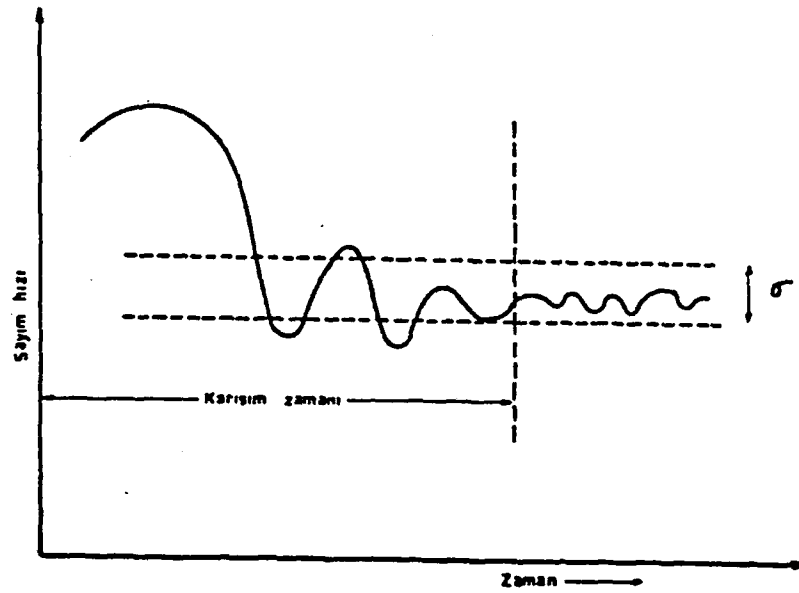
Radyasyon ölçüm sistemi yardımı ile ard arda ve kısa sürelerle sayımlar alınır. Sayımlardaki değişkenlik sınırı kabul edilebilir düzeyde ise, karışım istenen düzeyde sağlanmıştır, şeklinde yorumlanır. Başka bir deyişle sayımlar arasındaki farkın azalması, radyoaktif izleyici konsantrasyonu, karışımın bütününde homojen bir dağılım gösteriyor olarak düşünülür ve böylelikle de homojenlik için gerekli süre tamamlanmış olarak kabul edilebilir. Bu süre, karıştırma kabının herhangi bir noktasından alınan sürekli radyasyon ölçümleriyle tayin edilebilir.

Sürekli ölçüm yöntemindeki deneysel çalışma için gerekli deney düzeneği Şekil 3.1.'de görülmektedir.



Şekil 3.1. Karışım Zamanının Sürekli Ölçümü

Bu yöntem kullanılarak yapılan ölçümlerde elde edilen sayım hızının zamanla değişimi Şekil 3.2'deki gibi bir değişim gösterecektir.



Şekil 3.2 Karışım Zamanı Tayini

3.3. RADYOAKTİF İZLEME TEKNİĞİ İLE KARIŞIM ZAMANI HESAPLAMASI

Radyoaktif izleme tekniği ile karışım zamanı tayininde önemli bir husus, alınan radyasyon sayımlarının “kabul edilebilir” bir standart sapma içinde kalabilmesi ve bu sürenin tayinidir. Bir başka deyişle, ister sürekli ölçüm yöntemi uygulansın, ister örnek alma yöntemi uygulansın, karışım kabı dışından alınan sayımların veya örneklerin sayımlarının standart sapma sınırları içinde olmasıyla karışımın homojenleştiği yargısına varılmaktadır, Gardner ve Ely (1967).

Bu durumda, öncelikle standart sapmanın hesaplanması gerekecektir. Eğer X_i , n setindeki i örneğinin sayım hızını belirtiyorsa ve $\bar{X}$ 'de ortalama ise, örneklerin bu setinin standart sapması (σ):

$$\sigma = \left[\frac{\sum_{i=1}^{i=n} (x_i - \bar{x})^2}{n - 1} \right]^{1/2} \quad (3.1)$$

şeklinde ifade edilebilir.

Ard arda alınan sayımlar için hesaplanan standart sapmaların, zamanla değişim grafiği çizilirse bütün karışım için gerekli karışım zamanı tayin edilebilir. Standart sapma, sayımların istatistiksel sapmalarına eşit olana kadar her setin standart sapmasının bir öncekine göre azaldığı gözlenir. Öyle bir an gelirken standart sapmanın zamanla değişimi hayli küçük bir aralık içine düşer. Böylelikle, radyasyon ölçümü ile “karışım zamanı” tayini yapılmış olur.

BÖLÜM 4

DENEYSEL ÇALIŞMALARIN TANITILMASI

Bu Yüksek Lisans tez çalışmasında, radyoaktif izleme tekniği kullanılarak farklı malzemelerin karışım zamanlarının tayin edilmesi amaçlanmıştır. Bir başka deyişle yoğunluk ve viskoziteleri farklı malzemeler üzerinde deneysel olarak çalışılarak ve radyoaktif izleme tekniği yardımıyla uygun karışım zamanlarının belirlenmesi hedeflenmiştir.

Öncelikle deneylerimiz için, “uygun” düzenek kurulması gerekmekteydi. Bu amaçla, İ.T.Ü. Nükleer Enerji Enstitüsü Nükleer Uygulamalar Anabilim Dalı’na bağlı Radyoaktif İzleme Tekniği Laboratuvarı’nda ilgili “uygun” düzenekler, deney amacına uygun olarak kurulmuştur. Böyle bir çalışmada, uygun radyoaktif izleyicinin seçimi de sonuçları etkileyebilecek önemli bir husustur. Bu seçim de titizlikle yapılmış ve uygulanmıştır.

4.1. UYGUN RADYOAKTİF İZLEYİCİNİN SEÇİMİ VE TEMİNİ

Radyoaktif izleyici seçilirken, bazı faktörlerin gözönünde bulundurulması gerekmektedir, I.A.E.A. (1983). Bu faktörlerin tanıtımı daha önce Bölüm 2.4 içinde açıklanmıştı. Çalışmamız açısından da önem arzeden bu faktörler; seçilen radyoizotopun radyasyon tipi, yarı-ömrü, enerjisi, bulunabilirliği, ekonomikliği ve nükleer güvenlik açısından da uygun güvenilirlikte olmasıdır. Ayrıca çalışılacak ortama, radyoaktif izleyicinin uyumluluğu da önemle göz önüne alınması gereken bir husustur, Altınsoy (1997).

Çalışmamızda radyasyon tipi olarak gama ışını tercih edilmiştir. Laboratuvar çalışmalarında, genellikle çalışma güvenliği ve deneylerin daha sık tekrarlanabilmesi açısından yarı-ömrü saat mertebesinde olan (14,96 saat yarı ömürlü) Na-24 ve (35,4 saat yarı ömürlü) Br-82 kullanılmaktadır, Altınsoy (1997). Br-82'nin 7 pikinin olması ve birçok bileşiğinin gaz halinde olması dezavantaj olarak görüldüğünden bu çalışma için tercih edilmemiştir.

Na-24'ün iki piki olması ve enerji seviyelerinin daha yüksek olması nedeniyle çalışmalarımızda radyoaktif izleyici olarak Na-24 kullanılması tercih edilmiştir. Bir başka deyişle bu radyoizotopun gama enerjilerinin 1.37 MeV ve 2.75 MeV olması da Na-24'ün radyoaktif izleyici olarak kolay takip edilmesini sağlamıştır. Söz konusu radyoizotop, fiyat ve bulunabilirlik bakımından da hayli uygundur.

Sodyum element halinde, kimyasal reaktif bir malzeme olduğundan, bileşik halinde kullanılması gerekmiştir. Literatür taraması yapıldığında sodyumun pek çok bileşiğinin olduğu görülmektedir. Bunlardan özellikle ikisi deneylerimiz için hayli uygun bileşiklerdir. Bu bileşikler; sodyum karbonat (Na_2CO_3) ve sodyum klorür (NaCl)'dir. Tablo: 4.1'de bu iki bileşiğe ilişkin özellikler biraraya toplanmıştır, Merck (1996), Altınsoy (1997).

Tablo 4.1.
İki Sodyum Bileşiğinin Özellikleri

Sodyum Bileşiği	Kimyasal Formülü	Erime Noktası ($^{\circ}\text{C}$)	20 $^{\circ}\text{C}$ 'da Suda Çözünme Miktarı (g/l)	Toksisite
Sodyum Karbonat	Na_2CO_3	891	210	Göz ve deriyi tahriş edebilir.
Sodyum Klorür	NaCl	800	360	-

Deneysel çalışmalarımızda sodyumun, sodyum karbonat bileşiği (Na_2CO_3) kullanılması tercih edilmiştir. Bunun nedeni karbonun nötronla bombardımanı esnasında aktiflenmemesi ve oksijenin ısınanma durumunun klora göre daha elverişli olmasından kaynaklanmaktadır. Sodyumun ve bileşiklerinde bulunan bazı elementlerin özellikleri Tablo 4.2'de biraraya toplanmıştır, Tuğrul ve Kara (1994).

Tablo 4.2.
Sodyum ve Bileşiklerinde Bulunan Bazı Elementlerin Özellikleri

Element	Yarı Ömür	Enerji (KeV)
Sodyum-24	14,96 saat	1368,60 2754,00
Oksijen-19	26,91 saniye	197,14 1356,84
Klor-38	37,24 dakika	1642,69 2167,68

Sodyum karbonat ışılandıktan sonra oksijenin yarı-ömrünün sodyuma göre daha kısa olması nedeniyle, deneysel çalışmalarımızda yalnızca Na-24 radyoizotopu dikkate alınmıştır.

Deneysel çalışmalarımızda radyoaktif izleyici olarak tercih edilen Na-24 radyoizotopu Na-23 (n, γ) Na-24 reaksiyonundan elde edilmektedir. Bir başka deyişle, kullanılacak radyoaktif izleyici yapay radyoizotopdur.

Deneysel çalışmalarımızda kullandığımız sodyum karbonat, İ.T.Ü. TRIGA Mark-II Reaktörü tam (250 KW) güçte çalışırken tavşan sisteminde $1,65 \times 10^{12}$ n/cm.sn akı değerinde bir dakika süreyle ışınlanmıştır. Işınlama süresi tayin edilirken deneylerimizdeki aktivitenin, nükleer güvenlik açısından, güvenli çalışma ortamı sağlayacak ve sayım alınabilecek yükseklikte olmasına dikkat edilmiştir.

Işınlamadan hemen sonraki, sodyumun özgül aktivitesi Denklem 2.1 kullanılarak 8,9 MBq/g (0,24 mCi/g) olarak bulunmuştur. Deney şartlarına uygunluk için ve olabilecek safsızlık elemanlarının etkisinin minimize edilmesi bakımından, radyoizotop ile yaklaşık 24 saat sonra çalışılmıştır. Böylece radyoaktif izleyicinin zerk edildiği andaki spesifik aktivitesi Denklem 2.2 kullanılarak 2,9 MBq/g (0.079 mCi/g) olarak bulunmuştur.

Sodyum karbonat bekletildikten sonra su içinde eriyik haline getirilmiştir. Bu bekletme sonrasında sadece Na-24 aktif halde bulunmaktadır. Işınlanan 530 mg. Na_2CO_3 içinde 230 mg Na bulunduğundan deneylerimizdeki ortalama aktivite değeri 0,67 MBq (18 μ Ci) olmaktadır.

Radyoaktif izleyicimiz için, müsaade edilen maksimum izleyici miktarı 74 MBq (2mCi) olmaktadır, Altınsoy (1997). Çalışmamızda ki ortalama aktivite değeri, bu değerin hayli altında olduğundan radyasyon güvenliği açısından tehlike söz konusu olmayacağı anlaşılmaktadır.

4.2. BOYA İZLEYİCİSİNİN SEÇİMİ VE TEMİNİ

Boya izleyiciler, görsel izleyici olarak daha çok kullanılan malzemelerdir. Deneylerimizde görsel izleyici olarak boya esaslı malzemelerle çalışılması düşünülmüştür.

Boya izleyici seçilirken bazı hususlara dikkat edilmelidir. Bunların başlıcaları, izleyici olarak kullanılacak malzemenin düşük konsantrasyonlarda bile

kuvvetli renk verebilmesi, suda kolay çözülebilmesi ve sudaki safsızlıklarla etkileşmeye girmemesidir.

Metilen mavisi ile çalışma renk konsantrasyonu açısından deneylerimiz için uygun olarak belirlenmiştir. Ayrıca bu malzeme ile yapılan çalışmalardan ve deneyimlerden yararlanılması da mümkündür. Altınsoy (1997), Tuğrul ve Altınsoy (1994). Bu hususlar gözönüne alınarak deneylerimizde metilen mavisi (methylen blue) kullanılmasına karar verilmiştir.

Sonuçlarda mukayeseli incelemenin yapılabilmesi için deneylerimizde iki farklı izleme tekniği ile çalışılmıştır. Daha önce ayrı ayrı tanıtılan “Radyoaktif İzleme Tekniği” ve “Boya İzleme Tekniği” için kullanılan izleyiciler farklı özellikler taşımaktadırlar. Söz konusu tekniklerin birbiriyle mukayesesinin minimum hata ile yapılabilmesi için, aynı deney şartlarında, iki tekniği birarada uygulamanın daha yerinde olacağı düşünülmüştür.

İzleyicilerin deneylerimizde kullanılan miktarı suda çözünme limitinin “hayli” altındadır.. Ayrıca çalışılacak su, yağ çeşitleri, sıvı sabun gibi elemanarlarda uygulamada sorun yaratmadığı denenerek görülmüştür.

Buradan hareketle, radyoaktif izleyici ile 10 cc’lik eriyik hazırlanırken metilen mavisi de (methylen blue) bu eriyiğe dahil edilmiştir. Hazırladığımız sıvı zerk elemanı 200 mg. metilen mavisi (methylen blue) ve 230 mg. sodyum içeren sodyum karbonattan 10 cc eriyik halinde hazırlanmıştır.

4.3. DENEY DÜZENEĞİ VE ELEMANLARI

Farklı malzemelerin karışım zamanı tayini amacıyla; karıştırıcı, viskozimetre, densitometre, hassas terazi ve radyoaktif sayım setinden oluşan bir deney düzeneği kurulmuştur. Deneysel çalışmalarımızda kullanılan tüm elemanlar özel olarak ve amaca uygunluğunun sağlanması için titizlikle seçilmiştir.

4.3.1. Karıştırıcı

Deneyslerimizde iki farklı karıştırıcı ile çalışılmıştır. Bu karıştırıcılardan biri; Manyetik Karıştırıcı, diğeri ise Mekanik karıştırıcıdır.

4.3.1.1. Manyetik Karıştırıcı

Deneyslerde kullanılan manyetik karıştırıcı, konvansiyonel bir karıştırıcı tipi olup, İ.T.Ü. Nükleer Enerji Enstitüsü, Nükleer Uygulamalar Anabilim Dalı, Radyoaktif İzleme Laboratuvarı'nda bulunan Electro-mag. marka manyetik karıştırıcıdır.

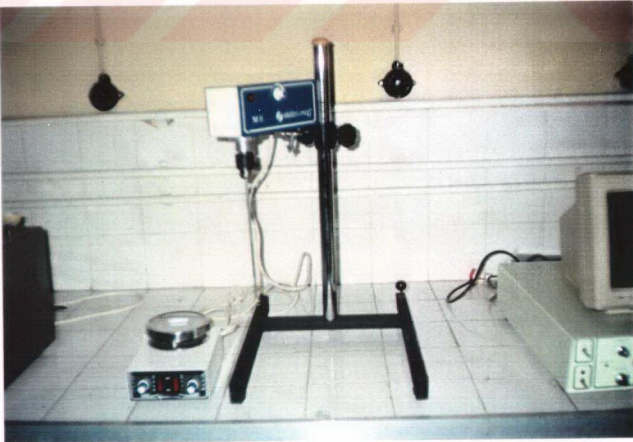
Deneyslerimizde manyetik karıştırıcı kullanılmış olmakla beraber, her sıvı için bu karıştırıcı ile çalışılmamıştır. Çünkü; manyetik karıştırıcıda kullanılan “balık” adı verilen elemanın her seferinde aktif haldeki sıvıdan alınması ve temizlenmesi sorun yaratmaktadır. Bu nedenle su ile yapılan deneyslerde, manyetik karıştırıcı ile çalışılmış, diğeri sıvılarla yapılan deneyslerde manyetik karıştırıcı kullanılmamıştır.

4.3.1.2. Mekanik Karıştırıcı

Deneyisel çalışmalarımızda karıştırıcı olarak mekanik karıştırıcı tercih edilmiştir. Kullandığımız karıştırıcı, yüksekliği deney düzeneğimize göre ayarlanabilir, “M-11 Electro-mag” marka bir mekanik karıştırıcıdır.

Deneylerimizde kullandığımız malzemelerin karıştırılmasında karıştırıcının bulunduğu pozisyon deney sonuçlarını direk etkileyeceğinden, karıştırıcının benzer deneyler için daima aynı geometride olmasına özen gösterilmiştir.

Ancak su ile yapılan deneyisel çalışmalarımızda mekanik karıştırıcı ile çalışıldığı gibi, manyetik karıştırıcıda bu deneylerde kullanılmıştır. Bu çalışma bize iki karıştırıcı tipini kıyaslama imkanı da vermiştir. Ancak manyetik karıştırıcı daha önce de belirtildiği gibi radyoaktiflenme problemi nedeniyle diğer malzemelerde kullanılmamış, mekanik karıştırıcı tercih edilmiştir. Mekanik karıştırıcı ve manyetik karıştırıcılar Şekil 4.1’de birarada görülmektedir.

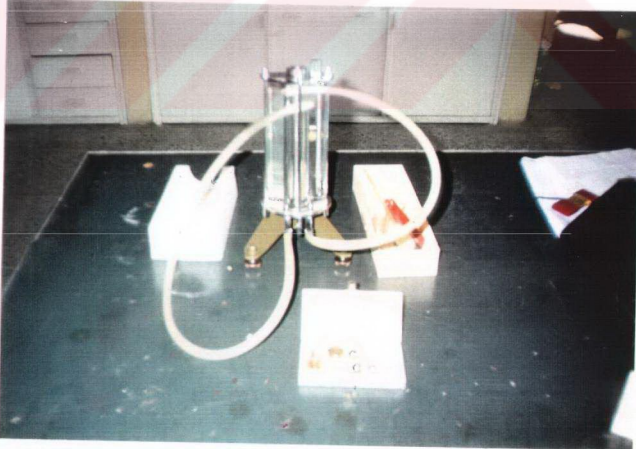


Şekil 4.1 Mekanik Karıştırıcı ve Manyetik Karıştırıcı

4.3.2. Viskozimetre

Kullandığımız malzemelerin viskoziteleri laboratuvarda “Hoeppler Viscosimeter B3” marka viskozimetre ile ölçülmüştür. “Bilye Düşürme” tipi olan bu viskozimetre Şekil 4.2.’de görülmektedir. Ölçümler alınırken ortam sıcaklığının 20°C olmasına önemle dikkat edilmiştir. Viskozimetrede uygun şartlarda çalışabilmek için düz bir zeminde durması sağlanmış ve ilgili ayarlamalar yapılmıştır. Önce cihazda orta eksen borusu çevresindeki bölge su ile doldurulmuş, daha sonra viskozitesi ölçülecek malzememiz viskozimetrenin ortasındaki boşluğa ağzına kadar doldurulmuştur.

Bu ölçüm için, ağırlıkları ve yoğunlukları daha önceden belirlenmiş, cihazın aksesuarları olan altı adet küçük bilyeden yararlanılmıştır. Kullanılan bilyelere ait özellikler Tablo 4.3 de verilmiştir. Şekil 4.2 de söz konusu bilyeler, viskozimetre ile birlikte görülmektedir.



Şekil 4.2. Viskozimetre

Tablo 4.3
Hoppler Viskozimetresindeki Bilyelerin Özellikleri

Bilye Numarası	Bilye Ağırlığı (g)	Bilye Yoğunluğu (g/cm ³)	Bilye Sabiti-1 (m ² /sn ²) x 10 ⁻⁶	Bilye Sabiti-2 (m ² /sn ²) x 10 ⁻⁶
1	4,6068	2,229	0,008899	0,009015
2	4,4669	2,232	0,072059	0,072440
3	16,0608	8,140	0,121000	0,121100
4	14,3839	8,130	1,182000	1,189600
5	9,9330	7,720	10,500000	10,500000
6	4,0790	7,790	40,000000	40,000000

Viskozimetrenin üst tarafındaki boşluktan viskozitesi ölçülecek malzememizle doldurduğumuz borunun içine bırakılan uygun bir bilyenin viskozimetre üzerinde işaretlenmiş iki çizgi arasından geçiş süresi bir kronometre yardımıyla ölçülmüştür. Bu ölçüm birkaç kez ve farklı bilyelerle tekrarlandıktan sonra, malzemenin viskozitesi aşağıdaki formül yardımı ile hesaplanmıştır.

$$\eta = t'(\rho_1 - \rho_2) \cdot K \quad (4.1)$$

Burada;

- η : Dinamik viskozite (Kg/m.s)
- t' : İki çizgi arası geçiş süresi (s)
- ρ_1 : Bilyenin yoğunluğu (Kg/m³)
- ρ_2 : Malzemenin yoğunluğu (Kg/m³)
- K : Bilye sabiti (m²/s²)

Ölçümlerin hassasiyeti açısından her malzemenin viskozitesi en az iki bilye ile yapılan ölçümler sonucunda hesaplanmıştır. Alınan ölçümler Tablo 4.4'de toplu halde gösterilmiştir. Ölçüm aleti hataları % 1 olup, Tablo: 4.4'de de belirtilmiştir.

Tablo 4.4.
Kullanılan Malzemelerin (20°C'da) Yoğunluk ve Viskoziteleri

Malzeme	Yoğunluk (g/cm ³) ± % 1	Viskozite (Kg/m.s) x 10 ⁻³ ± % 1
Su	0,980	1,00686
Mürekkep	1,010	0,86273
Antifriz	1,015	22,41525
Ayçiçek Yağı	0,916	57,69086
Mısırozü Yağı	0,916	58,56497
Zeytin Yağı	0,910	85,61476
Motor Yağı	0,886	781,68410
Sıvı Sabun	1,035	1123,08000
Gliserin	1,225	1432,14750

Ölçülen yoğunluk ve viskoziteler, kendimizi sınamak amacı ile söz konusu sıvılara ilişkin literatürden bulunabilen değerlerle karşılaştırılmıştır, Holman & White (1992), Hodgman ve diğerleri (1962). Karşılaştırmaya ilişkin olarak Tablo: 4.5 düzenlenmiştir. Tablo: 4.5'den görüldüğü üzere, bazı farklılıklar bulunmakla beraber, bu farklılıklar %4'ün altında olup, kabul edilebilir mertebededir. Farklılıkların, ölçüm hatası olabilmesi söz konusu olmakla beraber, belki de burada daha etkin olanı malzeme safsızlığıdır. Zira, literatürde saf malzemeler için yoğunluk ve viskozite değerleri verilmiş olup, burada çalışılan malzemelerin literatürdeki malzemelerle aynı özellikleri taşımaması da söz konusudur.

Tablo 4.5.
Kullanılan Malzemelerin (20°C'da) Yoğunluk ve Viskozitelerinin Literatürden Bulunabilenleri İle Karşılaştırılması

Malzeme	Yoğunluk (g/cm ³)			Viskozite (Kg/m.s) x 10 ⁻³		
	Ölçülen	Literatürden Bulunan	Fark (%)	Ölçülen	Literatürden Bulunan	Fark (%)
Su	0,9800	0,9982	1,8	1,00686	1,00600	0,08
Antifriz	1,0150	0,9936	2,1	22,41525	-	-
Zeytinyağı	0,9100	0,9150	0,5	85,61476	84,00000	1,9
Motor yağı	0,8860	0,8882	0,2	781,68410	799,41000	2,2
Gliserin	1,2250	1,2620	2,9	1432,14750	1491,54000	3,9

4.3.3. Densitometre

Deneysel çalışmalarımızda kullandığımız malzemelerin yoğunlukları İ.T.Ü. Nükleer Enerji Enstitüsü Nükleer Uygulamalar Anabilim Dalı Radyoaktif İzleme Tekniği Labratuarında bulunan densitometre seti ile ölçülmüştür. Şekil: 4.3'de Dansitometre ile yoğunluk ölçümü görülmektedir.

Malzemelerimizin yoğunluk ölçümleri için, önce her malzeme 500 cc'lik beherlere doldurulmuş, daha sonra uygun densitometreler sıvılara bırakılmış ve sıvı yüzeyüne karşılık gelen yoğunluk değeri okunmuştur. Bu işlem birkeç kez tekrarlanmak suretiyle hassas ölçümler yapılmaya çalışılmıştır

Ölçümlerimizle elde edilen malzemelerin yoğunluk değerleri Tablo: 4.4'de toplu halde gösterilmiştir.

4.3.4. Hassas Terazi

Çalışmalarımızda, İ.T.Ü Nükleer Enerji Enstitüsü Nükleer Uygulamalar Anabilim Dalı Radyoizotop Labratuarı'nda bulunan hassas terazi kullanılarak tartımlar yapılmıştır. Şekil: 4.4'de kullandığımız Sartorius marka hassas terazi görülmektedir.

Hassas terazi kullanılırken terazinin tam düz zemin üzerinde olmasına dikkat edilmiştir. Bunun için, özenle ayaklarının ayarlaması yapılmıştır. Ayrıca, tartım yapılırken, terazinin camlarının kapalı olmasına da dikkat edilmiştir.



Şekil: 4.3 Densitometrelerle Yoğunluk Ölçümü



Şekil: 4.4. Hassas Terazi

4.3.5. Sayım Seti

Deneyisel çalışmalarımızda sayım seti olarak, çok kanallı analizör ve buna bağlı NaI(Tl) sintilasyon detektörü kullanılmıştır. Kullandığımız çok kanallı analizör Model 800 A tipinde 256 kanallı bir analizördür. NaI(Tl) sintilasyon detektörü özellikle gama ışınlarının ölçümlenmesi için yaygın olarak kullanılmaktadır, Tsoulfanidis (1983).

Sayım setinde detektör ve sayım alınacak malzemenin konumları önem taşımaktadır. Bir başka deyişle, geometri faktörüne özen gösterilmesi gerekmektedir Tuğrul (1995). Geometri faktörünün deney boyunca aynı kalmasına bilhassa dikkat edilmiştir.

Deneyisel çalışmalarımız esnasında çevresel saçılmaları önlemek ve nükleer güvenlik açısından uygun çalışma ortamı sağlamak amacıyla kurşun bloklar kullanılmıştır. Her ölçümde sayım alınırken detektör geometrisinin aynı kalmasına dikkat edilmiştir. Sayım sisteminde her deneyden önce doğal ortam sayımı (background) alınmış, daha sonra deneye geçilmiştir.

Deneylerde kullanılan sayım seti Şekil: 4.5’de görülmektedir. Deney seti ise Şekil: 4.6’da verilmiştir.



Şekil: 4.5 Sayım Seti



Şekil: 4.6. Deney Seti

4.4. DENEYLERİN YAPILIŞI

Deneyisel çalışmalarımızda 9 adet sıvı malzeme kullanılmıştır. Çalışılan malzemeler seçilirken viskozite ve yoğunlukları birbirinden farklı ve deneyisel çalışmalarımızda güvenlik açısından problem olmayacak, yanıcı ve patlayıcı olmayan malzemeler tercih edilmiştir.

Deneyisel çalışmalarımızda kullandığımız malzemeler; su, sıvı sabun, gliserin, mürekkep, antifiriz, motor yağı, zeytinyağı, mısırözü yağı, ayçiçek yağı ve sıvı deterjan olmak üzere toplam 9 adettir. Bu malzemelerin yoğunluk ve viskozite gibi özellikleri Tablo 4.4'de toplu halde gösterilmiştir. Bu tablodaki değerler, daha önce dataylı olarak anlatıldığı gibi laboratuvarında deneyisel olarak ölçülmüş ve hassasiyet açısından her ölçüm birkaç kez tekrarlanmıştır.

Çalışmalarımızda kullandığımız malzemeler 500 cc'lik beherlere doldurulmuştur. Bu malzemelerin deneyden önceki durumları Şekil 4.7 ve Şekil 4.8'de toplu halde görülmektedir.

Deneylerimiz farklı teknikler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Öncelikle radyoaktif izleme tekniği kullanılmıştır. Radyoaktif izleme tekniği ile alınan sonuçların mukayesesi için alternatif bir izleme tekniği olan görsel boya tekniği de kullanılmıştır. Her iki teknik aynı zamanda uygulanmıştır.

Her iki izleme tekniği ile iki farklı şekilde deneyler yapılmıştır. Bunlardan birincisi sürekli ölçüm tekniği, ikincisi ise örnek alma tekniğidir.

4.4.1. Sürekli Ölçüm Tekniğı

Önce, sürekli ölçüm tekniğı ile deneyler yapılmıştır. Bu amaçla yararlanılan düzenek Şekil: 4.6'da görülmektedir.

Deneyssel çalışmalarımızda kullandığımız ilk malzeme su olmuştur. 500 cc'lik beherdeki su daha önceden ayarlanmış deney düzeneğine yerleştirilmiştir. Mekanik karıştırıcı üst ortadan karıştırarak şekilde yerleştirilmiş, daha önceden hazırlanmış 10 cc'lik metilen mavisi (methylen blue) ile karıştırılmış radyoaktif izleyici beherin tam ortasına tek hamlede zerk edilmiş ve sayım alınmaya başlanmıştır (Şekil 4.6).

Bir taraftan görsel olarak homojenlik tayin edilirken, diğer taraftanda sürekli ölçüm metoduyla karışımın homojen hale geldiğı zaman tespit edilmeye çalışılmıştır.

Deneylerimiz karıştırıcının farklı bölgelerden karıştırması hali için de yapılmıştır. Farklı bölgelerden karıştırmaya ilişkin olarak, su ile yapılan çalışmalarda en uygun çalışma şartı belirlenmiş ve diğer sıvılarla tek bir tip karıştırma işlemi ile deney yapılmıştır.

Ayrıca, iki farklı karıştırıcı ile çalışılmıştır. Kullanılan karıştırıcılardan biri, mekanik karıştırıcı, diğeri ise manyetik karıştırıcıdır. Her iki karıştırıcı ile su ile çalışılmıştır. Ancak, manyetik karıştırıcı ile çalışmada, karıştırıcının elemanı olan ve "balık" olarak nitelenen elemanın radyoaktif sıvı içinden alınması ve temizlenmesi sorun oluşturmuştur. Bu nedenle, manyetik karıştırıcı ile deneyler sadece su ile yapılmıştır. Diğer sıvılarla, nükleer güvenlik şartları bakımından sadece mekanik karıştırıcı ile gerçekleştirilmiştir.



Şekil: 4.7 Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Malzemeler



Şekil: 4.8 Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Malzemeler

Bunlardan ayrı olarak, mekanik karıştırıcının farklı karıştırma kademeleri ile de çalışılmıştır. Bunun için de öncelikle su ile çalışmada deneyler yapılmıştır. İkinci kademe ile çalışma, olayı takip için hızlı olmuştur. Zira, sayım sistemimizle en kısa 1 saniyelik sayımlar alınabilmektedir. Otomatik ard arda sayım alma imkanı olmadığından izleme zorlaşmıştır. Bu bakımdan da su dışında, mekanik karıştırıcının birinci kademe hızı ile diğer deneylerde çalışılmıştır.

4.4.2 Örnek Alma Tekniği

Deneyler, örnek alma yöntemi ile de yapılmıştır. Örnek alma metodu ile karışım zamanı tayinin yapılabilmesi, karışım zamanı dakikalar mertebesinde olan sıvılar için mümkün olabilmektedir. Zira örnek alma, ölçüm almaya göre daha uzun zaman almaktadır. Bu da tekniğin uygulanmasını zorlaştırmaktadır. Bir başka deyişle, örnek alma tekniği ile karışım zamanı tayini, ister radyoaktif izleme tekniği çerçevesinde, ister görsel boya tekniği ile uygulama olsun, örnek almanın zorluğu nedeni ile karışım zamanı uzun olan akışkanlara uygulanabilir olmaktadır.

Örnek alma tekniği ile yapılan deneyler hem radyoaktif izleme tekniği ile ve hem de görsel boya tekniği uygulaması ile gerçekleştirilmiştir. Bir başka deyişle, örnek alma tekniği çerçevesinde iki farklı izleme tekniği uygulanmıştır. Uygulama sıvısı olarak sıvı sabun seçilmiştir. Böylelikle, çalışılan birçok sıvıdan daha uzun sürede karışmakta olan bu sıvı ile örnek alma tekniğinden sonuç alınabileceği düşünülmüştür.

İzleyicilerin hazırlanması ve uygulanması sürekli ölçüm tekniğinde olduğu gibi, aynen yapılmıştır. Mekanik karıştırıcı üst yandan karıştırılmakta olan 500 cc sıvı sabuna tek hamlede radyoaktif izleyici ve boyanın verilmesini takiben üç farklı bölgeden ard arda örnekler alınmıştır. Örnek alınan bölgeler, üst orta ve dip bölgeleridir. Örnek alma işlemi, her bölge için hep aynı yerden her seferinde ayrı bir enjektör kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Markalanmış enjektörler, deneyi takiben ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

Deneyi takiben, alınan örneklerin, önce radyasyon sayımları alınmıştır. Böylelikle, radyoaktif izleme tekniği değerlendirilmesi yapılmıştır.

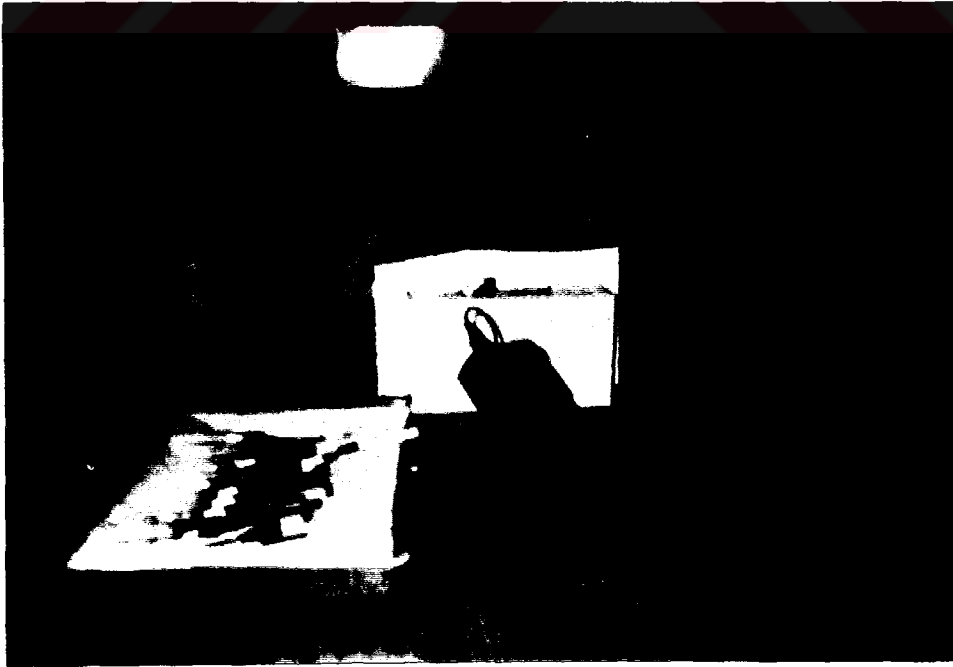
Deneyden sonra yaklaşık bir ay beklenerek, tümüyle radyoaktivitenin sönmeye uğraması sağlanmıştır. Bundan sonra bir lightmetre kullanılarak ölçümler alınması yoluna gidilmiştir. Deneylerde kullanılan ışık ölçer (lightmetre) Şekil: 4.9'da görülmektedir. Konvansiyonel bir ışık ölçer olan cihaz, bu Yüksek Lisans Tez çalışması için özel olarak temin edilmiştir. Özel bir sensör yardımı ile ilgili ölçümler alınabilmektedir.

Işık ölçer ile çalışmaların yapılabilmesi için ayrı bir deney düzeneği hazırlanmıştır. Bu deney düzeneğinde, örnek almada kullanılan enjektörün sadece sıvı ile dolu kısmına arkadan ışık gelmesine müsaade edecek bir levha tasarlanmıştır. Bu levhanın arkasına konan ışık kaynağı vasıtası ile enjektörün sıvı ile dolu kısmından ışığın geçmesi sağlanmış ve diğer tarafa da ışık ölçer (lightmetre) yerleştirilerek ölçümler alınmıştır.

Deneyler boyunca geometrinin ve ışık kaynağının sabit tutulmasına özen gösterilmiştir. Işık ölçer ile yapılan deneylerin deney düzeneği Şekil: 4.10'da görülmektedir.



Şekil: 4.9 Işık Ölçer (Lightmetre)



Şekil: 4.10 Işık Ölçer Deney Düzeneği

BÖLÜM 5

DENEY SONUÇLARI

Daha önce Bölüm: 4 içinde tanıtılan deney düzenekleri kullanılarak karışım zamanı tayini deneyleri yapılmıştır. Çok sayıda yapılan deneylerle; radyoaktif izleyici tekniği kullanılarak hem sürekli ve hem de örnek alma tekniği ile karışım zamanı tayini yapılmıştır. Radyoaktif izleyici tekniği sonuçlarının mukayesesi için de görsel boya tekniği ile de çalışılmıştır.

5.1. RADYOAKTİF İZLEME TEKNİĞİ SÜREKLİ ÖLÇÜM SONUÇLARI

Radyoaktif İzleme Tekniği ile sürekli ölçüm alınarak yapılan deneyler, çalışılan 9 farklı sıvı olan su, mürekkep, antifriz, ayçiçek yağı, mısırözü yağı, zeytinyağı, motor yağı, sıvı sabun ve gliserin için ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Karışım zamanına etkiyen karıştırma parametrelerinin incelenmesi için sıvı olarak su seçilmiş ve ilgili deneyler yapılmıştır.

Deneylerde ard arda gelen en az üç sayının birbirine standart sapma çerçevesinde yakınsadığı zamana kadar deneylere devam edilmiştir. Bunun için de laboratuvar ortamının sayım standart sapması çerçevesinde ölçümler alınması amaçlanmıştır. Çalışılan laboratuvar ortamı için standart sapma ± 5 'dir. Deney sonuçlarının verildiği tablolarda, karışım zamanı olarak tayin edilen zaman, koyu renk yazı (bold) ile gösterilmiştir.

5.1.1. Su İle Radyoaktif İzleyici Kullanılarak Yapılan Deneylerin Sonuçları

Radyoaktif izleyici ile öncelikle su kullanılarak deneyler yapılmıştır. Su kullanılarak yapılan deneylerde önce mekanik karıştırıcı ile çalışılmıştır. Mekanik karıştırıcının ilk çalışma kademesi seçilmiş ve su kabının 3 farklı bölgesinden karıştırma yapılarak deneyler ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Üç farklı karıştırma bölgesi olarak su kabının üst yan , üst orta ve dip orta bölgeleri seçilmiştir. Deneylerden alınan sonuçlar Tablo: 5.1 - Tablo: 5.3’de verilmektedir. Bu Tablolardan hareketle çizilen grafik Şekil: 5.1’de görülmektedir.

Tablo: 5.1

Su İle Radyoaktif İzleyici Kullanılarak
Mekanik Karıştırıcı İle Üst Yan’dan 1. Kademe Hızda Yapılan Deneylerden
Elde Edilen Deney Sonuçları

Zaman (s)	Net Sayım (Sayım/s)
2	85
4	55
7	49
9	75
13	41
15	54
17	73
20	53
22	50
24	50
25	48

Tablo: 5.2

Su İle Radyoaktif İzleyici Kullanılarak
Mekanik Karıştırıcı İle Üst Orta'dan 1. Kademe Hızda Yapılan Deneylerden
Elde Edilen Deney Sonuçları

Zaman (s)	Net Sayım (Sayım/s)
3	148
5	85
7	84
9	92
12	69
15	69
18	73
20	74

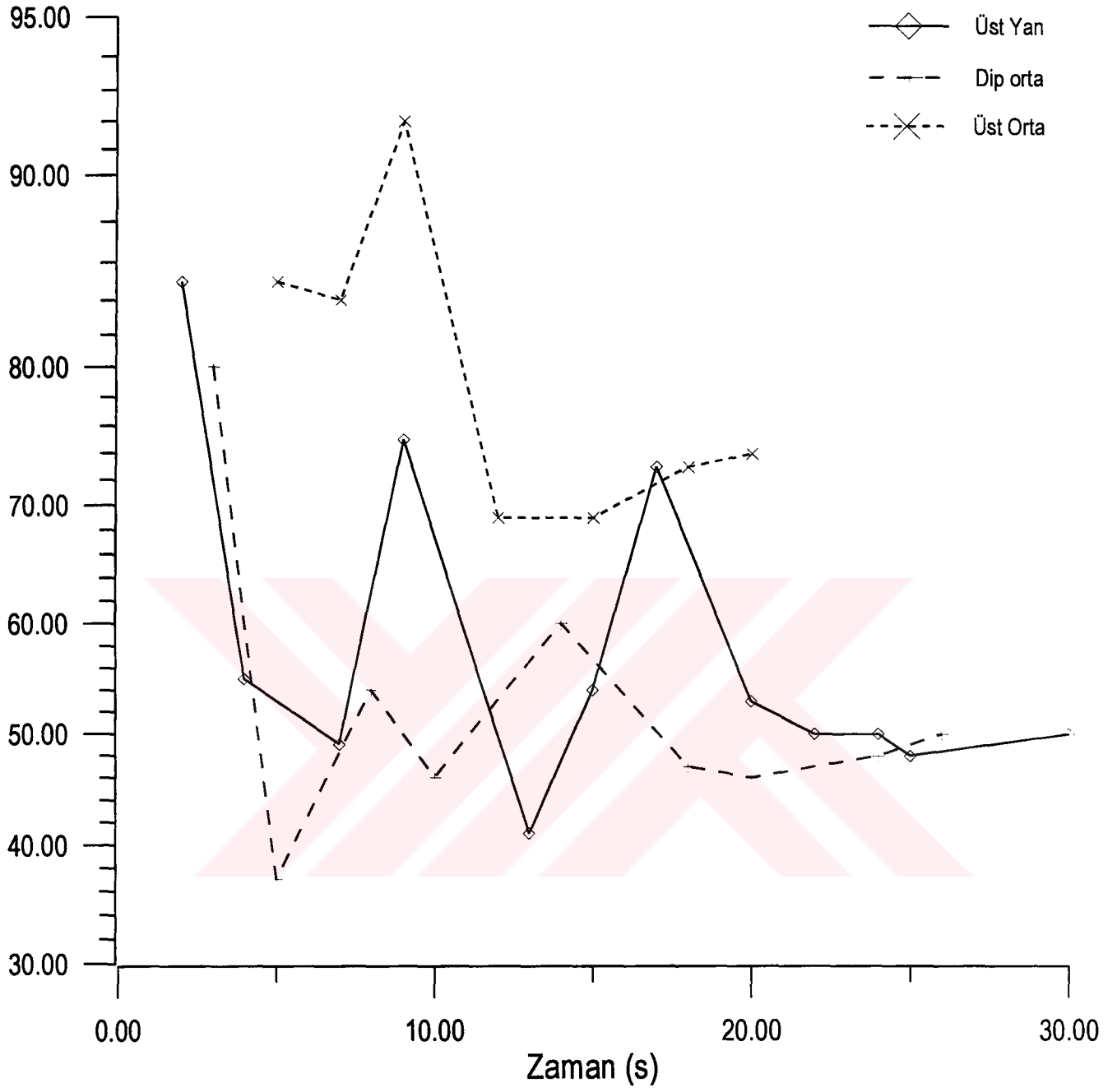
Tablo: 5.3

Su İle Radyoaktif İzleyici Kullanılarak
Mekanik Karıştırıcı İle Dip Orta'dan 1. Kademe Hızda Yapılan Deneylerden
Elde Edilen Deney Sonuçları

Zaman (s)	Net Sayım (Sayım/s)
3	80
5	37
8	54
10	46
14	60
18	47
20	46
24	48
26	50

Sayım/s

44



Şekil: 5.1 Su İle Radyoaktif İzleme Tekniği Kullanılarak Mekanik Karıştırıcı İle 1. Kademe Hızda, Farklı Bölgelerden Yapılan Karıştırmalara İlişkin Mukayeseli Grafikler

Tablo: 5.1 - Tablo- 5.3 ve Şekil: 5.1 incelendiğinde karıştırma yerinin önemi olduğu görülmektedir. Bu farkın incelenmesi için Tablo 5.4 düzenlenmiştir.

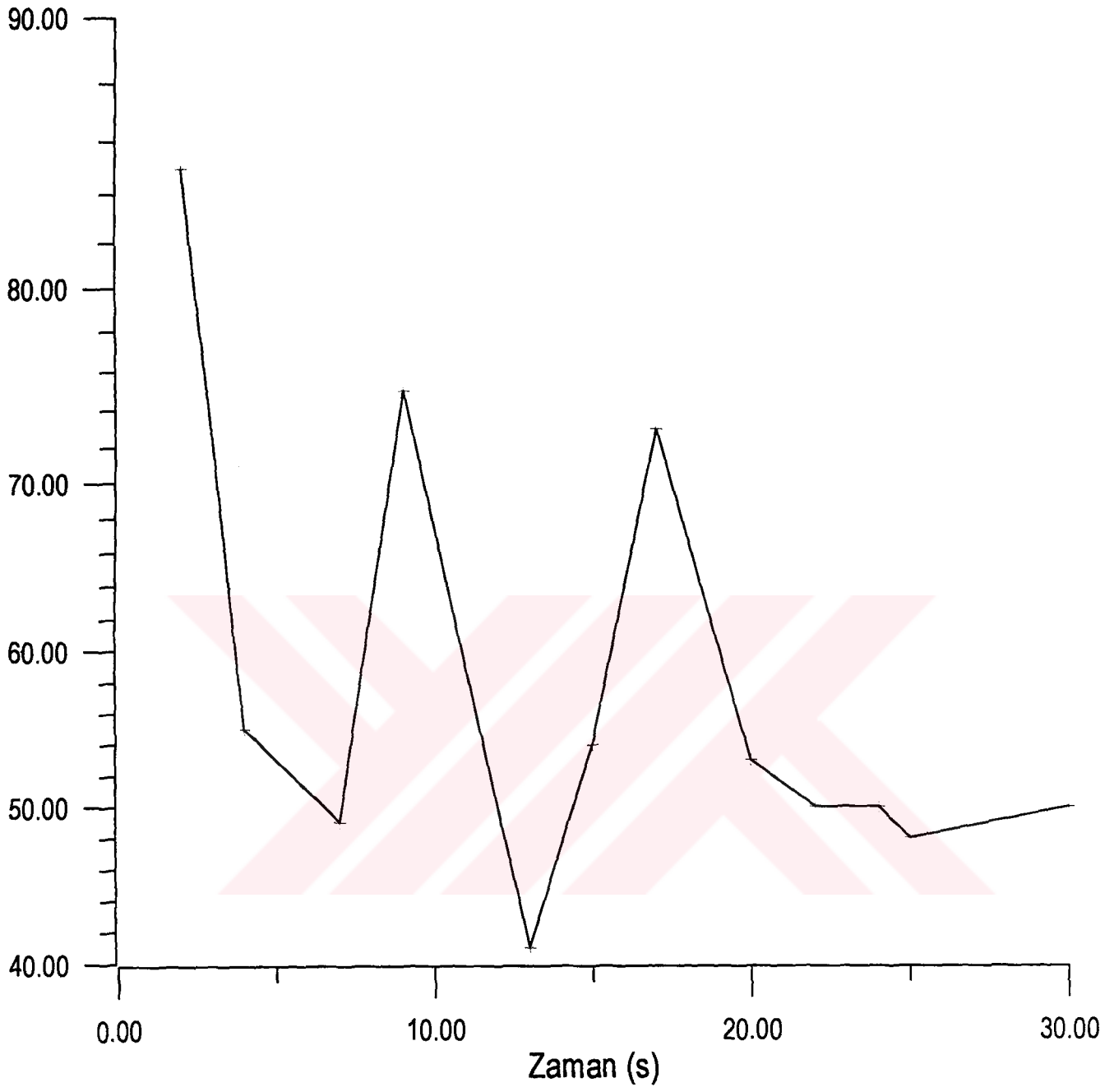
Tablo: 5.4

Mekanik Karıştırıcı İle Farklı Bölgelerden Karıştırma İle Elde Edilen Mukayeseli Sonuçlar

Karıştırma Bölgesi	Karışım Zamanı (s)	Üst Yandan Karıştırmaya Göre Fark (%)
Üst Yan	20	-
Üst Orta	12	40
Dip Orta	18	10

Tablo 5.4'den görüldüğü gibi karıştırma bölgesine göre karışım zamanı farkı % 40'a kadar çıkabilmektedir. Orta bölgelerden yapılan karışımlarda ise karışım zamanları nispeten birbirine yakındır. Fark % 10 gibi bir değere düşmektedir.

Karışım bölgesi etkisi bu şekilde incelendikten sonra diğer deneyler için tek bir karışım bölgesi seçilmesi yoluna gidilmiştir. Öncelikle, nükleer güvenlik açısından mekanik karıştırıcının sapının daha az kontamine olduğu üst bölgeden karıştırma seçilmiştir. Ayrıca, otomatik ölçüm alınamadığından daha uzun süreli ölçüm olan üst yan karıştırma bölgesi mekanik karıştırıcı ile yapılan diğer deneylerde tercih edilmiştir. Böylelikle, mekanik karıştırıcı ile çalışılırken üst yandan karıştırmanın yapılması ile deneylerde kolay uygulanabilirlik, ölçüm kolaylığı ve nükleer güvenlik açısından uygunluk seçilmiş olmaktadır. Su ile deneyler için kullanılacak Tablo: 5.1'den hareketle çizilen grafik ayrı olarak Şekil: 5.2'de görülmektedir.



Şekil: 5.2 Su İle Radyoaktif İzleme Tekniği Kullanılarak Mekanik Karıştırıcı İle 1. Kademe Hızda, Üst Yandan Karıştırmaya İlişkin Çizilen Grafik

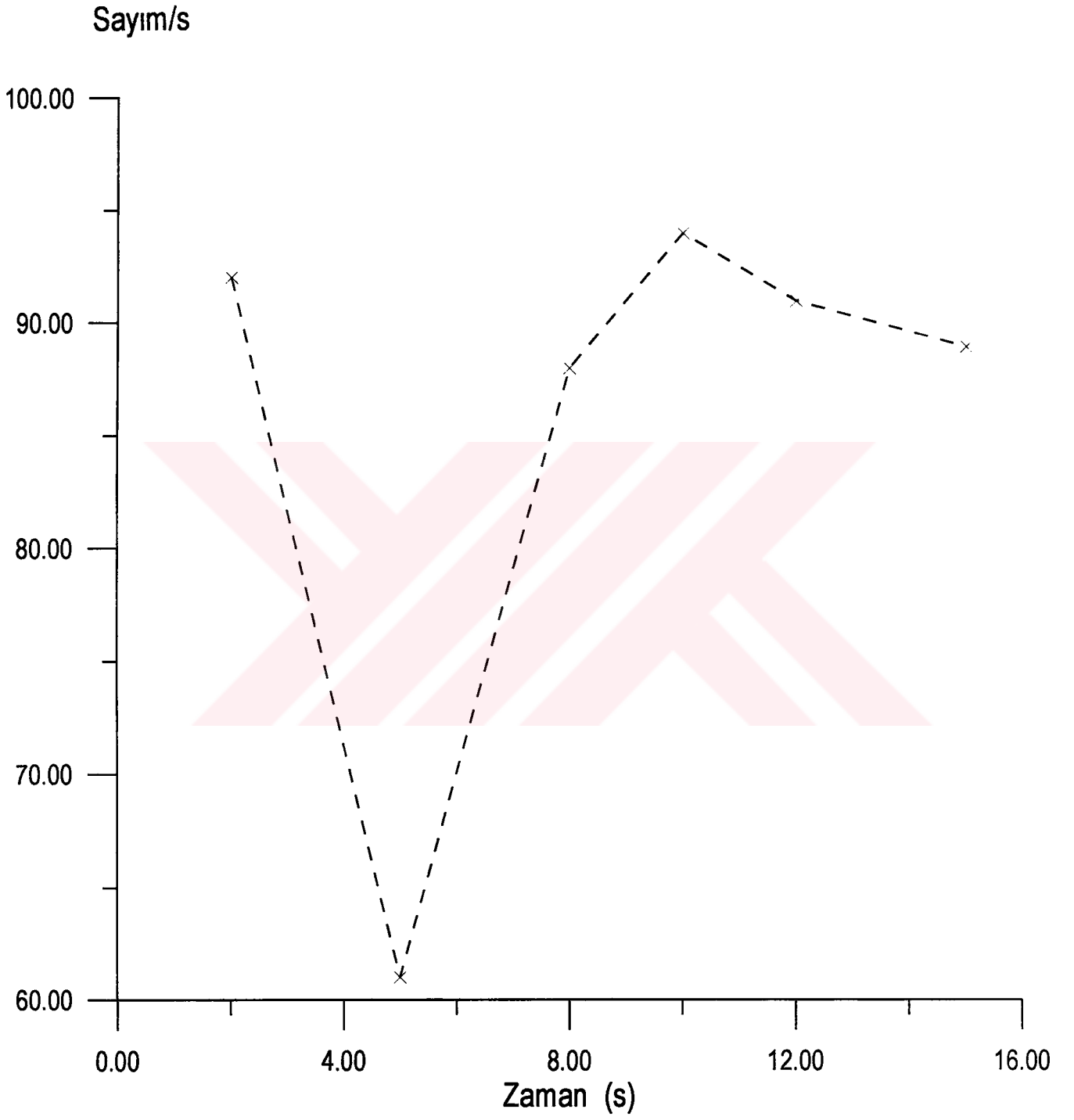
Mekanik karıştırıcının iki farklı çalışma kademesi için deneysel çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Radyoaktif izleyici ile suda mekanik karıştırıcının 2. Kademe hızında üst yandan karıştırmayla yapılan deneylere ilişkin olarak alınan sonuçlar Tablo: 5.5’de verilmiştir. Tablo: 5.5 kullanılarak çizilen grafik ise Şekil: 5.3’de görülmektedir.

Tablo: 5.5

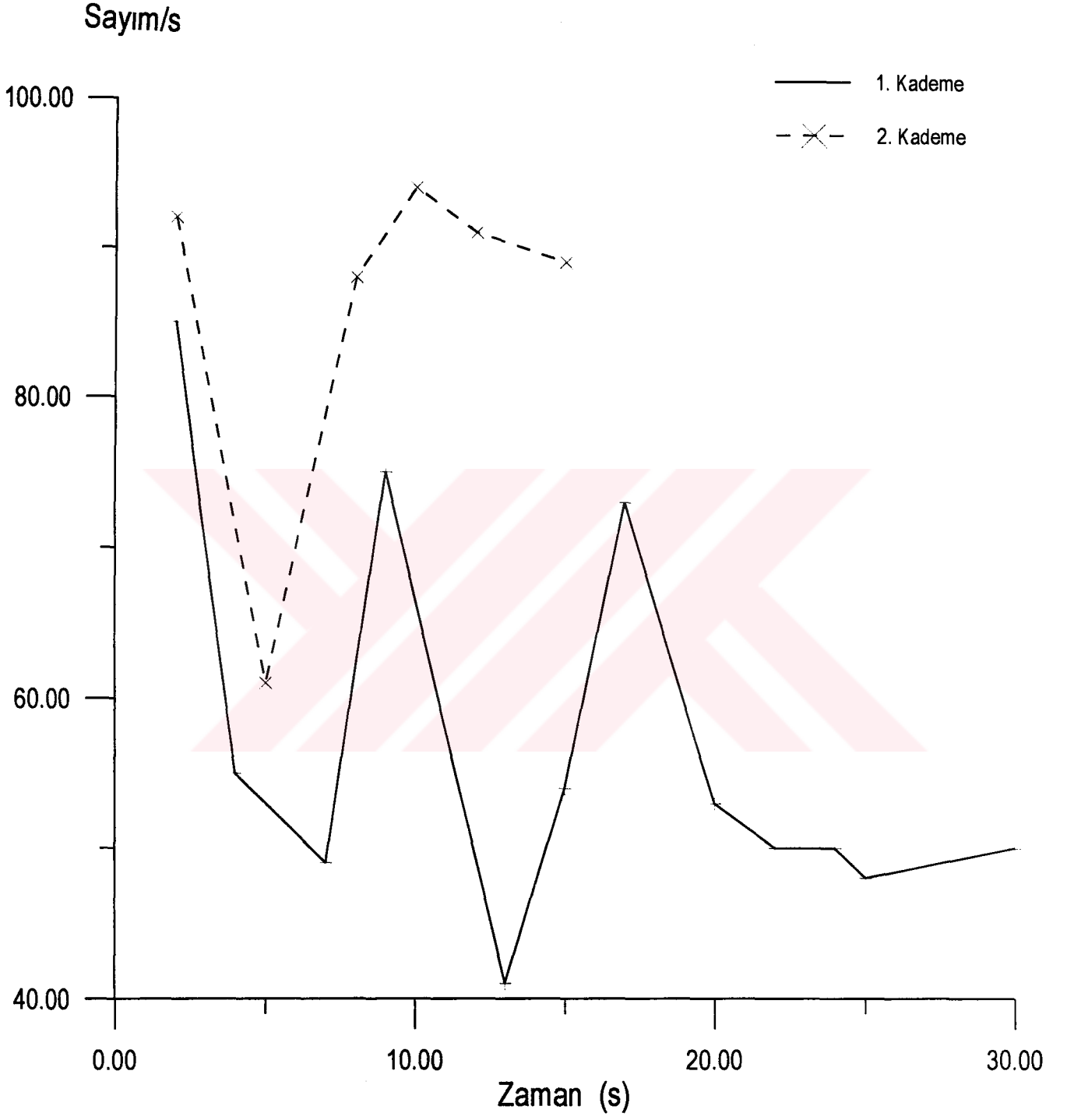
**Su İle Radyoaktif İzleyici Kullanılarak
Mekanik Karıştırıcı İle Üst Yan’dan 2. Kademe Hızda Yapılan Deneylerden
Elde Edilen Deney Sonuçları**

Zaman (s)	Net Sayım (Sayım/s)
2	92
5	61
8	88
10	94
12	91

Mekanik Karıştırıcının 1. ve 2. Kademesi ile yapılan çalışmaların 1 kademeye göre mukayesesi Tablo: 5.6’da verilmiştir. Şekil: 5.4’de ise mukayeseli grafikleri görülmektedir. Mekanik karıştırıcı ile ve 2. kademe hız ile çalışma, karıştırmayı hayli hızlandırdığından, deneylerimizi elle kumandalı yapmak hayli zor olmuştur. Burada yapılan fark incelemesinden sonra, diğer deneylerde mekanik karıştırıcı ile çalışılırken, daima 1. Kademe hızla çalışılmıştır.



Şekil: 5.3. Su İle Radyoaktif İzleme Tekniği Kullanılarak Mekanik Karıştırıcı İle 2. Kademe Hızda, Üst Yandan Yapılan Karıştırmaya İlişkin Çizilen Grafik



Şekil: 5.4. Su İle Radyoaktif İzleme Tekniği Kullanılarak Mekanik Karıştırıcı İle Üst Yandan Farklı Karıştırma Hızlarında Yapılan Karıştırmalara İlişkin Mukayeseli Grafikler

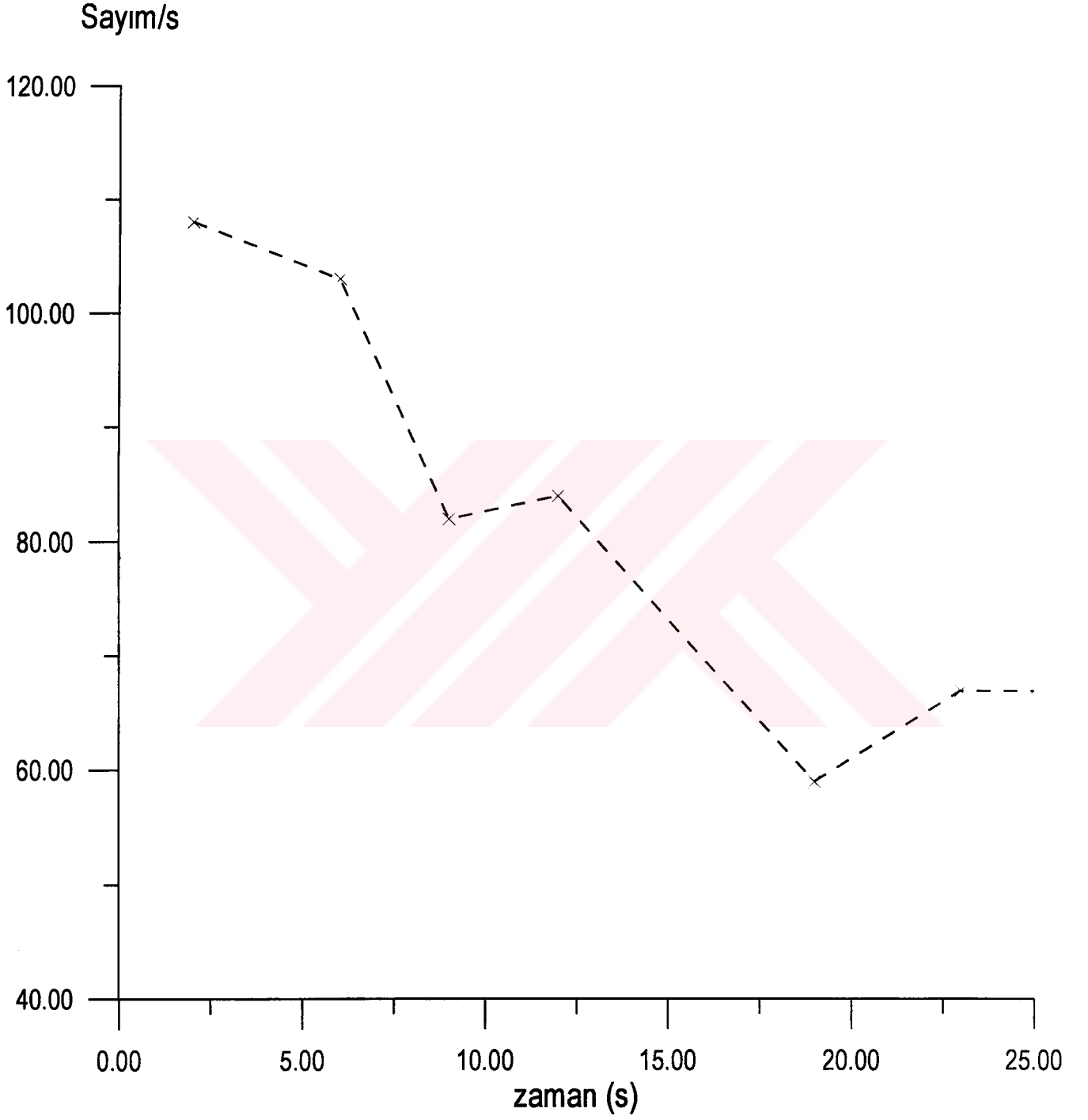
Tablo: 5.6
Mekanik Karıştırıcı İle Farklı İki Hızda Karıştırma İle Elde Edilen
Mukayeseli Sonuçlar

Karıştırma Hızı	Karışım Zamanı (s)	1. Kademe Hızda Karıştırmaya Göre Fark (%)
1. Kademe	20	-
2. Kademe	8	60

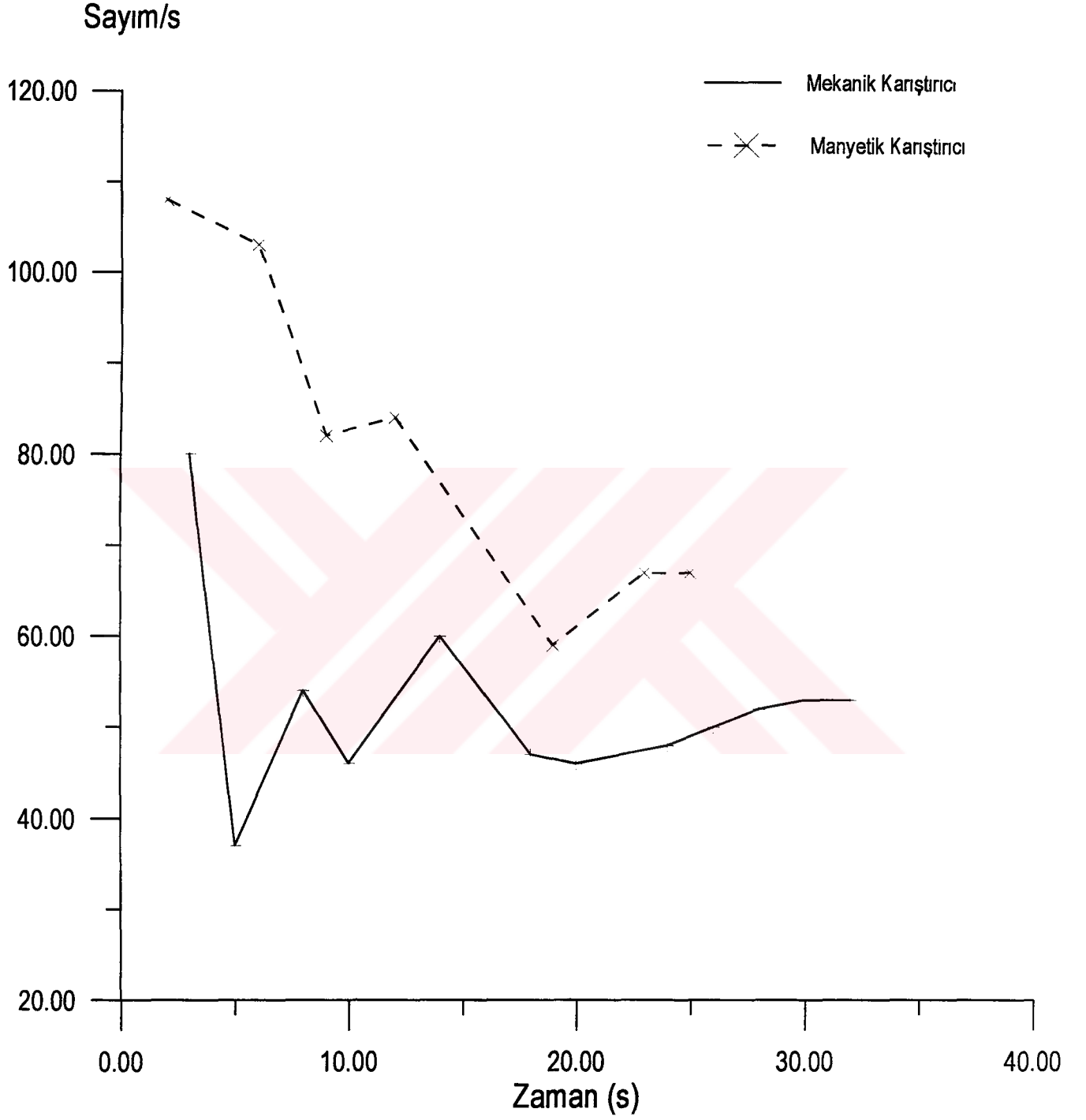
Tablo: 5.6'dan görüldüğü üzere mekanik karıştırıcıda, karıştırma hızı kumanda edilebilen bir ileri kademeye getirildiğinde önemli ölçüde karışım zamanı düşmektedir. Aradaki fark su için % 60 kısalmaktadır.

Mekanik karıştırıcıdan ayrı olarak manyetik karıştırıcı ile de radyoaktif izleyici kullanarak su ile çalışılmıştır. Manyetik karıştırıcı ile yapılan deney sonucunda elde edilen sonuçlar Tablo: 5.7'de verilmektedir. Tablo: 5.7 değerleriyle çizilen grafik ise Şekil: 5.5'de görülmektedir.

Manyetik karıştırıcıda, karıştırıcının özelliği gereği dip ortadan karıştırma işlemi olmaktadır. Bu bakımdan mekanik karıştırıcının dip orta bölgesinden yapılan deney ile karşılaştırması yapılabilir. Manyetik ve mekanik karıştırıcıların mukayeseli grafiği Şekil: 5.6'da çizilmiştir.



Şekil: 5.5. Su İle Radyoaktif İzleme Tekniği Kullanılarak Manyetik Karıştırıcı Kullanılarak Yapılan Karıştırmaya İlişkin Çizilen Grafik



Şekil: 5.6. Su İle Radyoaktif İzleme Tekniği Kullanılarak Mekanik ve Manyetik Karıştırıcılar Kullanılarak Yapılan Karışırtımlara İlişkin Mukayeseli Grafikler

Tablo: 5.7

Su İle Radyoaktif İzleyici Kullanılarak
Manyetik Karıştırıcı İle Yapılan Deneylerden Elde Edilen Deney Sonuçları

Zaman (s)	Net Sayım (Sayım/s)
2	108
6	103
9	82
12	84
19	59
23	67
25	67

Manyetik karıştırıcı ile ve mekanik karıştırıcının 1. Kademe hızda dip ortadan karıştırması hali için yapılan deneylerin mukayesesi için Tablo: 5.8 düzenlenmiştir. Görüldüğü üzere fark % 5 kadardır ki, mekanik karıştırıcının dip orta ve 1. Kademesindeki karıştırma ile manyetik karıştırıcının karışım zamanı aynı mertebede olarak düşünülebilir.

Tablo: 5.8

Manyetik ve Mekanik Karıştırıcı İle Aynı Bölge karıştırması İçin Elde Edilen
Mukayeseli Sonuçlar

Karıştırma Hızı	Karışım Zamanı (s)	Mekanik Karıştırıcıya Göre Fark (%)
Mekanik Karıştırıcı	18	-
Manyetik Karıştırıcı	19	5

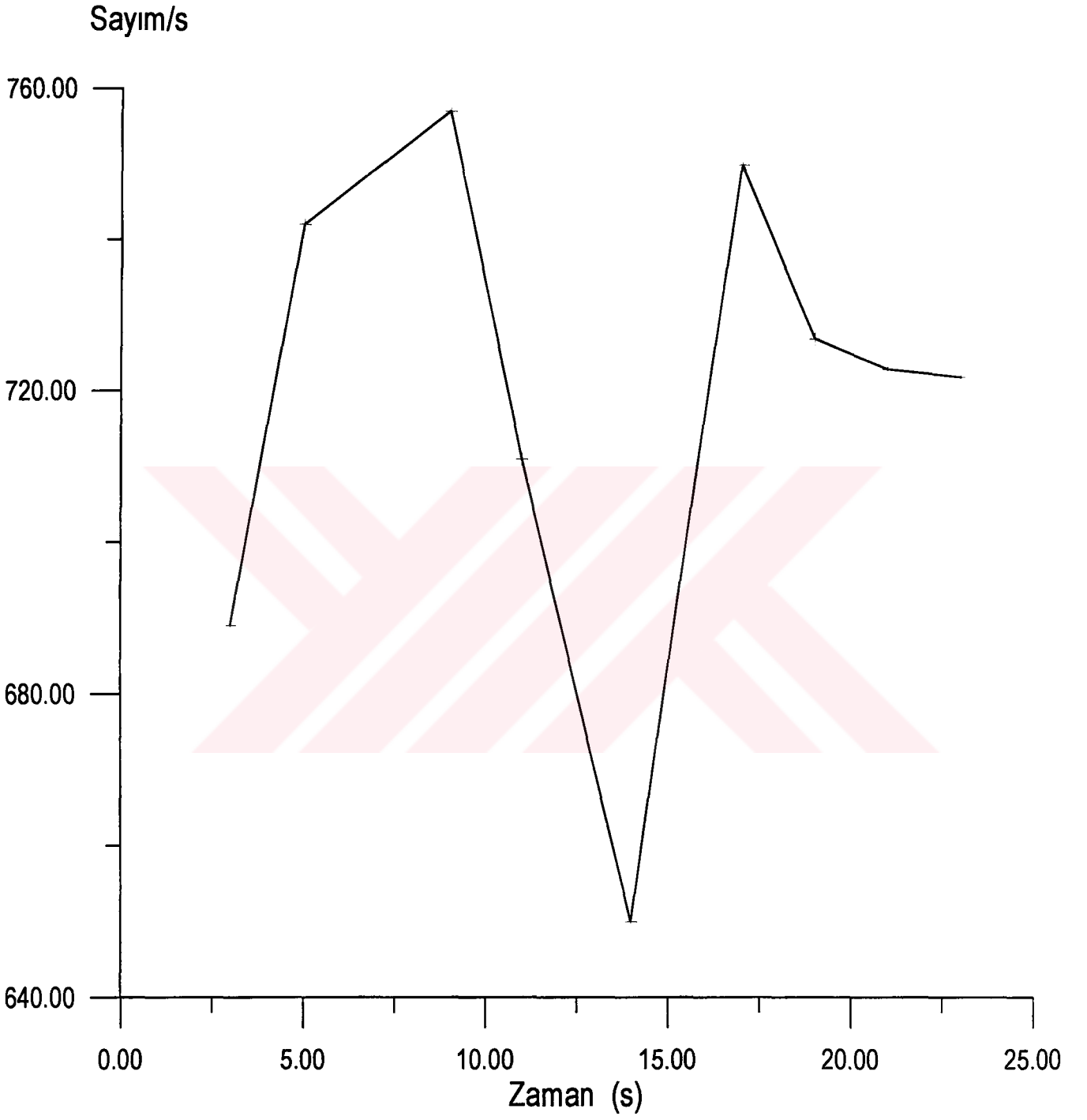
5.1.2. Mürekkep İle Radyoaktif İzleyici Kullanılarak Yapılan Deneylerin Sonuçları

Mürekkep ile radyoaktif izleyici kullanarak, mekanik karıştırıcının 1. hız kademesinde ve üst yandan karıştırma ile yapılan deneylere ilişkin sonuçlar Tablo: 5.9'da biraraya toplanmıştır. Tablo: 5.9 değerleriyle çizilen grafik ise Şekil: 5.7'de görülmektedir.

Tablo: 5.9

Mürekkep İle Radyoaktif İzleyici Kullanılarak
Mekanik Karıştırıcının 1. Kademesinde Üst yandan Karıştırma İle Yapılan
Deneylerden
Elde Edilen Deney Sonuçları

Zaman (s)	Net Sayım (Sayım/s)
3	689
5	742
9	757
11	711
14	650
17	750
19	727
21	723
23	722



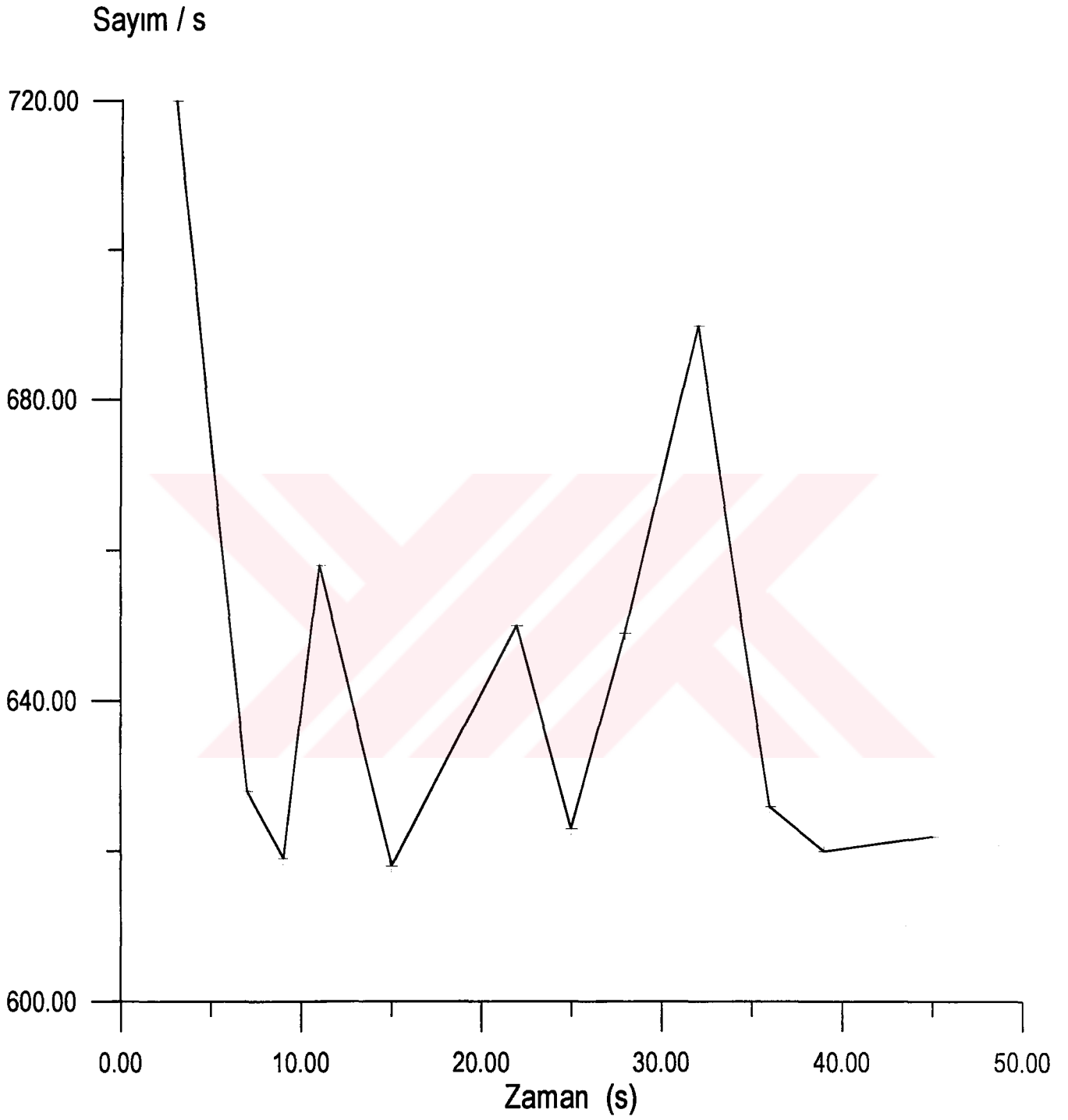
Şekil: 5.7 Mürekkep İle Radyoaktif İzleme Tekniği Kullanılarak Yapılan Deney Sonuçları

5.1.3. Antifriz İle Radyoaktif İzleyici Kullanılarak Yapılan Deneylerin Sonuçları

Antifriz ile radyoaktif izleyici kullanarak, mekanik karıştırıcının 1. hız kademesinde ve üst yandan karıştırmayla yapılan deneylere ilişkin sonuçlar Tablo: 5.10'da biraraya toplanmıştır. Tablo: 5.10 değerleriyle çizilen grafik ise Şekil: 5.8'de görülmektedir.

Tablo: 5.10
Antifriz İle Radyoaktif İzleyici Kullanılarak
Mekanik Karıştırıcının 1. Kademesinde Üst yandan Karıştırma İle Yapılan
Deneylerden
Elde Edilen Deney Sonuçları

Zaman (s)	Net Sayım (Sayım/s)
3	720
7	628
9	619
11	658
15	618
22	650
25	623
28	649
32	690
36	626
39	620
45	622



Şekil: 5.8 Antifriz İle Radyoaktif İzleme Tekniği Kullanılarak Yapılan Deney Sonuçları

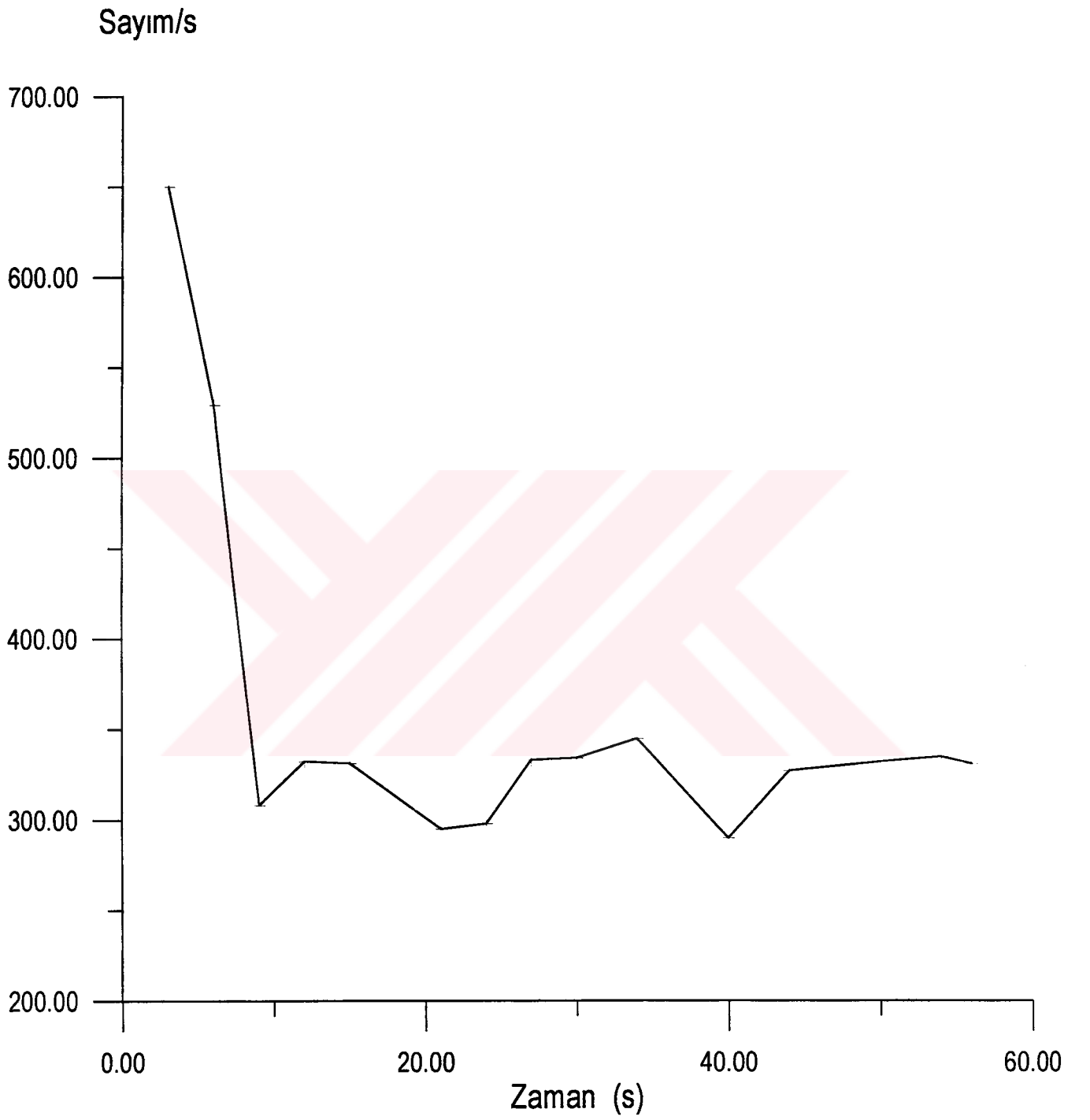
5.1.4. Ayçiçek Yağı İle Radyoaktif İzleyici Kullanılarak Yapılan Deneylerin Sonuçları

Ayçiçek yağı ile radyoaktif izleyici kullanarak, mekanik karıştırıcının 1. hız kademesinde ve üst yandan karıştırmayla yapılan deneylere ilişkin sonuçlar Tablo: 5.11’de biraraya toplanmıştır. Tablo: 5.11 değerleriyle çizilen grafik ise Şekil: 5.9’de görülmektedir.

Tablo: 5.11

Ayçiçek Yağı İle Radyoaktif İzleyici Kullanılarak
Mekanik Karıştırıcının 1. Kademesinde Üst yandan Karıştırma İle Yapılan
Deneylerden
Elde Edilen Deney Sonuçları

Zaman (s)	Net Sayım (Sayım/s)
3	650
6	529
9	308
12	332
15	331
21	295
24	298
27	333
30	334
34	345
40	290
44	327
50	332
54	335
56	331



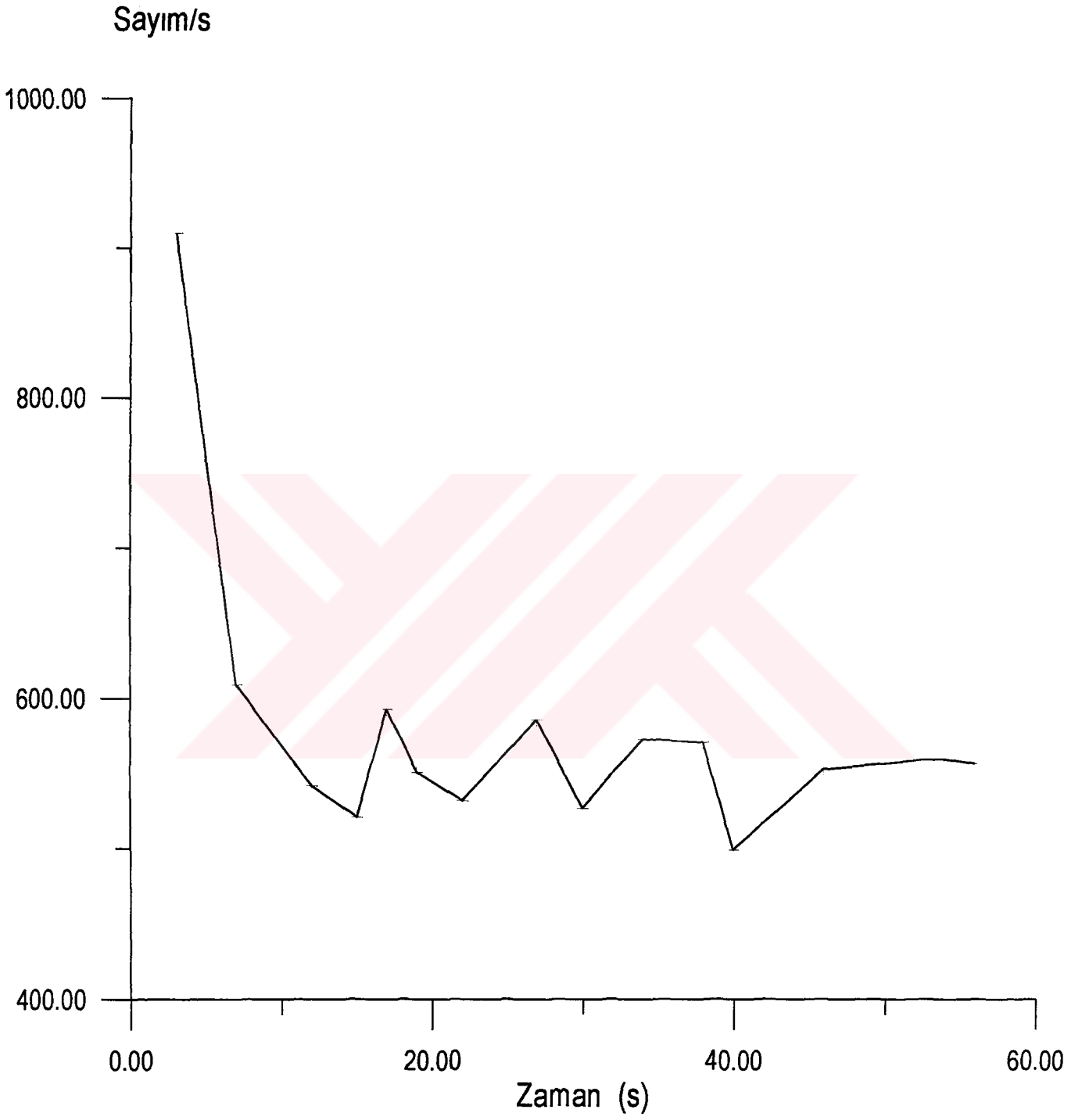
Şekil: 5.9 Ayçiçek Yağı İle Radyoaktif İzleme Tekniği Kullanılarak Yapılan Deney Sonuçları

5.1.5. Mısırozü Yağı İle Radyoaktif İzleyici Kullanılarak Yapılan Deneylerin Sonuçları

Mısırozü yağı ile radyoaktif izleyici kullanarak, mekanik karıştırıcının 1. hız kademesinde ve üst yandan karıştırmayla yapılan deneylere ilişkin sonuçlar Tablo: 5.12’de biraraya toplanmıştır. Tablo: 5.12 değerleriyle çizilen grafik ise Şekil: 5.10’da görülmektedir.

Tablo: 5.12
Mısırozü Yağı İle Radyoaktif İzleyici Kullanılarak
Mekanik Karıştırıcının 1. Kademesinde Üst yandan Karıştırma İle Yapılan
Deneylerden Elde Edilen Deney Sonuçları

Zaman (s)	Net Sayım (Sayım/s)
3	910
7	609
12	542
15	521
17	593
19	551
22	532
27	586
30	527
34	573
38	571
40	499
46	553
52	559
54	560
56	557



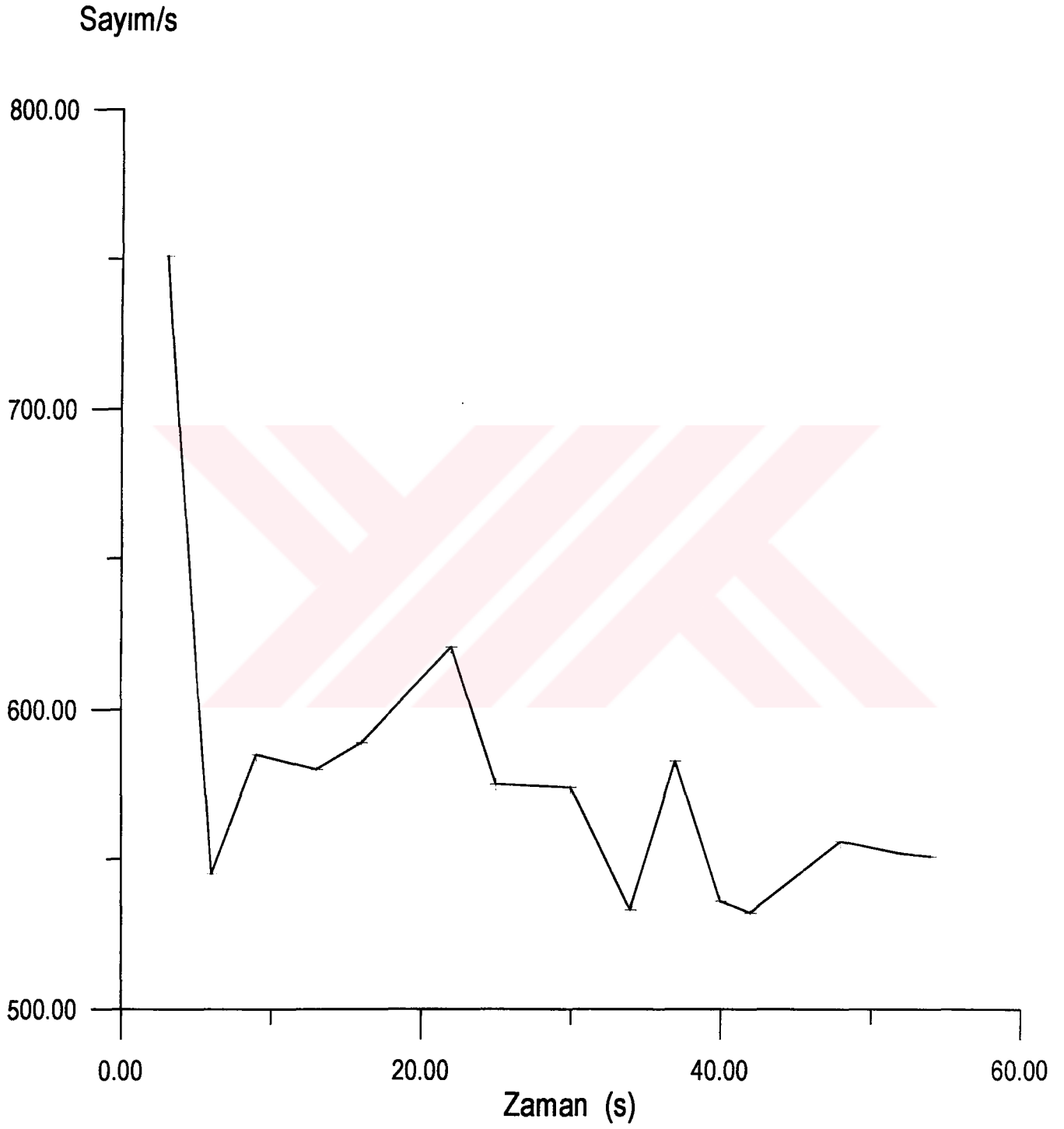
Şekil: 5.10 Mısırozü Yağı İle Radyoaktif İzleme Tekniği Kullanılarak Yapılan Deney Sonuçları

5.1.6. Zeytinyağı İle Radyoaktif İzleyici Kullanılarak Yapılan Deneylerin Sonuçları

Zeytinyağı ile radyoaktif izleyici kullanarak, mekanik karıştırıcının 1. hız kademesinde ve üst yandan karıştırmayla yapılan deneylere ilişkin sonuçlar Tablo: 5.13’da biraraya toplanmıştır. Tablo: 5.13 değerleriyle çizilen grafik ise Şekil: 5.11’de görülmektedir.

Tablo: 5.13
Zeytinyağı İle Radyoaktif İzleyici Kullanılarak
Mekanik Karıştırıcının 1. Kademesinde Üst yandan Karıştırma İle Yapılan
Deneylerden Elde Edilen Deney Sonuçları

Zaman (s)	Net Sayım (Sayım/s)
3	751
6	545
9	585
13	580
16	589
22	621
25	575
30	574
34	533
37	583
40	536
42	532
48	556
52	552
54	551



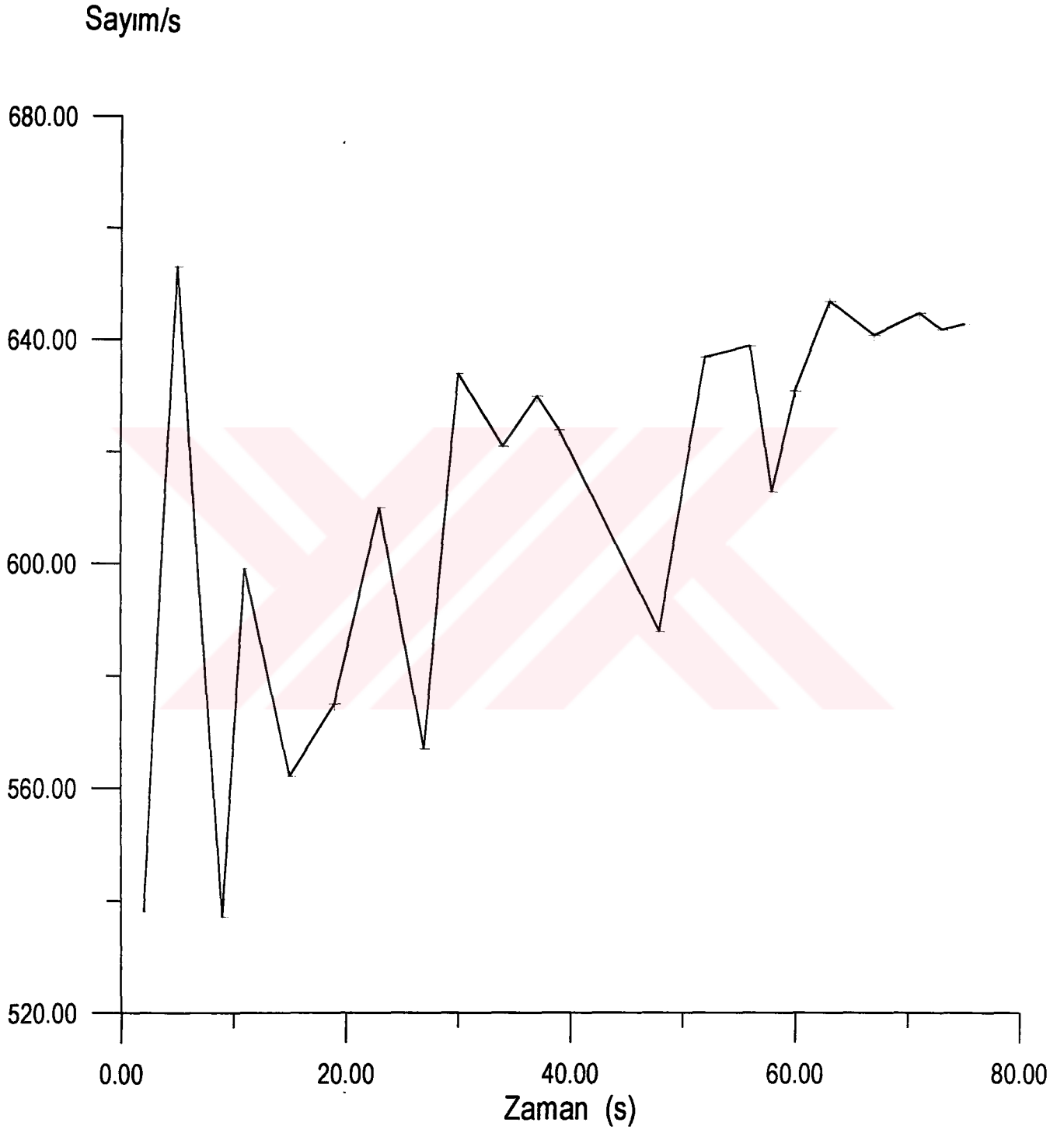
Şekil: 5.11 Zeytinyağı İle Radyoaktif İzleme Tekniği Kullanılarak Yapılan Deney Sonuçları

5.1.7. Motor Yağı İle Radyoaktif İzleyici Kullanılarak Yapılan Deneylerin Sonuçları

Motor yağı ile radyoaktif izleyici kullanarak, mekanik karıştırıcının 1. hız kademesinde ve üst yandan karıştırma ile yapılan deneylere ilişkin sonuçlar Tablo: 5.14’da biraraya toplanmıştır. Tablo: 5.14 değerleriyle çizilen grafik ise Şekil: 5.12’de görülmektedir.

Tablo: 5.14
Motor Yağı İle Radyoaktif İzleyici Kullanılarak
Mekanik Karıştırıcının 1. Kademesinde Üst yandan Karıştırma İle Yapılan
Deneylerden Elde Edilen Deney Sonuçları

Zaman (s)	Net Sayım (Sayım/s)
2	538
5	653
9	537
11	599
15	562
19	575
23	610
27	567
30	634
34	621
37	630
39	624
48	588
52	637
56	639
58	613
60	631
63	647
67	641
71	645
73	642
75	643



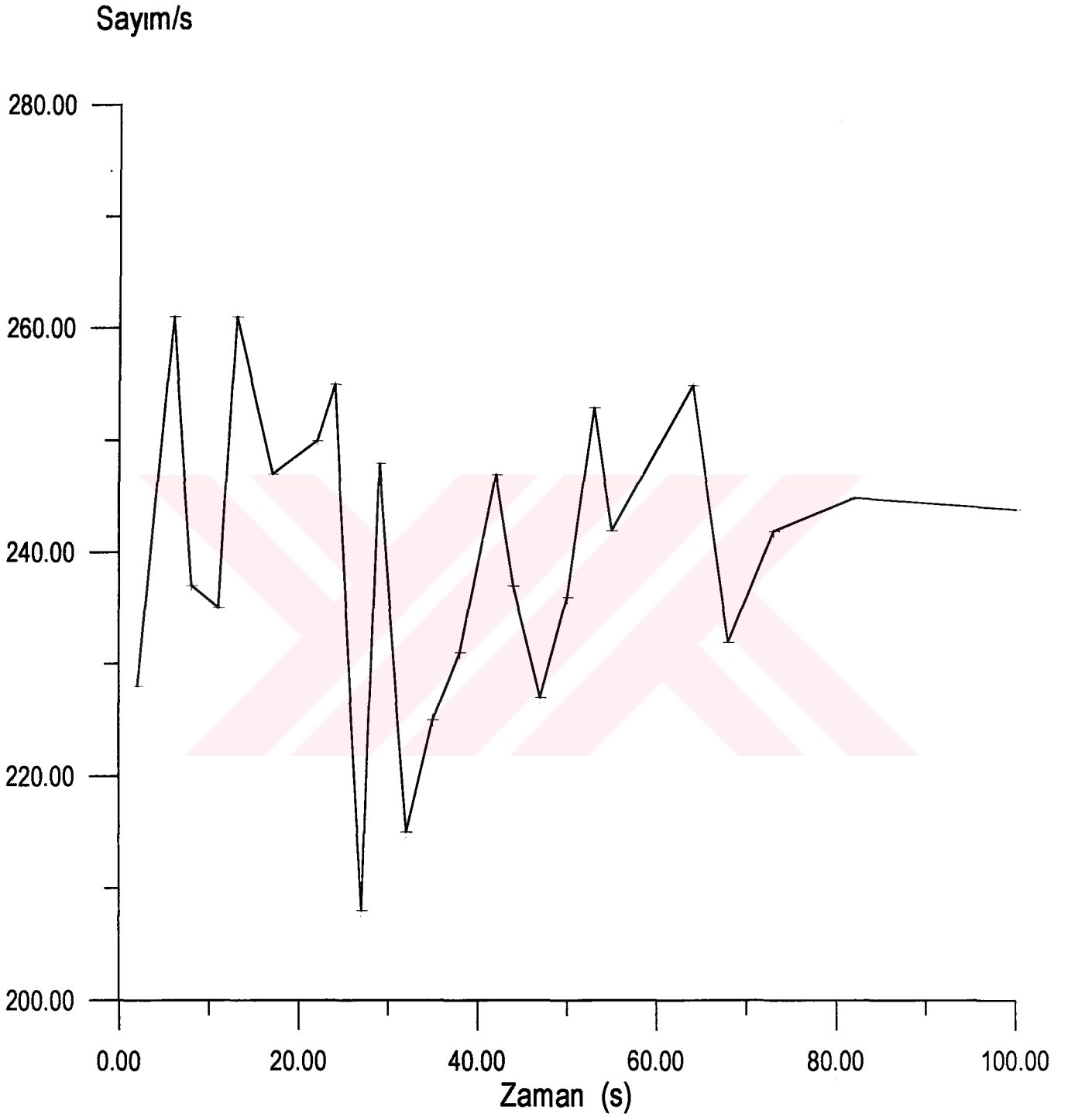
Şekil: 5.12 Motor Yağı İle Radyoaktif İzleme Tekniği Kullanılarak Yapılan Deney Sonuçları

5.1.8. Sıvı Sabun İle Radyoaktif İzleyici Kullanılarak Yapılan Deneylerin Sonuçları

Sıvı sabun ile radyoaktif izleyici kullanarak, mekanik karıştırıcının 1. hız kademesinde ve üst yandan karıştırmayla yapılan deneylere ilişkin sonuçlar Tablo: 5.15’de biraraya toplanmıştır. Tablo: 5.15 değerleriyle çizilen grafik ise Şekil: 5.13’de görülmektedir.

Tablo: 5.15
Sıvı Sabun İle Radyoaktif İzleyici Kullanılarak
Mekanik Karıştırıcının 1. Kademesinde Üst yandan Karıştırma İle Yapılan
Deneylerden Elde Edilen Deney Sonuçları

Zaman (s)	Net Sayım (Sayım/s)
2	228
6	261
8	237
11	235
13	261
17	247
22	250
24	255
27	208
29	248
32	215
35	225
38	231
42	247
44	237
47	227
50	236
53	253
55	242
64	255
68	232
73	242
82	245
100	244



Şekil: 5 13 Sıvı Sabun İle Radyoaktif İzleme Tekniği Kullanılarak Yapılan Deney Sonuçları

5.1.9. Gliserin İle Radyoaktif İzleyici Kullanılarak Yapılan Deneylerin Sonuçları

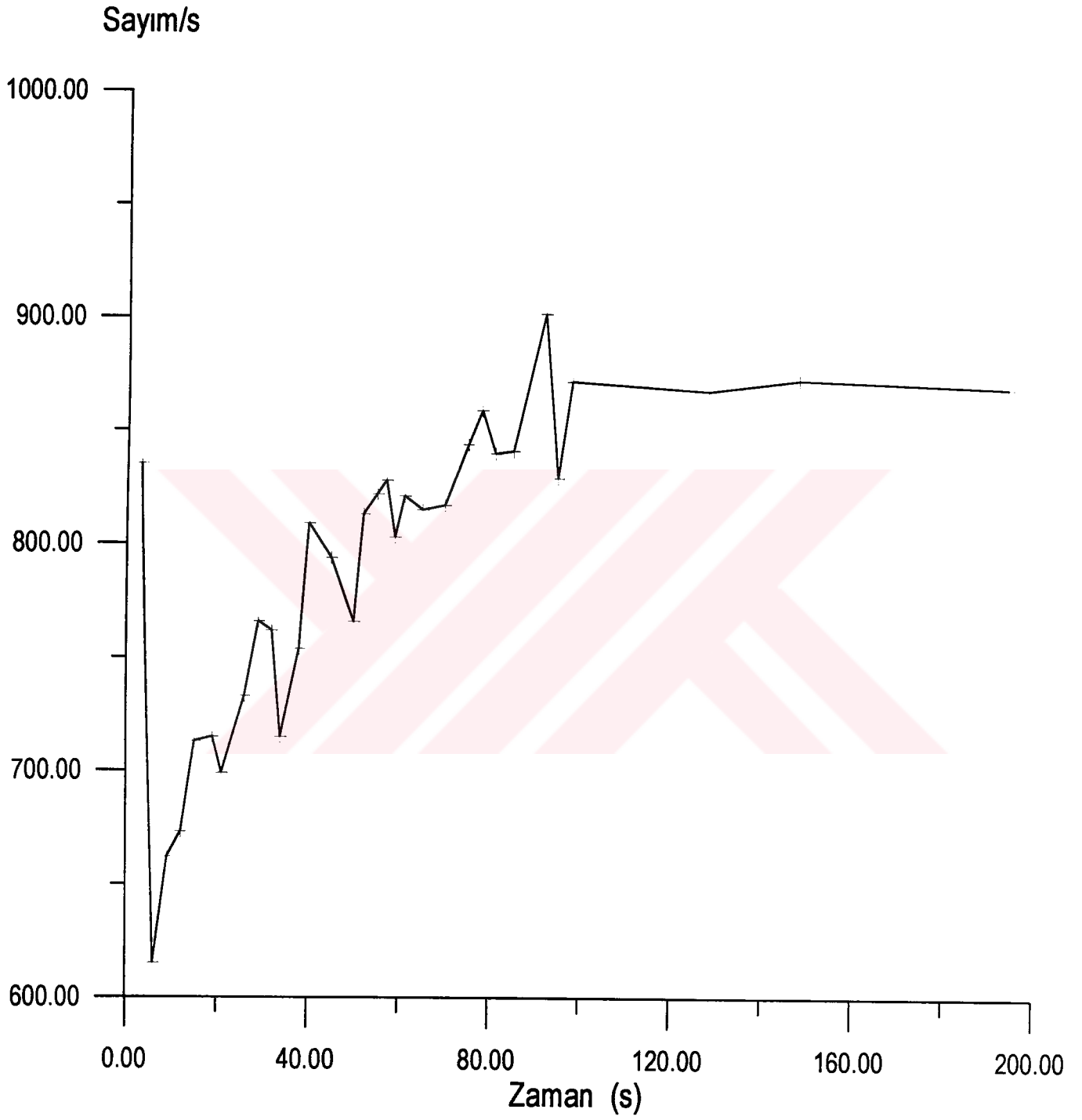
Gliserin ile radyoaktif izleyici kullanarak, mekanik karıştırıcının 1. hız kademesinde ve üst yandan karıştırmayla yapılan deneylere ilişkin sonuçlar Tablo: 5.16'da biraraya toplanmıştır. Tablo: 5.16 değerleriyle çizilen grafik ise Şekil: 5.14'de görülmektedir.

Tablo: 5.16
Gliserin İle Radyoaktif İzleyici Kullanılarak
Mekanik Karıştırıcının 1. Kademesinde Üst yandan Karıştırma İle Yapılan
Deneylerden Elde Edilen Deney Sonuçları

Zaman (s)	Net Sayım (Sayım/s)
3	835
6	615
9	662
12	673
15	713
19	715
21	699
26	733
29	766
32	762
34	715
38	754

Tablo: 5.16
(Devam)

40	809
45	794
50	766
52	813
55	822
57	828
59	803
61	821
65	815
70	817
75	844
78	859
81	840
85	841
92	902
95	829
98	872
105	868
110	873
122	870



Şekil: 5.14 Gliserin İle Radyoaktif İzleme Tekniği Kullanılarak Yapılan Deney Sonuçları

5.2. BOYA TEKNİĞİ SÜREKLİ ÖLÇÜM SONUÇLARI

Boya olarak seçilen metilen mavisi ile radyoaktif izleme tekniği ile eş zamanlı yapılan deneylerimizle elde edilen karışım zamanları, görsel olarak tayin edilmiştir. Bir başka deyişle, karışımın rengi aynı rengi aldığı an belirlenerek kaydedilmiştir. Boya tekniği ile mekanik karıştırıcının 1. kademesinde ve üst yandan karıştırma için elde edilen sonuçlar Tablo: 5.17’de bir araya toplanmıştır. Mürekkep ve antifrizin rengi metilen mavisi ile yeterli kontrastı oluşturamadığından gözle algılama yapılamamıştır.

Tablo: 5.17
Boya izleyici Kullanılarak
Mekanik Karıştırıcının 1. Kademesinde Üst yandan Karıştırma İle Yapılan
Deneylerden Elde Edilen Deney Sonuçları

Çalışılan Sıvı	Karışım Zamanı (s)
Su	12
Mürekkep	-
Antifriz	-
Ayçiçek yağı	15
Mısırözü Yağı	15
Zeytinyağı	16
Motor Yağı	19
Sıvı Sabun	30
Gliserin	65

5.3. SÜREKLİ ÖLÇÜM TEKNİĞİ SONUÇLARININ MUKAYESESİ

Radyoaktif izleme Tekniği ve boya tekniği ile yapılan deneylerin sonuçlarının mukayeseli incelemesi yapılabilmesi için her iki teknikle mekanik karıştırıcının 1. kademesinde üst yandan 9 farklı sıvı ile yapılan deneylerde elde edilen sonuçlar birarada gözönüne alınmıştır. Bu amaçla, Tablo: 5.18 düzenlenmiştir.

Tablo: 5.18

Radyoaktif İzleme Tekniği İle Boya Tekniğinden Elde Edilen Sonuçlar

Çalışılan Sıvı	Radyoaktif İzleme Tekniği İle Tayin Edilen Karışım Zamanı(s)	Boya Tekniği İle Tayin Edilen Karışım Zamanı (s)	Fark (%)
Su	20	12	40
Mürekkep	19	-	-
Antifriz	36	-	-
Ayçiçek Yağı	44	15	66
Mısırozü Yağı	46	15	67
Zeytinyağı	48	16	67
Motor Yağı	63	19	69
Sıvı Sabun	73	30	59
Gliserin	98	65	34

Tablo: 5.18 incelendiğinde, radyoaktif izleme tekniği ve boya tekniği ile tayin edilen karışım zamanları arasındaki farkın, hayli önemli olduğu görülmektedir. Bu fark, radyoaktif izleme tekniğinin atomik seviyede homojen karışımın oluşmasına ilişkin bilgi vermesi nedeniyle oluşmaktadır. Zira, radyasyon ölçümü ile atomik seviyede sinyal alınmaktadır. Boya tekniğinde ise, gözün algılama hassasiyeti ile karışım zamanı tayin edilmektedir. Bu durumda da, radyoaktif izleyici ile atomik seviyede, daha ileri homojenlikde karışımın olduğu an tesbit edilmiş olmaktadır.

Ancak, karışım zamanı geciktikçe aradaki farkın azaldığı görülmektedir. Bu da karışım zamanının uzamasının boya tekniği değerlendirmesinin görsel olarak daha rasyonel yapılabildiğini göstermektedir.

5.4. ÖRNEK ALMA TEKNİĞİ SONUÇLARI

Örnek alma tekniği ile hem radyoaktif izleyici tekniği ile ve hem de boya tekniği ile çalışılmıştır. Burada da radyoaktif izleyici ve boya izleyici eş zamanlı olarak uygulanmıştır. Bu çalışma için altı kişi; aynı anda ve fakat farklı işlevleri yerine getirerek deneyleri yapabilmişlerdir. Bir başka deyişle, örnek alma tekniği uygulaması, sürekli ölçüm tekniğine göre hayli zordur.

Örnek alma tekniği ile iki farklı sıvı ile, su ve sıvı sabun ile çalışılmıştır. Bu iki sıvının seçilmesinin nedeni, daha önceki deneylerde edinilen tecrübelerimizden hayli farklı karışım zamanlarına sahip olduklarını bilmemiz ve kolay bulanabilen elementler olmalarıdır.

Her deneyde, sıvı kabının üç farklı bölgesi olan üst, orta ve dipden, makul zaman aralıkları ile örnekler alınmıştır. Alınan örnekler daha sonra yapılan ölçümlerle değerlendirilmişlerdir.

5.4.1. Örnek Alma İle Radyoaktif İzleme Tekniği Sonuçları

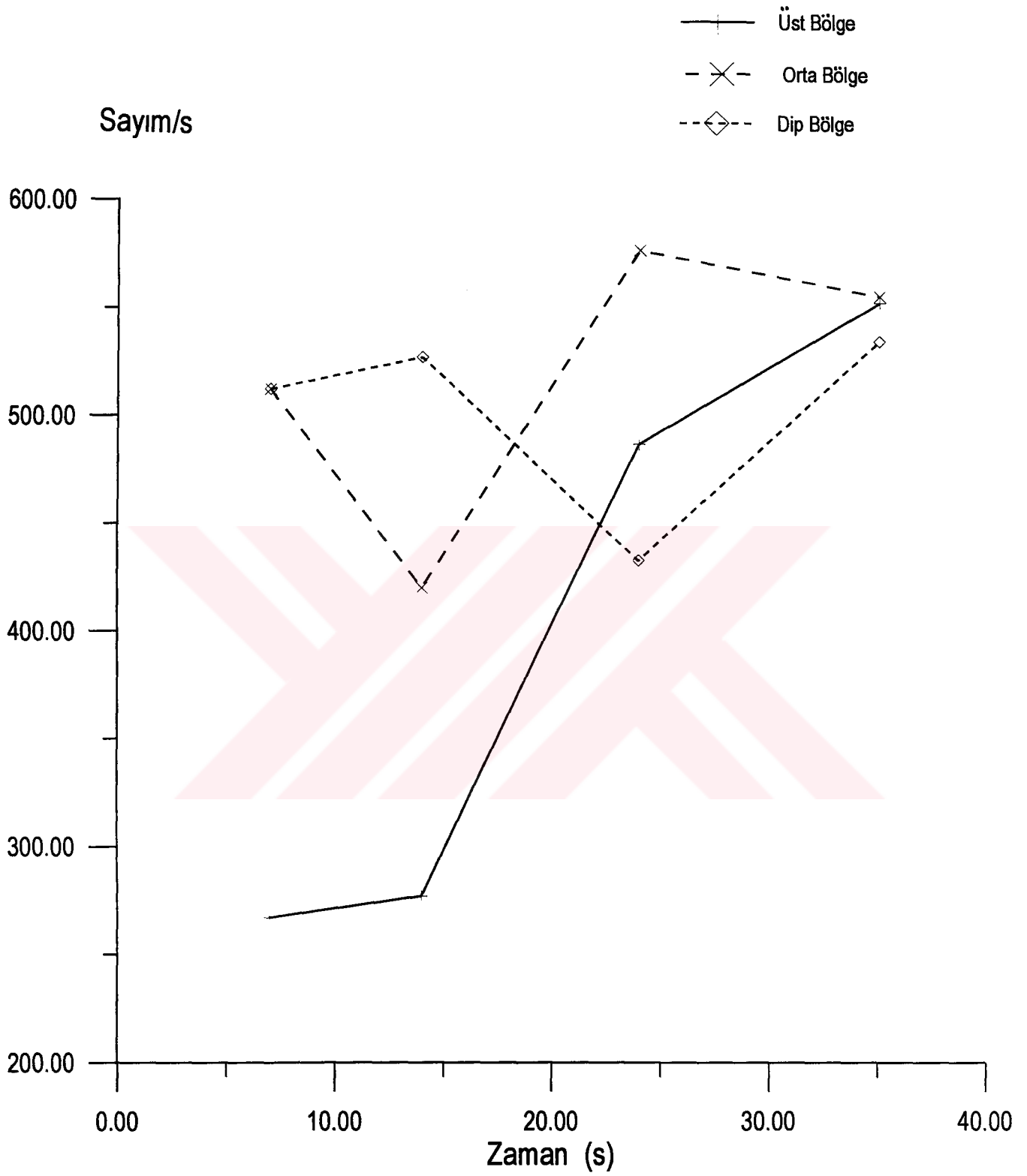
Örnek alma deneylerinde, markalanmış ayrı enjektörlere alınan numuneler, deneyi takiben önce, radyasyon sayım sistemi ile ölçümleri alınmıştır. Zira, alınan numunelerin aktivitesinin, radyoaktif bozunum sonucu zaman içinde hayli düşmesi söz konusu olabilirdi.

Örnek alma deneylerinde çalışılan iki farklı sıvı olan su ve sıvı sabuna ilişkin olarak radyoaktif izleyici ile çalışılması sonucu elde edilen sonuçlar, sırasıyla Tablo: 5.19 ve Tablo: 5.20’de biraraya toplanmıştır. Üç farklı bölgeden alınan numunelere ilişkin sayım sonuçlarının aynı zamana karşı gelen değerlerinin maksimum sayımın % 10’una karşı gelen salınımların (∓ 60) içine girdiği hal, karışımın olduğunun düşünüldüğü zamanı belirlemektedir. Tablolarda bu hale karşı gelen değerler koyu renk (bold) ile gösterilmiştir. Tablo: 5.19 ve Tablo: 5.20’ye ilişkin çizilen grafikler ise Şekil: 5.15 ve Şekil: 5.16’da görülmektedir.

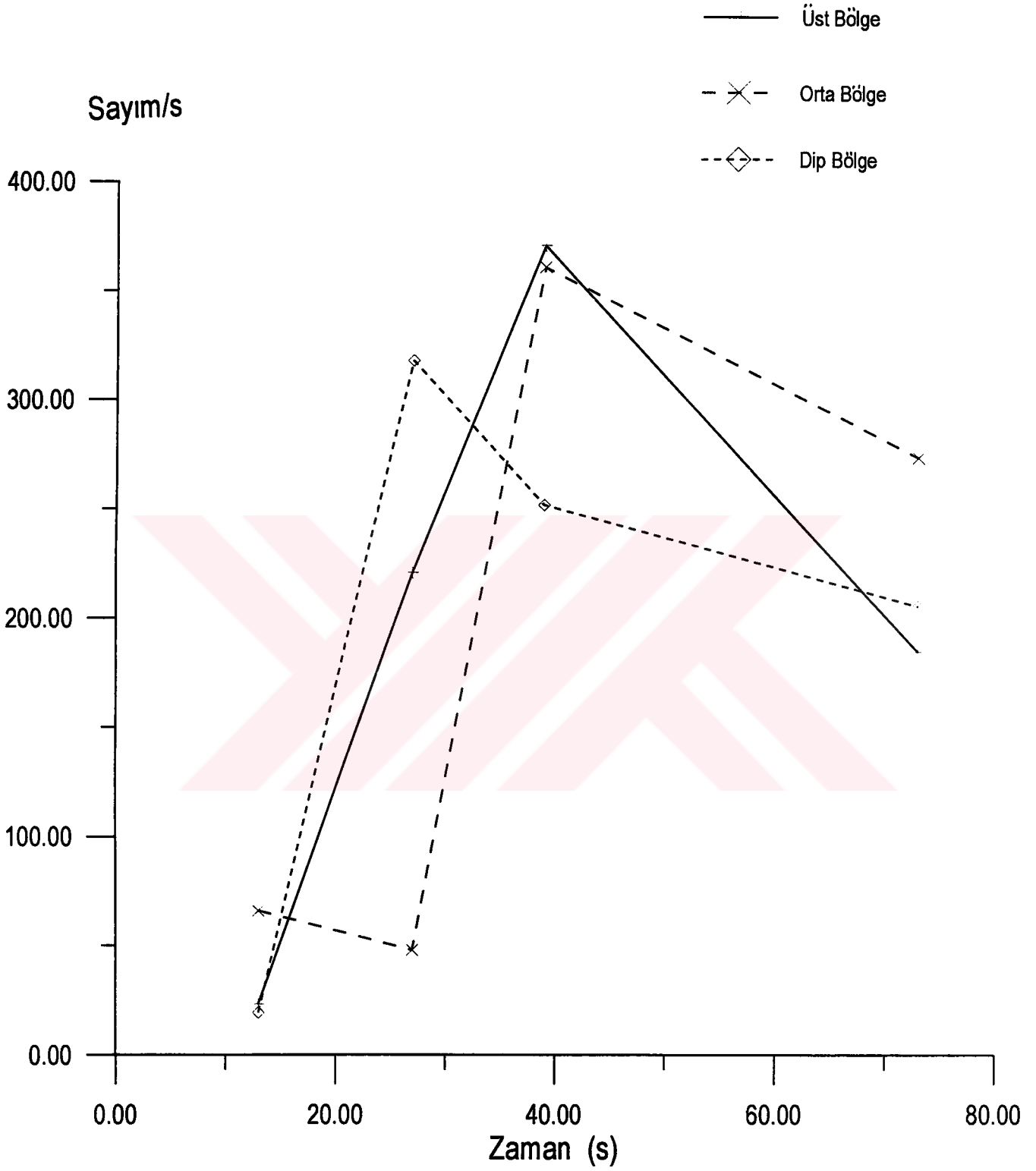
Tablo: 5.19

Örnek Alma İle Radyoaktif İzleme Tekniği İle Su İçin Yapılan Deneylerden
Elde Edilen Sonuçlar

Zaman (s)	Net Sayım (Sayım)		
	Üst Bölge	Orta Bölge	Dip Bölgesi
7	267	512	512
14	277	420	527
24	487	577	433
35	553	556	535



Şekil: 5.15 Su İle Radyoaktif İzleme Tekniği Kullanılarak Örnek Alma Tekniğiyle Alınan Deney Sonuçları



Şekil: 5.16 Sıvı Sabun İle Radyoaktif İzleme Tekniği Kullanılarak Örnek Alma Tekniğiyle Alınan Deney Sonuçları

Tablo: 5.20

Örnek Alma İle Radyoaktif İzleme Tekniği İle Sıvı Sabun İçin Yapılan Deneylerden Elde Edilen Sonuçlar

Zaman (s)	Net Sayım (Sayım)		
	Üst Bölge	Orta Bölge	Dip Bölgesi
13	23	66	19
27	221	48	318
39	371	361	252
73	185	274	206

Örnek alma metodunda, örnek alma sürekli sayıma göre daha fazla zaman aralıkları ile alınabildiğinden, karışım zamanının hatası, sürekli sayıma göre daha büyük olmaktadır.

5.4.2. Örnek Alma İle Boya Tekniği Sonuçları

Eş zamanlı olarak uygulanan radyoaktif izleme tekniği ve boya tekniği için alınan numuneler boya tekniği açısından da değerlendirilmiştir. Bunun için Bölüm: 4 içinde belirtildiği gibi ayrı bir ışık ölçüm deney düzeneği hazırlanmış ve ölçümlerde bir ışıkölçer (lightmetre) kullanılmıştır.

Örnek alma deneylerinde çalışılan iki farklı sıvı olan su ve sıvı sabuna ilişkin olarak boya izleyici ile çalışılması sonucu elde edilen sonuçlar, Tablo: 5.21 ve Tablo: 5.22’de sırasıyla verilmiştir.. Bu tablolara göre çizilen grafikler ise Şekil: 5.17 ve Şekil: 5.18’de görülmektedir.

Bu tablolarda karışım zamanı; ışıkölçerin ölçüm hatası olan %3 değerinin altında değişimin olduğu hal göz önüne alınarak belirlenmiştir. Bu hale karşı gelen değerler, tablolarda koyu renk (bold) ile gösterilmiştir.

Tablo: 5.21

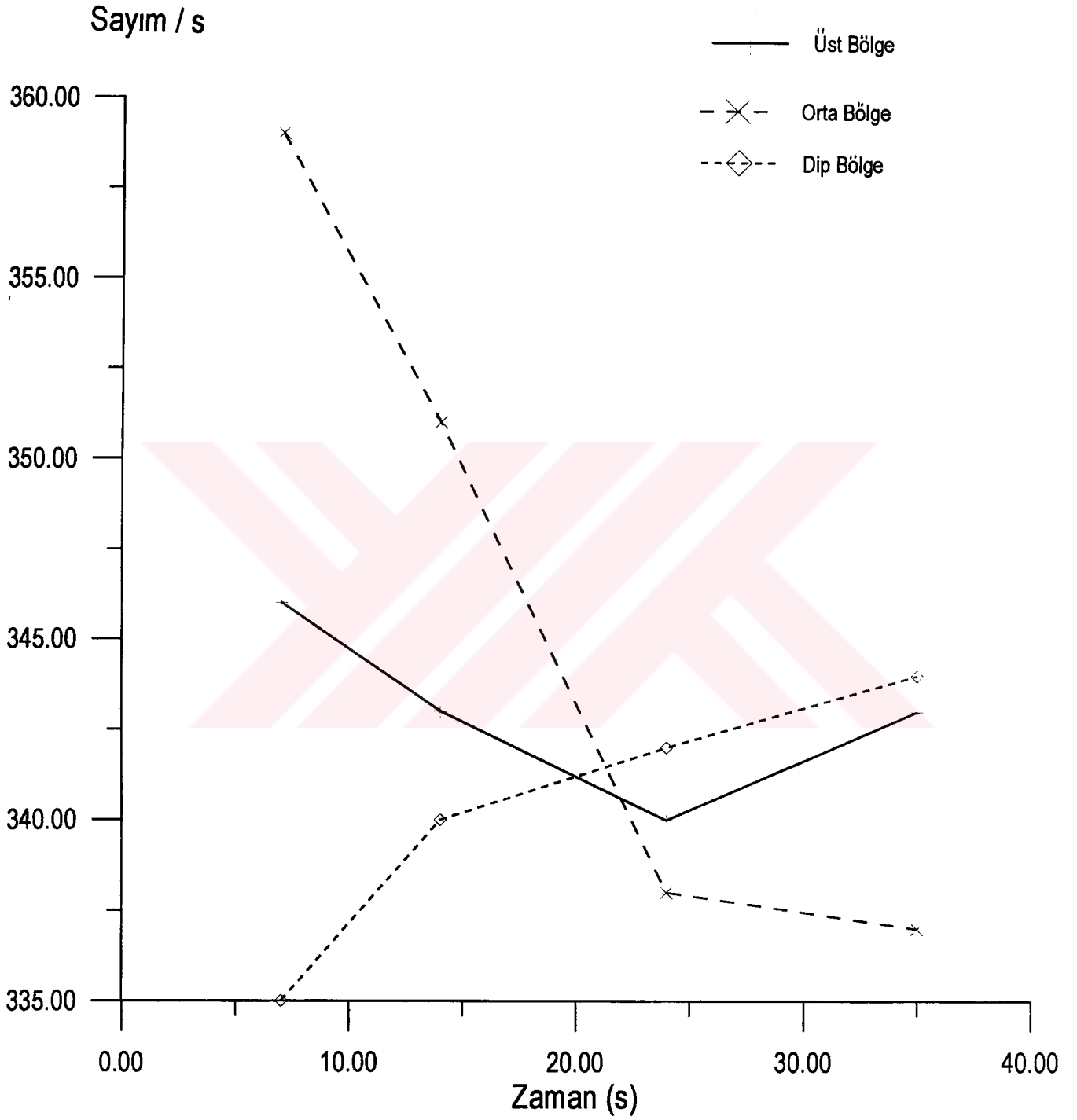
Örnek Alma İle Boya Tekniği İle Su İçin Yapılan Deneylerden
Elde Edilen Sonuçlar

Zaman (s)	Numunenin Geçirdiği Işık Şiddeti (Luks)		
	Üst Bölge	Orta Bölge	Dip Bölgesi
7	346	359	335
14	343	351	340
24	340	338	342
35	343	337	344

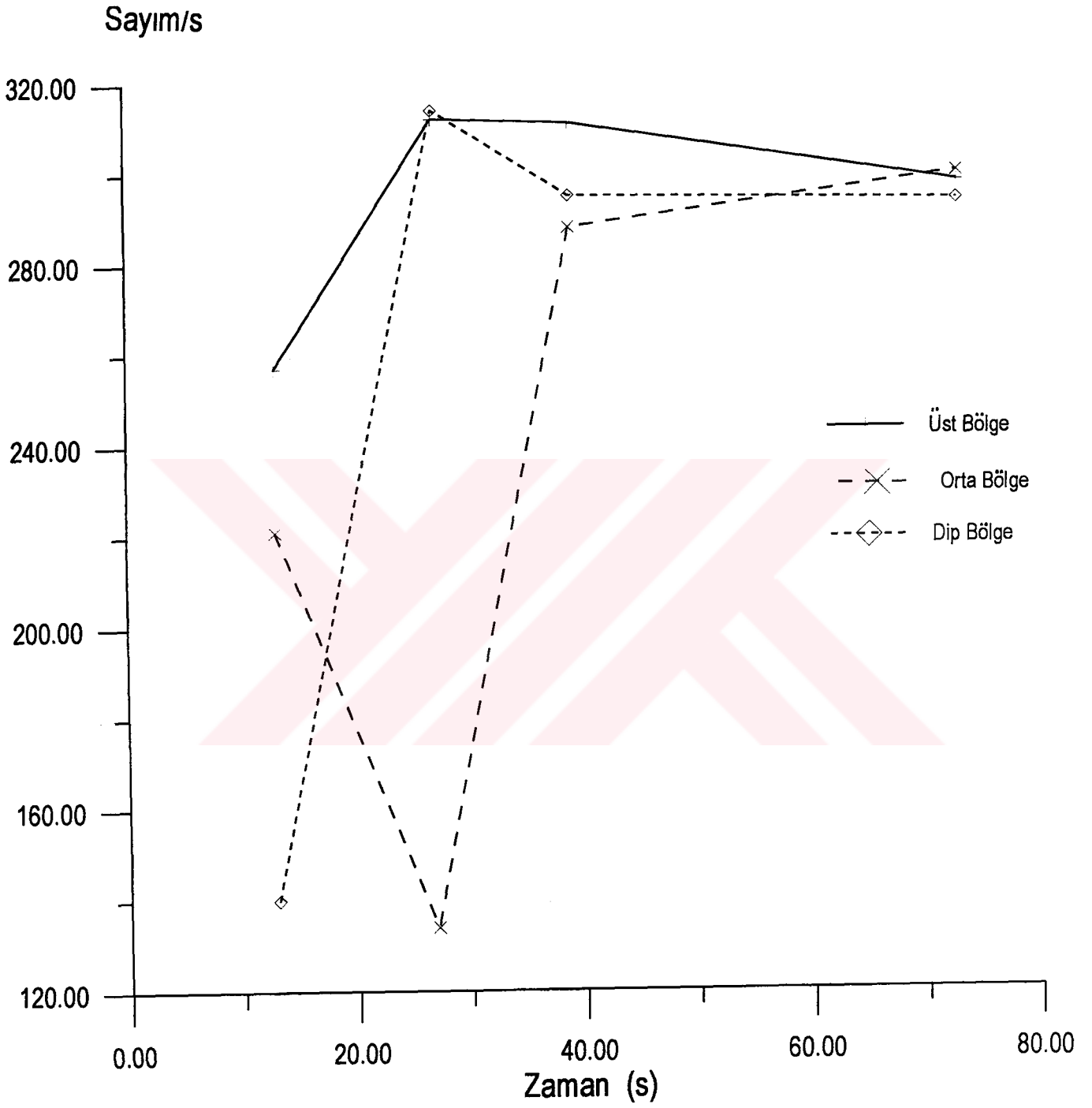
Tablo: 5.22

Örnek Alma İle Boya Tekniği İle Sıvı Sabun İçin Yapılan Deneylerden
Elde Edilen Sonuçlar

Zaman (s)	Numunenin Geçirdiği Işık Şiddeti (Luks)		
	Üst Bölge	Orta Bölge	Dip Bölgesi
13	257	221	140
27	312	134	314
39	301	288	295
73	298	300	294



Şekil: 5.17 Su İle Boya Tekniği Kullanılarak Örnek Alma Tekniğiyle Alınan Deney Sonuçları



Şekil: 5.18 Sıvı Sabun İle Boya Tekniği Kullanılarak Örnek Alma Tekniğiyle Alınan Deney Sonuçları

Boya tekniği ile de Örnek alma metodu uygulandığında, boya izleme tekniğine göre karışım zamanı tayinindeki hatadan daha büyük olmaktadır. Bir başka deyişle, örnek alma metodunda “çok kısa” aralıklarla örnek alınamadığından hata artabilmektedir.

5.4.3. Örnek Alma Tekniği Sonuçlarının Mukayesesi

Örnek alma metodu ile iki farklı izleme tekniği sonuçlarının karşılaştırılmasına ilişkin olarak Tablo: 5.23 düzenlenmiştir.

Tablo: 5.23

Örnek Alma Metodu İçin Radyoaktif İzleme Tekniği İle Boya Tekniğinden Elde Edilen Sonuçlar

Çalışılan Sıvı	Radyoaktif İzleme Tekniği İle Tayin Edilen Karışım Zamanı (s)	Boya Tekniği İle Tayin Edilen Karışım Zamanı (s)	Fark (%)
Su	24	14	42
Sıvı Sabun	73	39	47

Tablo: 5.23’den de görüldüğü üzere, örnek alma metodunda da sürekli izleme veya sürekli sayım almaya göre radyoaktif izleme tekniği ile tayin edilen karışım zamanı süreleri daha uzun olmaktadır.

BÖLÜM: 6

SONUÇ VE ÖNERİLER

Radyoaktif İzleme Tekniğı ile karışım zamanı tayini amacı ile bir dizi deney yapılan bu Yüksek Lisans tez çalışmasında ulaşılan sonuçlar birkaç farklı yönden ele alınabilir. Deneylerde, öncelikle farklı karıştırma şartlarının karıştırma işlemine etkisi incelenmiştir.

Karıştırma şartlarının karıştırma işlemine etkisinin incelenmesi için hep aynı sıvı ile çalışılmıştır. Burada, çalışma sıvısı olarak su seçilmiştir. Zira, çalıştığımız malzemeler içinde en kolay ulaşabildiğimiz sıvı sudur. Bir başka deyişle, kolay bulunabilirliği nedeniyle, su; karıştırma parametrelerinin, karıştırma işlemine etkisinin araştırılması için tercih edilmiştir.

İlk olarak mekanik karıştırıcı ile çalışılmış ve karıştırmanın sıvı kabının farklı bölgelerinden olması durumundaki haller incelenmiştir. Bunun için üç bölge seçilmiştir. Bu bölgeler, üst yan, üst orta ve dip ortadır. En kısa karışım üst ortadan olması hali için gerçekleşmiştir. Karışım zamanına göre sıralama üst orta, dip orta ve üst yan olarak belirlenmiştir.

Bu deneylerden, orta bölgeden yapılan karıştırmanın daha çabuk karışmayı sağladığı gözlenmiştir. Orta bölgelerden yapılan karışırmalarda, üst ortadan karıştırma halinde, dip ortadan karıştırmaya göre daha hızlı karışma olmuştur. Bunun sebebinin, radyoaktif izleyicinin sisteme verilme yerinin üst orta bölge olması olduğu söylenebilir.

Karıştırmada, karıştırıcı hızının karıştırma olayına etkisini gözlemek için, mekanik karıştırıcının iki farklı hız kademesiyle (diğer parametreler sabit tutularak) deneyler tekrarlanmıştır. Yapılan deneyler sonucunda, karıştırıcı hızının karışım zamanı için hayli önemli bir parametre olduğu gözlenmiştir. Bu durum, zaten beklentimiz doğrultusunda olan bir sonucu oluşturmuştur.

Farklı tip iki karıştırıcı ile de deney yapılmıştır. Bu karıştırıcılar, mekanik ve manyetik karıştırıcılardır. Manyetik karıştırıcı, dip ortadan karıştırma işlemini yapmaktadır. Bu nedenle mekanik karıştırıcıyla yaklaşık aynı hızda çalışma kademesi olana 1. Kademe hızda dip ortada yapılan deney karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmada her iki deneyde yaklaşık aynı karışım zamanına ulaşıldığı gözlenmiştir. Fark % 5 gibi kabul edilebilecek limitlerde olmuştur. Bu durum da beklentimiz doğrultusunda ulaşılan bir sonuçtur

Karıştırma parametreleri sabit tutularak, farklı sıvılarla yapılan deneylerde 9 farklı sıvı ile çalışılmıştır. Bu sıvılar, günlük yaşantıda sıkça kullanılan sıvılar olup, su, mürekkep, antifriz, ayçiçek yağı, mısırözü yağı, zeytinyağı, motor yağı, sıvı sabun ve gliserindir.

Bu sıvılarla radyoaktif izleyici kullanılarak yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar, boya tekniği ile mukayeseli incelenmiştir. Görülen odur ki; radyoaktif izleyici ile tayin edilen karışım zamanları daima boya tekniği ile tayin edilenlerden daha uzun olmuştur. Ayrıca, karışım zamanı uzadıkça, aradaki fark da küçülmektedir.

Bu durum, ilginçdir. Ancak, bunun nedeninin, radyoaktif izleyicinin atomik seviyede karışmaya ilişkin bilgi vermesi olduğu söylenebilir. Zira, boya tekniği ile görsel olarak tayin edilen karışım zamanında, hassasiyet göz algılamasına bağlıdır. Buna karşın, radyoaktif izleme tekniğinde atomik seviyedeki karışım zamanı tayini yapılmış olmaktadır. Bu da radyoaktif izleme tekniği ile tayin edilen karışım zamanının boya tekniği ile tayin edilen karışım zamanına göre daha uzun olması sonucunu doğurmaktadır.

Ayrıca, radyoaktif izleme tekniği ile farklı sıvılar için tayin edilen karışım süreleri göz önüne alındığında, bu sürelerin uzamasının önemli ölçüde sıvının viskozitesi ile ilgili olduğu izlenimi edinilmiştir. Buradan hareketle, çalışılan sıvıların viskozitesi ve karışım zamanını gösteren bir tablo düzenlenmiştir. Bu tablo: Tablo: 6.1’de görülmektedir.

Tablo: 6.1

Çalışılan Sıvıların Viskoziteleri ve Deneylerle Elde Edilen Karışım Zamanları

Çalışılan Sıvılar	Çalışılan Sıvıların Viskozitesi (Kg/m.s) x 10 ⁻³	Radyoaktif İzleme Tekniği İle Tayin Edilen karışım Zamanı (s)
Mürekkep	0,86273	19
Su	1,00686	20
Antifriz	22,41525	36
Ayçiçek Yağı	57,69086	44
Mısırozü Yağı	58,56497	46
Zeytinyağı	85,61476	48
Motoryağı	781,68410	63
Sıvı Sabun	1123,08000	73
Gliserin	1432,14750	98

Tablo: 6.1'den hareketle çizilen grafik, Şekil: 6.1'de görülmektedir. Ayrıca, Tablo: 6.1 kullanılarak çizilen en uygun uyum eğrisi de Şekil: 6.2'de görülmektedir. Böylelikle, çalışmamız sonucunda viskoziteye bağımlı olarak (500 cc'lik beherde) karışım zamanı için bir kalibrasyon eğrisi çıkartılmış olmaktadır. Bir başka deyişle, çalıştığımız sıvılar için “Kalibrasyon Eğrisi” Şekil: 6.2'de verilmiş olmaktadır.

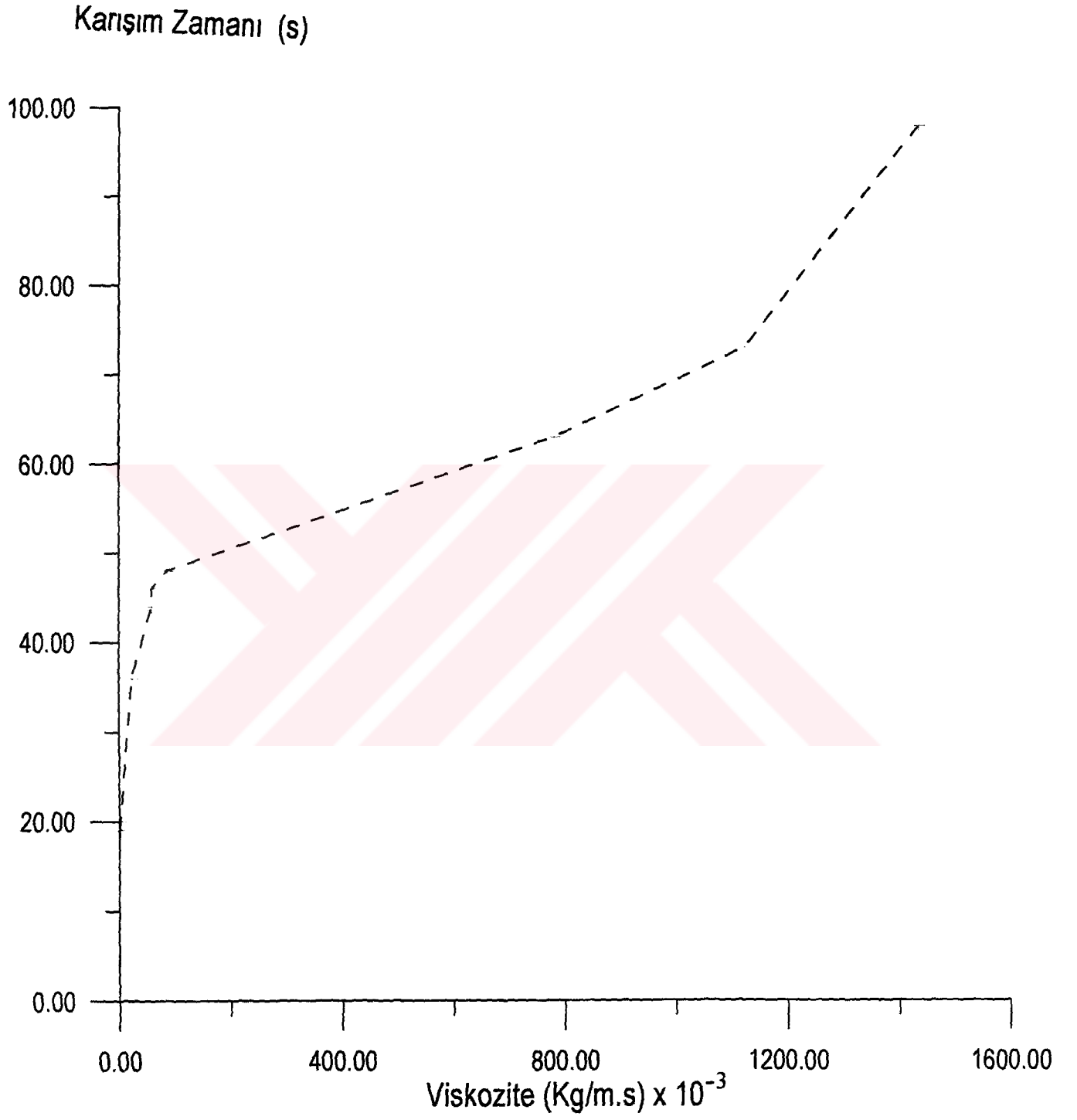
Kalibrasyon eğrisinin çıkartılması için bu Yüksek Lisans tez çalışmasında 9 sıvı kullanılmış olmaktadır. Bu eğri daha fazla farklı sıvı kullanılarak da çıkartılabilirdi. Ancak, Kalibrasyon eğrisinin genel karakteristiği, burada çalışılan dokuz sıvı ile tebarüz ettirilmişti diye düşünülmektedir.

Radyoaktif izleyici ile çalışılırken, karışım zamanı için daha çok sürekli ölçüm tercih edilmektedir. Bununla beraber bu Yüksek Lisans tez çalışmasında sürekli ölçüm tekniğinden ayrı olarak, örnek alma tekniği ile de çalışılmıştır.

Örnek alma tekniği ile yapılan deneylerimizde, radyoaktif izleyici ile boya tekniği eş zamanlı uygulanmış ve alınan numuneler hem radyasyon ölçümü ile ve hem de numunelerin ışık geçirgenlikleri tayin edilerek iki farklı teknik için değerlendirilmiştir. Ayrıca, örnek alma deneyleri iki farklı sıvı ile gerçekleştirilmiştir. Bu sıvılar, su ve sıvı sabundur.

Sonuçlar yine sürekli ölçüm tekniğindeki gibi olmuş ve radyoaktif izleme tekniği ile tayin edilen karışım zamanları, yine daha uzun olarak belirlenmiştir. Bu ise, yukarıda da belirtildiği üzere, radyoaktif izleyicinin atomik seviyede karışımdan bilgi vermesinden kaynaklanmaktadır.

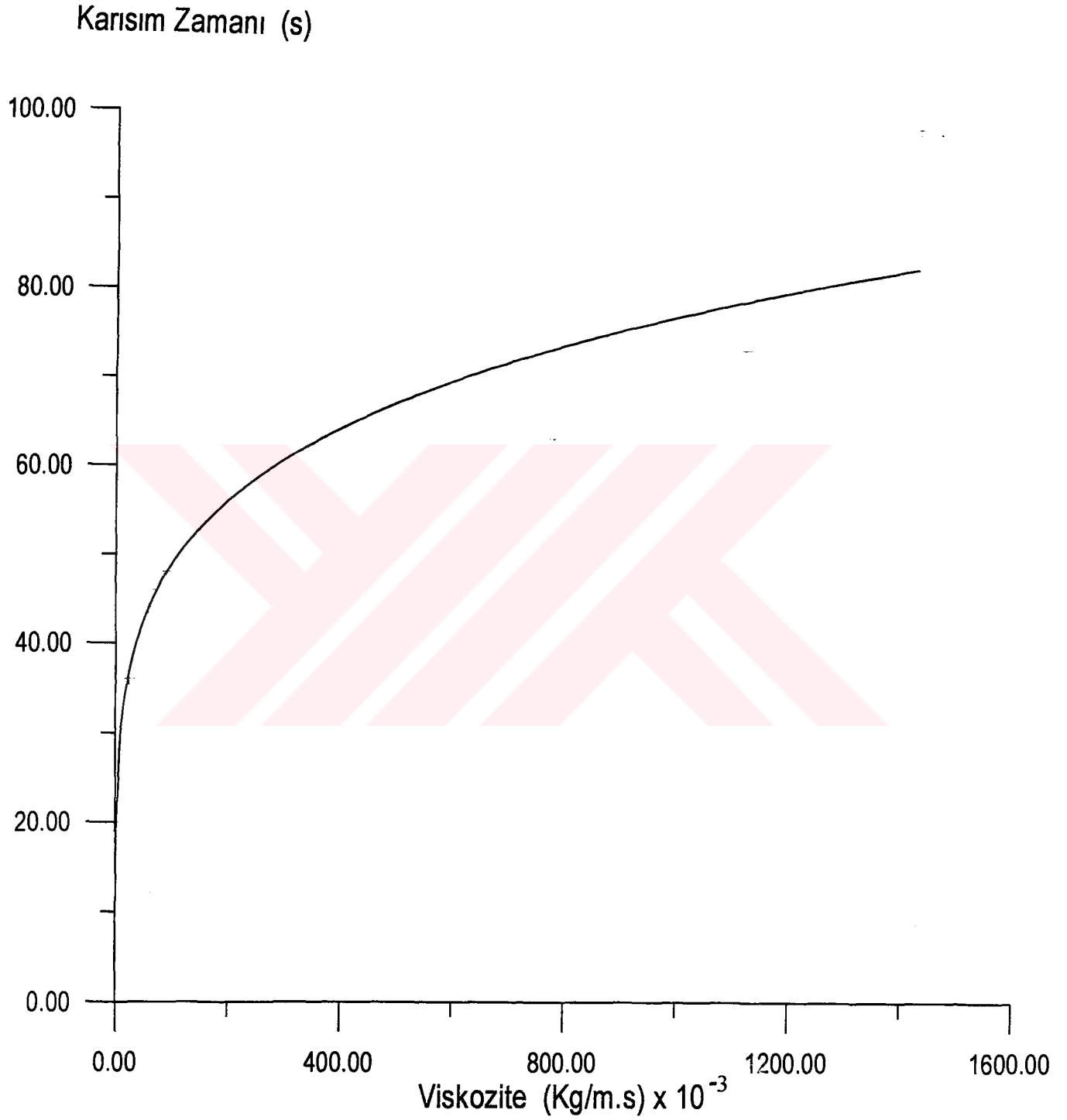
Sürekli ölçüm ve örnek alma teknikleri arasında mukayese yapıldığında örnek alma tekniğinin daha kaba olduğu söylenebilir. Zira, örnek alma tekniğinde numune alımı, sürekli ölçümde ard arda sayım alınmasına göre daha geniş aralıklarla olabilmektedir. Bu ise karışım zamanı için daha geniş bir aralık tanımlama anlamına gelmektedir. Bu bakımdan, sürekli ölçüm tekniğinin, örnek alma tekniğine göre daha hassas olduğu söylenebilir.



Şekil: 6.1 Çalışılan Sıvılar İçin Karışım Zamanının Viskozite İle Değişimi

$$\text{LogY} = 0,1958 \cdot \text{LogX} + 2,9867$$

Hata : % 3



Şekil: 6.1 Çalışılan Sıvılar İçin Karışım Zamanının Viskozite İle Değişimine İlişkin Tayin Edilen Kalibrasyon Eğrisi

Ayrıca, örnek alma tekniği, sürekli sayım yöntemine göre hayli külfetli bir uygulamadır. Bir başka deyişle, hassasyetten kaybedilmesine karşın, uygulama da zor olmaktadır.

Böylelikle, radyoaktif izleme tekniği ile karışım zamanı tayinine ilişkin, çalışmalar; farklı karışım parametreleri için ve farklı sıvılar için gerçekleştirilmiş ve farklı bir izleme tekniği olan boya tekniği ile de mukayeseli incelenmiştir. Sonuçlar mukayeseli olarak irdelenerek, anlamlı sonuçlara ulaşılabilirdiği görülmüştür.



KAYNAKLAR

- Altınsoy, N. (1997), Radyoaktif İzleme Tekniği ile Düşey Borularda Türbülanslı Akış İncelemesi ve Yeni Bir Korelasyon, İ.T.Ü. Nükleer Enerji Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Beswick, C.K., (1967), Radioisotope Tracers in Industry and Geophysics, IAEA, Vienna, 21.
- Drost, W., (1986), Groundwater Measurement by Means of Radioactive Tracers, Atomkernenergie, Kerntechnik, Vol. 48.
- Evans, E.A., Muramatsu, M., (1977), Radiotracer Techniques and Applications, Marcel Dekker Inc. Vol. 1.
- Földiák, G., (1986), Industrial Application of Radioisotopes, Elsevier, Amsterdam.
- Hodgman, C., Weast, R.C., Shankland, R.S., Selby, S.M., (1962), Handbook of Chemistry and Physics, 43th Edition, The Chemical Rubber Publishing Co., Cleveland, Ohio.
- Holman, J.P., White, P.R.S., (1992), Heat Transfer, 7th Edition, Mc Graw Hill Book Company, Singapore.
- Gardner, R.P., Ely, R.L., (1967), Radioisotope Measurement Applications in Engineering, Reinhold Publishing Corp., New York.
- IAEA, (1983), Guidebook on Nuclear Techniques in Hydrology, Tech. Report Series No. 91, Vienna.
- IAEA, (1990), Guidebook on Radioisotope Tracers in Industry, Tech. Report Series, No. 316, Vienna.
- Kaçmaz, I., (1997), Radyoaktif İzleme Tekniği ile Çevresel Metal Kirliliğinin Pelargonium Peltatum Bitkisi Üzerine Etkisinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü.N.E.E., İstanbul.
- Kara, N., (1990), Radyoaktif İzleyici Tekniği ile Bir Açık Kanalda Laminer Rejim Akış Takibi, İ.T.Ü. Nükleer Enerji Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.

- Knoll, G.F., (1989), Radiation Dedection and Meassurement, Second Edition, John Wiley & Suns, New York.
- Lawrance, J.H., Manowitz, B., Loeb, B.S., (1964), Radioisotopes and Radiation, Recent Advances in Medicine, Agriculture and Industry, Mc Graw Hill Book Comp., New York.
- Merck, E., (1991), Reagents-Diagnostics Chemicals, Darmstadt.
- Maoyi, S., (1987), Industrial Tracer Application in People's Republic of China, Proc. Of the Sixth Pacific Basin Nuclear Conference, Beijing-China
- Onat, B., (1996), R. Venosa'da ^{134}Cs ve ^{65}Zn İle N. Intricata'da $^{110\text{m}}\text{Ag}$ Biyokinetiğinin İncelenmesi, İ.T.Ü. Nükleer Enerji Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Rao, S.M., (1990), Isotope Tracer Applications in Industry and Civil Engineering in India Ins News, Vol. 3., No.4, pp.2
- Sipahi, A., (1993), Radyoaktif İzleme Tekniği ile Dianthus Caryophyllus Bitkisinin Topraktaki Sekiz Elementi Alışının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Nükleer Enerji Enstitüsü, İstanbul.
- Sipahi, A., Tuğrul, B., (1993), Canlılara Verilebilecek Radyoizotop Miktarı ve Doz Hesabına İlişkin Analitik Bir Hesap, IV.Ulusal Medikal Fizik Kongresi Bildiri Kitabı, s: 389-395, İstanbul.
- Tsoufanidis, N., (1983), Measurement and Dedection of Radiation, Hemisphere Publishing Corp., Washington.
- Tuğrul, A.B., (1995), A New Approach For Calculating The Geometry Factor For Flow Measurements With Radioactive Tracers, Kerntechnik, Vol: 60, No: 5-6, s: 265-266.
- Tuğrul, A.B. ve Altınsoy, N., (1994), Determination of Flow Parameters For Pipe Flow by The Radiotracer Techniques, Journal of Radionalatical and Nuclear Chemistry-Article Vol. 180, No. 2., pp: 245-253.

ÖZGEÇMİŞ

1969 yılında Ankara’da doğdu. Taksim Atatürk Lisesi’ni bitirdikten sonra, 1987 yılında O.D.T.Ü. Gaziantep Kampüsü, Mühendislik Fakültesi, Fizik Mühendisliği Bölümü’ne girdi. 1993 yılında Fizik Mühendisi olarak mezun oldu ve aynı yıl İ.T.Ü. Nükleer Enerji Enstitüsü’nde yüksek lisans öğrenimine başladı. Halen Özel bir kurumda öğretmenlik yapmakta olup, ingilizce bilmektedir.