

**SU KALİTESİ KONTROLÜ İÇİN OTOMATİK NUMUNE
ALMA SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

**DEVELOPMENT OF AN AUTOMATIC SAMPLING SYSTEM
FOR WATER QUALITY CONTROL**

REMZİYE KARACA

Hacettepe Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim – Öğretim ve Sınav Yönetmeliğinin

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı İçin Öngördüğü

YÜKSEK LİSANS TEZİ

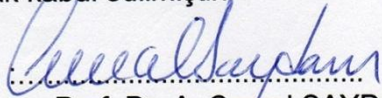
olarak hazırlanmıştır.

2011

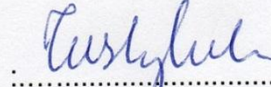
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne,

Bu çalışma jürimiz tarafından **ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI** 'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

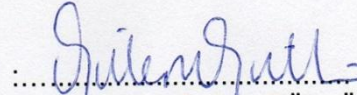
Başkan


Prof. Dr. A. Cemal SAYDAM

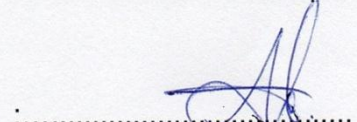
Üye (Danışman)


Dr. Türkay ONACAK

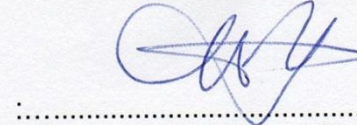
Üye


Prof. Dr. Gülen GÜLLÜ

Üye


Prof. Dr. Ayşenur UĞURLU

Üye


Doç. Dr. M. Tekin YÜRÜR

ONAY

Bu tez Hacettepe Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği'nin ilgili maddeleri uyarınca yukarıdaki jüri üyeleri tarafından/...../..... tarihinde uygun görülmüş ve Enstitü Yönetim Kurulunca/...../..... tarihinde kabul edilmiştir.

Araştırma Kollmeler: Su kirliliği, su kalitesi, otomatik numune alma

Danışman: Dr. Türkay Onacak, Hacettepe Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü

Prof.Dr.
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

SU KALİTESİ KONTROLÜ İÇİN OTOMATİK NUMUNE ALMA SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Remziye KARACA

ÖZ

Çevre kirlenmesinin ortaya çıktığı alanlardan biri, su kaynaklarıdır. Su kirlenmesi, ekonomik zarara neden olduğu gibi, kirliliğin cinsi ve yoğunluğuna bağlı olarak doğrudan canlı yaşamını tehdit eden düzeylere varabilmektedir. Su kirlenmesi sorununun çözümü ile ilgili olarak ilk yapılması gereken su kalitesi izleme ağının kurulmasıdır.

Su kirliliği kontrol programı ile, su kalite standartlarının uygunluğunun kontrol edilmesi, kritik çevresel parametrelerle ilgili veri tabanının oluşturulması, kirletici deşarjın önlenmesi ve kirletici kaynakların yönetimi amaçlanmaktadır. İlgili fiziksel, kimyasal ve biyolojik parametrelerin derişimlerinin zaman ve mekana göre tayin edilmesi için numune alınması gerekmektedir. Numune alma işlemleri, yapılacak analizlerin temsili olabilmesi için önemlidir.

Tez çalışmasında su kirliliğinin izlenmesi için, yapımı zor olmayan, maliyeti düşük ve hassas olarak sabit hacimde örnekleme yapan otomatik numune alma sisteminin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bunun için elektromekanik seviye ölçüm sistemi, sabit sıvı tespit sensör elektrotları ve taşma kontrollü kap kullanılarak üç farklı düzenek geliştirilmiş ve bunlar ile test çalışmaları yapılmıştır.

Ölçüm sonuçlarına göre, maliyet ve yapımındaki pratiklik dikkate alındığında, taşma kontrollü kap ve bir sensör elektrotunun kullanıldığı otomatik numune alıcısının prototipi yapılmıştır. Ölçüm sonuçları istatistiksel olarak değerlendirilmiş, dağılımlarının normal olduğu belirlenmiş, istenilen miktarda anlık, kompozit ve akışa bağlı (debi orantılı) numuneler alınabileceği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Su kirliliği, su kalitesi, otomatik numune alma

Danışman: Dr. Türkay Onacak, Hacettepe Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü

DEVELOPMENT OF AN AUTOMATIC SAMPLING SYSTEM FOR WATER QUALITY CONTROL

Remziye KARACA

ABSTRACT

Water resources are one of the areas that the effects of the environmental pollution appear. Water pollution causes economic loss. As well as this, depending on the type and the intensity of the pollution, it may reach a level that directly threat the living creatures. The first thing that should be done to solve the problem of pollution of water is to set up water quality monitoring network.

By using water pollution controlling program, determination of water quality standards and controlling of its suitability, composing of database about critic environmental parameters, preventing of polluting discharges, and management of polluting resources are aimed. To designate the consantration of related physical, chemical, biologic and radiologic parameters according to time and place, sampling is necessary. Sampling process is important for the analyses, that will be performed, to be representative.

To monitor the water pollution in the thesis study, it is intended that the automatic sampling device which can easily be manufactured with a low cost and which can take constant volume samples with high precision is improved. To do this, by using electromechanic level measurement system, constant liquid fixing sensor electrots, and overflowing-controlled vessels, three different setups are prepared. Test studies are conducted by using these setups.

According to the test results, taking into consideration of its low manufacturing cost and its simplicity in formation, prototype of automatic sampling device, which is made of overflowing-controlled vessel and one sensor electrot, is prepared. Measurement results are evaluated statistically and it is concluded that the distributions are normal and it is observed that instantaneous, composite and influx dependent (proportion to flow rate) samples can be taken.

Keywords: Water pollution, water quality, automatic sampling device

Advisor: Türkay Onacak, Hacettepe University, Department of Environmental Engineering

TEŞEKKÜR

Tez konusunun tespitinde, karşılaşılan güçlüklerin açılması ve çalışmanın sonuca ulaştırılmasında yön gösteren tez danışmanım Sayın Dr. Türkay Onacak'a, deneysel çalışmalarımnda gerekli olan malzemelerin temininde yardımlarını esirgemeyen Çalışkan Cam çalışanlarına ve Gaye Hidrolik'e, görüş ve fikirleri ile tezin olgunlaşmasına katkıda bulunan tüm arkadaşlarıma, lisansüstü eğitimim esnasında maddi-manevi desteğini esirgemeyen tüm aile fertlerime içtenlikle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZ	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiii
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	3
2.1. Su Kirliliği.....	3
2.2. Numune Alma.....	4
2.3. Numune Alma Çeşitleri	6
2.3.1. Anlık numune alımı.....	6
2.3.2. Kompozit numune alımı.....	7
2.3.3. Büyük hacimli numunelerin alımı.....	8
2.4. Temsili Numune Alma Yaklaşımları	9
2.4.1. İnsiyatife dayalı numune alma	9
2.4.2. Rastgele numune alma	10
2.4.3. Sistematik grid numune alma	11
2.4.4. Sistematik rastgele numune alma	11
2.4.5. Geçiş numune alması.....	12
2.4.6. Tabakalı numune alma	13
2.4.7. Üç boyutlu numune alma.....	13
2.5. Numune Alma Ortamları	14
2.5.1. Yüzey sularından numune alma	14
2.5.1.1. Denizlerden numune alma	14
2.5.1.2. Göllerden ve rezervuarlardan numune alma	16
2.5.1.3. Akarsulardan numune alma	18
2.5.2. Yeraltı sularından numune alma.....	20
2.5.3. Endüstriyel çıkış ve proses sularından numune alma	20
2.5.4. Atıksu ve çamurlardan numune alma	21
2.6. Numune Alma Zamanı ve Sıklığı	21

2.6.1. Düzenli aralıklarla numune alma	21
2.6.2. Sürekli numune alma.....	22
2.7. İzlenilecek Parametrelere Göre Numune Alma.....	23
2.7.1. Bakteriyolojik numune alma işlemi	24
2.7.2. Radyoaktivite için numune alma işlemi.....	25
2.7.3. Kimyasal numune alma işlemi.....	25
2.8. Numunelerin Korunması	25
2.9. Numunelerin Taşınması ve Depolanması.....	27
2.10. Numuneler Üzerindeki Ön İşlemler	28
2.11. Numunedeki Kontaminasyon Durumu	28
2.11.1. Numunedeki kontaminasyonun kontrolü	29
2.12. Numune Almayı Etkileyen Şartlar ve Dikkat Edilecek Durumlar	29
2.13. Numune Alma Donanımları	31
2.13.1. El ile numune alma donanımı	31
2.13.2. Otomatik numune alma donanımı	32
2.14. Numune Almada İstatistiksel Parametreler	39
2.14.1. Kalibrasyon.....	40
2.14.2. Ölçüm belirsizliği	40
2.14.3. Hata.....	41
2.14.3.1. Sistemik hata	43
2.14.3.2. Rastgele hata.....	43
2.14.3.3. Doğruluk hatası.....	44
2.14.3.4. Kesinlik hatası	44
2.14.3.5. A tipi ve B tipi hata	45
2.14.4. Uyarı kontrol üst veya alt sınırı	45
2.14.5. Numune alma işlemindeki hata kaynakları	46
3. ÇALIŞMA YÖNTEMİ	47
3.1. Elektromekanik Seviye Ölçüm Düzeneği İle Yapılan Otomatik Sıvı Örnekleme Sistemi	47
3.2. Sıvı Tespit Sensör Elektrotları İle Yapılan Otomatik Sıvı Örnekleme Sistemi.....	52
3.3. Taşma Kontrollü Kap Kullanılarak Yapılan Sıvı Örnekleme Sistemi	54
4. TEST ÇALIŞMALARI VE SONUÇLAR	57
4.1. Elektromekanik Sıvı Seviye Ölçüm Düzeneği İle Yapılan Test Çalışmaları	57

4.1.1. Yüzey alanı büyük numune alma kabı ile yapılan test çalışmalarının sonuçları	57
4.1.2. Yüzey alanı küçük numune alma kabı ile yapılan test çalışmalarının sonuçları	61
4.1.3. Özel numune alma kabı kullanılarak yapılan test çalışmaları	64
4.1.4. Elektromekanik seviye ölçüm düzeneği ile yapılan ölçüm sonuçlarının istatistiksel değerlendirmeleri	65
4.1.4.1. Özel numune alma kabı ile 250 ml seviyesinde yapılan ölçüm sonuçlarının istatistiksel olarak değerlendirilmesi.....	67
4.1.4.2. Özel numune alma kabı ile 50 ml seviyesinde yapılan ölçüm sonuçlarının istatistiksel olarak değerlendirilmesi.....	68
4.1.4.3. Özel numune alma kabı ile sensörün 250 ml seviyesinde sabitlenmesiyle yapılan ölçüm sonuçlarının istatistiksel olarak değerlendirilmesi	70
4.2. Sabit Sıvı Tespit Sensör Elektrotları İle Yapılan Test Çalışmaları	71
4.2.1. Sabit sıvı tespit sensör elektrotları ile yapılan test çalışmalarının sonuçları.....	71
4.2.2. Sabit sıvı tespit sensör elektrotları ile yapılan ölçüm sonuçlarının istatistiksel olarak değerlendirilmesi	72
4.2.2.1. Sabit sıvı tespit sensör elektrotları ile 50 ml seviyesinde yapılan ölçüm sonuçlarının istatistiksel olarak değerlendirilmesi	73
4.2.2.2. Sabit sıvı tespit sensör elektrotları ile 250 ml seviyesinde yapılan ölçüm sonuçlarının istatistiksel olarak değerlendirilmesi	74
4.3. Taşma Kontrollü Kap Kullanılarak Yapılan Test Çalışmaları	75
4.3.1. Taşma kontrollü kap kullanılarak yapılan test çalışmalarının sonuçları.....	76
4.3.2. Taşma kontrollü kap kullanılarak yapılan ölçüm sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmesi	76
4.3.2.1. Taşma kontrolü ile 20 ml numune almak için yapılan ölçüm sonuçlarının istatistiksel değerlendirmeleri.....	76
4.3.2.2. Taşma kontrolü ile 30 ml numune almak için yapılan ölçüm sonuçlarının istatistiksel değerlendirmeleri.....	78
4.3.2.3. Taşma kontrolü ile 90 ml numune almak için yapılan ölçüm sonuçlarının istatistiksel değerlendirmeleri.....	79
4.3.2.4. Taşma kontrolü ile 180 ml numune almak için yapılan ölçüm sonuçlarının istatistiksel değerlendirmeleri.....	80
4.3.2.5. Taşma kontrolü ile 240 ml numune almak için yapılan ölçüm sonuçlarının istatistiksel değerlendirmeleri.....	82

4.4. Damla Sayısı İle Yapılan Test Çalışmaları	83
4.4.1. Damla sayısı ile yapılan test çalışmalarının sonuçları	83
4.4.2. Damla sayısı ile yapılan ölçüm sonuçlarının istatistiksel olarak değerlendirilmesi	85
4.4.2.1. Damla sayımı ile 5 ml numune almak için yapılan ölçüm sonuçlarının istatistiksel değerlendirmeleri.....	85
4.4.2.2. Damla sayısı ile 10 ml numune almak için yapılan ölçüm sonuçlarının istatistiksel olarak değerlendirilmesi.....	87
4.4.2.3. Damla sayısı ile 20 ml numune almak için yapılan ölçüm sonuçlarının istatistiksel olarak değerlendirilmesi.....	88
4.4.2.4. Damla sayısı ile 30 ml numune almak için yapılan ölçüm sonuçlarının istatistiksel olarak değerlendirilmesi.....	89
4.4.2.5. Damla sayısı ile 40 ml numune almak için yapılan ölçüm sonuçlarının istatistiksel olarak değerlendirilmesi.....	90
4.4.2.6. Damla sayısı ile 50 ml numune almak için yapılan ölçüm sonuçlarının istatistiksel olarak değerlendirilmesi.....	92
4.4.2.7. Pipet ile 5 ml ölçüm sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmesi	93
5. TAŞMA KONTROLLÜ SIVI ÖRNEKLEME DÜZENEĞİ KULLANILARAK YAPILAN OTOMATİK NUMUNE ALMA SİSTEMİ	95
5.1. Sistem Bileşenleri	97
5.2. Sistemin Çalışma Süreci.....	100
5.3. Otomatik Numune Alma Sistemi Ölçüm Sonuçları.....	101
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	104
KAYNAKLAR.....	108
EKLER	

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1. Rastgele numune alma.	10
Şekil 2.2. Sistematik grid numune alma.	11
Şekil 2.3. Sistematik rastgele numune alma.	12
Şekil 2.4. Geçiş numune alması.....	13
Şekil 2.5. Bir denizde belirlenen numune alma noktaları.....	15
Şekil 2.6. Bir gölde belirlenen numune alma noktaları	17
Şekil 2.7. Su temininde kullanılan bir rezervuardaki numune alma noktaları	18
Şekil 2.8. Büyük akarsulardan numune alma noktaları	19
Şekil 2.9. Anlık numune alma cihazı	33
Şekil 2.10. ISCO anlık ve kompozit numune alma cihazı	34
Şekil 2.11. Su örnekleme cihazı	34
Şekil 2.12. Güven aralıklarının grafik ile gösterimi	39
Şekil 2.13. Bias teriminin şekil ve grafik ile gösterimi kaynak.....	42
Şekil 2.14. Takım değerleri yayılması	43
Şekil 2.15. Sistematik hata ve rastgele hatanın gösterimi.....	44
Şekil 3.1. Elektromekanik seviye ölçüm düzeneğinin fotoğrafı.....	48
Şekil 3.2. Elektromekanik seviye ölçüm düzeneğinin şematik gösterimi	49
Şekil 3.3. Elektromekanik seviye ölçüm düzeneği ile yapılan otomatik numune alma sisteminin şematik gösterimi.....	50
Şekil 3.4. Yüzey alanı büyük numune alma kabı ile yapılan elektromekanik seviye ölçüm düzeneği	50
Şekil 3.5. Yüzey alanı küçük numune alma kabı ile yapılan elektromekanik seviye ölçüm düzeneği	51
Şekil 3.6. Özel numune alma kabı kullanılarak yapılan elektromekanik seviye ölçüm düzeneği	51
Şekil 3.7. Taşma kontrollü kap kullanılarak ve damla sayısına göre yapılan otomatik sisteminin şematik gösterimi.....	55
Şekil 3.8. Taşma kontrollü yapılan ilk düzenek	56
Şekil 3.9. Taşma kontrollü yapılan ikinci düzenek.....	56
Şekil 4.1. 20 ml sabit sıvı miktarı için elektromekanik sıvı örnekleme düzeneğinde ölçülen adım sayıları ve bu adım sayıları arasındaki farklar.....	58
Şekil 4.2. Elektromekanik sıvı seviye ölçüm düzeneği kullanılarak elde edilen kalibrasyon grafiği	60

Şekil 4.3.	5 ml sabit sıvı miktarı için elektromekanik sıvı örnekleme düzeneğinde ölçülen adım sayıları ve bu adım sayıları arasındaki farklar.....	61
Şekil 4.4.	Elektromekanik sıvı seviye ölçü düzeneği kullanılarak elde edilen kalibrasyon grafiği.....	62
Şekil 4.5.	Elektromekanik seviye ölçüm deneyi düzeneğinde kullanılan özel numune alma kabı	64
Şekil 4.6.	Box-whisker grafiği	67
Şekil 4.7.	Normal dağılımın grafik ile gösterilmesi.....	68
Şekil 4.8.	Box-whisker grafiği	69
Şekil 4.9.	Normal olmayan dağılımın grafik ile gösterilmesi	69
Şekil 4.10.	Box-whisker grafiği	70
Şekil 4.11.	Normal dağılımın grafik ile gösterilmesi.....	71
Şekil 4.12.	Box-whisker grafiği	73
Şekil 4.13.	Normal dağılımın grafik ile gösterilmesi.....	74
Şekil 4.14.	Box-whisker grafiği	75
Şekil 4.15.	Normal dağılımın grafik ile gösterilmesi.....	75
Şekil 4.16.	Box-whisker grafiği	77
Şekil 4.17.	Normal dağılımın grafik ile gösterilmesi.....	77
Şekil 4.18.	Box-whisker grafiği	78
Şekil 4.19.	Normal dağılımın grafik ile gösterilmesi.....	79
Şekil 4.20.	Box-whisker grafiği	79
Şekil 4.21.	Normal olmayan dağılımın grafik ile gösterilmesi	80
Şekil 4.22.	Box-whisker grafiği	81
Şekil 4.23.	Normal dağılımın grafik ile gösterilmesi.....	81
Şekil 4.24.	Box-whisker grafiği	82
Şekil 4.25.	Normal dağılımın grafik ile gösterilmesi.....	83
Şekil 4.26.	Damla sayısı ile yapılan ölçüm sonuçlarına göre oluşturulan kalibrasyon grafiği	84
Şekil 4.27.	Box-whisker grafiği	86
Şekil 4.28.	Normal dağılımın grafik ile gösterilmesi.....	86
Şekil 4.29.	Box-whisker grafiği	87
Şekil 4.30.	Normal dağılımın grafik ile gösterilmesi.....	87
Şekil 4.31.	Box-whisker grafiği	88
Şekil 4.32.	Normal dağılımın grafik ile gösterilmesi.....	89
Şekil 4.33.	Box-whisker grafiği	89

Şekil 4.34.	Normal dağılımın grafik ile gösterilmesi.....	90
Şekil 4.35.	Box-whisker grafiği	91
Şekil 4.36.	Normal olmayan dağılımın grafik ile gösterilmesi	91
Şekil 4.37.	Box-whisker grafiği	92
Şekil 4.38.	Normal dağılımın grafik ile gösterilmesi.....	93
Şekil 4.39.	Box-whisker grafiği	93
Şekil 4.40.	Box-whisker yöntemi ile outlier tespiti.....	94
Şekil 4.41.	Normal olmayan dağılımın grafik ile gösterilmesi	94
Şekil 5.1.	Taşma kontrollü sıvı örnekleme düzeneği kullanılarak yapılan otomatik numune alma sisteminin şematik gösterimi	96
Şekil 5.2.	Taşma kontrollü sıvı örnekleme düzeneği kullanılarak yapılan otomatik numune alma sisteminin fotoğrafı	97
Şekil 5.3.	Elektronik kontrol kartın şematik gösterimi	99
Şekil 5.4.	Elektronik kontrol kartın fotoğrafı.....	99
Şekil 5.5.	Mikro denetleyici için yazılan programın iş akış şeması	101
Şekil 5.6.	Box-whisker grafiği	102
Şekil 5.7.	Normal dağılımın grafik ile gösterilmesi.....	103
Şekil 6.1.	MJK 780 numune alma cihazı	106

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 2.1. Su örnekleme cihazlarının ölçüm prensipleri ve özelliklerinin tablo halinde gösterilmesi.....	34
Çizelge 4.1. Elektromekanik sıvı seviye ölçüm düzeneğinin ölçüm sonuçları	59
Çizelge 4.2. 100,150 ve 175 ml hedef hacimler için hesaplanmış adım sayısına göre elde edilen ölçüm sonuçları	60
Çizelge 4.3. Eklenik alınan numune ölçüm sonuçları	61
Çizelge 4.4. Elektromekanik sıvı seviye ölçüm düzeneğinin ölçüm sonuçları	62
Çizelge 4.5. Adım sayısına göre test edilecek hacimler	63
Çizelge 4.6. Elektromekanik sıvı seviye ölçüm düzeneği ile, belirlenen adım sayılarına göre ölçüm sonuçları	63
Çizelge 4.7. Özel numune alma kabı ile yapılan ağırlık ölçümlerinin istatistiksel sonuçları	66
Çizelge 4.8. Normal dağılım tespiti için yapılan testlerin tablosu.....	68
Çizelge 4.9. Normal dağılım tespiti için yapılan testlerin tablosu.....	69
Çizelge 4.10. Normal dağılım testleri değerlendirme tablosu	70
Çizelge 4.11. Eklenik olarak yapılan ağırlık ölçüm sonuçları.....	72
Çizelge 4.12. Eklenik alınan numune ölçüm sonuçları.....	72
Çizelge 4.13. Sabit sıvı tespit sensör elektrotları ile yapılan ağırlık ölçümlerinin istatistiksel sonuçları	73
Çizelge 4.14. Normal dağılım tespiti için yapılan testlerin tablosu.....	74
Çizelge 4.15. Normal dağılım tespiti için yapılan testlerin tablosu.....	75
Çizelge 4.16. Taşma kontrollü kap kullanılarak yapılan ağırlık ölçüm sonuçlarının istatistiksel sonuçları.....	76
Çizelge 4.17. Normal dağılım tespiti için yapılan testlerin tablosu.....	77
Çizelge 4.18. Normal dağılım tespiti için yapılan testlerin tablosu.....	78
Çizelge 4.19. Normal dağılım tespiti için yapılan testlerin tablosu.....	80
Çizelge 4.20. Normal dağılım testleri değerlendirme tablosu	81
Çizelge 4.21. Normal dağılım tespiti için yapılan testlerin tablosu.....	82
Çizelge 4.22. Damla sayısı ile yapılan ölçüm sonuçları	84
Çizelge 4.23. Damla sayısı ile yapılan ağırlık ölçümlerinin istatistiksel sonuçları	85
Çizelge 4.24. Normal dağılım tespiti için yapılan testlerin tablosu.....	86
Çizelge 4.25. Normal dağılım tespiti için yapılan testlerin tablosu.....	87

Çizelge 4.26.	Normal dağılım tespiti için yapılan testlerin tablosu.....	88
Çizelge 4.27.	Normal dağılım tespiti için yapılan testlerin tablosu.....	90
Çizelge 4.28.	Normal dağılım tespiti için yapılan testlerin tablosu.....	91
Çizelge 4.29.	Normal dağılım tespiti için yapılan testlerin tablosu.....	92
Çizelge 4.30.	Normal dağılım tespiti için yapılan testlerin tablosu.....	94
Çizelge 5.1.	Taşma kontrollü kap ile yapılan ölçüm sonuçlarının istatistiksel sonuçları	102
Çizelge 5.2.	Normal dağılım tespiti için yapılan testlerin tablosu.....	102
Çizelge 6.1.	Üretim maliyeti	106

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

S.K.K.Y.	:	Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Numune Alma ve Analiz Metotları Tebliği
EPA	:	Amerika Çevresel Koruma Ajansı
BOİ	:	Biyokimyasal oksijen ihtiyacı
KOİ	:	Kimyasal oksijen ihtiyacı
TOK	:	Toplam organik karbon

1. GİRİŞ

Günümüzde çevre kirliliği değişik boyutlarda ve çok yönlü olarak karşımıza çıkan, insanların oluşturduğu ve yine insanların çözüm bulması gereken önemli bir sorundur. Çevre kirliliği sorunu en başta insan olmak üzere içinde tüm canlıları bulduran biyosferin sürekliliğini tehdit etmekle beraber, geleceğini de tehlikeye atmaktadır (Liman, 1998).

Dünya yüzeyinin % 70' inden fazlası sudur ve bunun % 3' ünü tatlı sular oluşturur. Bunlar buzullar, göller, yeraltı suları, nehirler ve atmosferdeki sulardır (Bisesi and Koren, 2002).

Çevre kirlenmesinin kendisini gösterdiği en büyük alanlardan biri, su kaynaklarıdır. Su kirlenmesi birçok ekonomik zarara neden olduğu gibi, kirliliğin cinsi ve yoğunluğuna bağlı olarak doğrudan hayatı tehdit eden düzeylere de varabilmektedir.

Su kirliliği sorunun çözümü ile ilgili olarak ilk yapılması gereken iş, su kalitesini, tüm ülkede izleyebilecek bir kalite izleme ağının kurulmasıdır. Kurulacak bir kalite izleme ağından elde edilen verilerin titizlikle değerlendirilmesi ve değerlendirme sonuçlarına göre alınması gereken tedbirlerin uygulanması gerekmektedir. Kirletilen bir su kaynağının temizlenmesi, korunmasından çok daha güç ve pahalıdır (Enacar, 1987).

Su kirliliği kontrol programının amacı, su kalitesi standartlarını belirlemek ve uygunluğunu kontrol etmek, kritik çevresel parametreler geliştirerek onlarla ilgili veri tabanı oluşturmak, ulusal kanalizasyon şebekesi döşemek, kirletici deşarjını önlemek, petrol ve kimyasal dökülmelerine engel olmak, atıksuları arıtmak ve su kalitesinin korunmasını sağlamak gibi görevleri içermektedir (Çınar, 2008).

Su numunesi alımı, daha sonrasında laboratuvar tarafından yapılacak su analizlerinin temsili olabilmesini ve geçerli sayılmasını mümkün kılan temel işlemdir. (İstanbul Hıfzıssıhha Enstitüsü Müdürlüğü, 2008).

Otomatik numune alma sistemlerinde gerek anlık gerekse kompozit numune alımında örneklerin temsili olabilmesi için, her numune alımında aynı miktarda örneğin alınması gerekmektedir. Bunu sağlamak için şu anda kullanılan otomatik numune alma cihazlarında çok değişik prensiplere (mekanik, akustik, optik, kapasitif) göre çalışan seviye sensörleri ile peristaltik pompalardan yararlanılmaktadır.

Gerçekleştirilen bu tez çalışmasında su kirliliği kontrol ve izleme çalışmalarında kullanılacak, yapımı zor olmayan ve maliyeti düşük numune alma sisteminin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bunun için, sıvı tespit sensörünün elektromekanik olarak hareket ettirilebildiği, sabit sıvı tespit sensörlü ve taşma kontrollü bir kabın kullanıldığı üç değişik sıvı örnekleme düzeneği üzerinde test çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Numune alma sisteminin bir prototipi yapılmış, sabit miktarda sıvı örnekleme yeteneği ile hassasiyet test edilmiştir. Yapılan test çalışmalarından sonra taşma kontrollü sıvı örnekleme sistemi kullanılmıştır. Ölçüm kabının belli hacim yüzeyinden taşan suyun tespit edilmesinden sonra sıvı alımına son verilmiş, kap altında bulunan elektrik kontrollü vananın açılması ile her örnekleme sonrasında sabit miktarda sıvı alımı gerçekleştirilmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Su Kirliliği

Dünya nüfusunun hızla artmasıyla suya olan ihtiyaç da artmıştır. Bununla birlikte bu ihtiyacın karşılandığı su kaynakları sınırlıdır. Ayrıca artan endüstriyel ve ticari faaliyetler sonucu oluşan katı veya sıvı atıklar mevcut su kalitesinin bozulmasını hızlandırmaktadır. Dolayısıyla, mevcut suyun miktar ve kalite olarak korunması veya kontrol edilmesinin önemi her geçen gün daha da artmaktadır (Çınar, 2008).

Kirlenme problemleri yeni ve tesadüfen olan bir olay değildir. Kirlenmenin kökeni aslında çok eski devirlere uzanmaktadır. Örneğin ilk yerleşim alanlarının akarsu kenarlarında kurulması daha sonra yolların yapılması kirliliğin kökenini oluşturur. O devirlerden bugüne kadar şehirlerde kirlenme daima görülmüş, fakat modern endüstrileşmeye kadar, kirlenmenin şekli ve yayılışı, çok sınırlı kalmıştır. Bugün modern teknolojik kirleticiler, şehir atıkları, yerleşim ve endüstriyel merkezlerin atıksuları gibi emisyon problemleri eski devirlerdekilerle karşılaştırıldığında etkilerinin çok farklı olduğu görülür. Ayrıca insanlar tarafından çevreye bulaşmış olan maddelere bugün, organik kimyanın gelişmesiyle bulunan yeni bileşikler ve nükleer enerji de eklenmiştir (Akman vd., 2004).

Su kirliliğini kaynaklarına göre; tarımsal faaliyetlerin, sanayinin neden olduğu ve yerleşim alanlarından kaynaklanan kirlilik olmak üzere üç ana grupta toplamak mümkündür.

Tarımsal faaliyetlerin neden olduğu kirlilik içinde, özellikle, bitki besin maddeleri ile koruma ilaçlarının yarattığı kirlilik, toprak erozyonundan kaynaklanan kirlilik ve hayvansal atıkların yarattığı kirlilik önem taşımaktadır. Sanayi faaliyetlerin neden olduğu su kirliliği, sanayi atıkları içinde bulunan çeşitli kirleticilerin suya karışmalarıyla oluşmaktadır. Bu bağlamda su kirliliğini; kimyasal, fiziksel, fizyolojik, biyolojik ve radyoaktif kirlilik olarak beş ayrı gruba ayırmak mümkündür. Su kirliliğine genelde yol açan bir başka neden de, yerleşim alanlarındaki altyapı yetersizlikleridir. Kentsel yerleşim alanlarında açık kanalizasyon sistemlerinin varlığı ve çöp bertaraf sistemlerinin yeterince gelişmemiş olması, katı ve sıvı

durumdaki çeşitli atıkların deniz, göl ve akarsulara bırakılması sonucunda çevre kirliliğine neden olmaktadır (Altuğ, 1990).

Kapladıkları alana göre su kirliliği kaynakları noktasal ve noktasal olmayan kaynak olmak üzere ikiye ayrılır. Kimyasal ve petrol ürünlerin dökülmesi, otomobil ve tren kazalarında dökülen yağlar ve yakıtlar, yer altı ve yerüstü kimyasal ve petrol tanklarından sızma, septik sistemler, kanalizasyon atıkları, belediye çöplükleri ve hayvansal atıklar noktasal kaynağa örnektir. Atmosferdeki kirli havada bulunan gazların yağışla su kaynaklarına ulaşması, sediment kirlenmesi, tarımsal üretimde kullanılan gübre ve pestisitlerin yüzey akışıyla taşınmaları ve yeraltına sızmaları noktasal olmayan kirlenici kaynaklardır. Noktasal olmayan kaynaklar noktasal kaynaklara oranla daha az görünür, daha geniş alana yayılır ve dolayısıyla yüzey ve yer altı sularını çok daha fazla kirletirler (Çınar, 2008).

2.2. Numune Alma

Geleneksel anlayışa göre, örnek laboratuara geldiğinde, analiz başlar diye düşünülmesine karşılık, örnekleme analitik sürecin ayrılmaz bir parçası olduğundan analiz örnekleme ile başlar. Örnekleme bazı durumlarda, tüm analitik süreçteki hataya ana katkı gösterir (Madrid and Zayas, 2007).

Belli bir zamanda ve belli bir yerden numune alındığında bu numune sadece o yeri ve zamanı temsil eder. Bununla beraber, bileşiminde zamanla büyük değişiklik göstermeyen kaynaklardan alınan numuneler, daha uzun bir zaman periyodunu veya daha büyük bir hacmi oluşturur. Değişimlerin beklendiği zaman periyoduna göre numune alma aralığı seçilir. Su kirliliği kontrolü yönetmeliği numune alma ve analiz metotları tebliğinde bu aralık en az 5 dakika en fazla 1 saat olmaktadır.

Tek bir numune alma çalışması hiçbir zaman amaçların tamamını karşılamaz. Örnekleme her zaman ölçüm amacının belirlenmesi ile başlamaktadır (Madrid and Zayas, 2007).

Numune alma programlarının aşağıda verilenler gibi özel çalışma amaçları için iyileştirilmesi gereklidir:

- İlgili fiziksel, kimyasal, biyolojik ve radyolojik parametrelerin derişimlerinin zaman ve mekana göre tayin edilmesi,
- Maddelerin birim kesit alan derişimlerini hesaplamak,
- Zaman ve mekana göre seyrin değerlendirilmesi,
- Su veya atıksu arıtma tesisleri dâhilinde kısa dönemde iyileştirmeler gerekli olduğunda karar vermek amacıyla kullanılan kalite kontrol ölçmeleri,
- Mevzuatta verilen hedeflere ulaşmadaki performansı ortaya koymak ve ölçmek, uzun vadeli kontrol amaçları veya uzun vadeli eğilimleri göstermek için, belki de bir araştırma projesinin parçası olarak, kalitenin belirlenmesinde kullanılacak kalite nitelendirme ölçmeleri,
- Kirlenme kaynaklarının tespit edilmesi ve kontrolü,
- Suyun amaçlanan kullanım için uygunluğunun belirlenmesi ve gerekliyse, herhangi bir arıtma veya kontrol gerekleri için, örneğin kuyu suyunun soğutma, buhar kazanını besleme veya proses amaçları için veya bir doğal kaynak suyunun insan kullanımına yönelik bir muhtemel bir kaynak olarak kullanılması,
- Kazara dökülmeler dahil atık tahliyelerinin alıcı sulardaki etkilerinin araştırılması,
- Su, evsel atıksu ve endüstriyel atıksu tesislerinin kontrolü ve performanslarının değerlendirilebilmesi, örneğin:
 - Arıtma tesisine giren yükteki dalgalanmalar ve uzun vadeli değişikliklerin değerlendirilmesi,
 - Bir arıtma işleminde her bir adımın veriminin belirlenmesi,
 - Arıtılan suyun kalitesiyle ilgili kanıt sağlanması,
 - Sağlık tehlikesine yol açabilen veya bakteriyolojik işlemi engelleyebilenler de dahil arıtılan maddelerin derişimlerinin kontrol edilmesi,
 - Tesis ve donanımın yapısına zarar verebilecek maddelerin kontrolü,
- Karışma desenleri ile dalga ve tatlı su akıntılarındaki değişikliklere bağlı tabakalanma hakkında bilgi edinmek amacıyla nehirlerle denizlerin birleştikleri yerlerde tatlı ve tuzlu su akıntılarının etkilerinin araştırılması,

- Endüstriyel işlemlerde kaybedilen ürünlerin tanımlanması ve miktarlarının belirlenmesi (bu bilgi tesisin tamamında ürün dengeleri belirlenecekse ve atılan çıkış suyu ölçülecekse gereklidir),
- Buhar kazanı suyunun, yoğunlaşmış buharın ve diğer geri kazanılmış suyun kalitesinin belirlenerek belirli bir amaç için kullanılıp kullanılmayacağına değerlendirilebilmesini sağlanması,
- Sanayi soğutma suyu sistemlerinin çalışmasının kontrol edilmesi (bu yolla kullanılacak su miktarının iyileştirilmesi ve aynı zamanda kireç oluşumundan ve korozyondan kaynaklanacak problemlerin en aza indirilmesi sağlanır),
- Atmosfer kaynaklı kirleticilerin yağmur suyu kalitesine etkisinin araştırılması (bu araştırma hava kalitesi ve yıldırımla temas halinde ortaya çıkması muhtemel problemler hakkında faydalı bilgiler verir),
- Doğal olarak oluşan veya gübreler, haşere ilaçları ve tarımda kullanılan kimyasal maddelerden kaynaklanan topraktan suya geçen maddelerin su kalitesi üzerindeki etkilerinin belirlenmesi,
- Dip çökeltilerinden salınan veya dip çökeltilerinde biriken maddelerin su kütlesindeki veya dip çökeltilerindeki yaşam üzerindeki etkisinin belirlenmesi,
- Nehir yönetimi ve nehirden nehire aktarmaların doğal nehirler üzerindeki etkilerinin araştırılması, (örneğin, nehir yönetiminde karışan suyun kalitesinde dalgalanmalar oluşabileceğinden farklı kalitedeki suların değişik oranlarda karıştırılması gerekli olabilir),
- İnsan kullanımına yönelik dağıtım sistemlerinde su kalitesindeki değişikliklerin belirlenmesi (bu değişiklikler birkaç sebepten kaynaklanabilir, örneğin yeni bir kaynaktan su alınması, biyolojik büyümeler, kireç birikimi ve metallerin çözünmesi), dir (TS EN ISO 5667-1, 2008).

2.3. Numune Alma Çeşitleri

Numuneler anlık veya kompozit (birleşik) olarak alınmaktadır.

2.3.1. Anlık numune alımı

Numune alınacak suyun akışının düzgün, ilgilenilen parametrelerin değerlerinin sabit olmadığı ve birleşik numune kullanmanın ya kısa dönemli değişimleri maskeleyerek ya da numuneler arasında muhtemel tepkimeler nedeniyle

numuneler arasındaki ilgilenilen farklılıkların tespitini engellediği durumlarda anlık numuneler alınması tavsiye edilmektedir (TS EN ISO 5667-1, 2008). Numune alınacak su devamlı olarak akıyorsa, deşarj çıkışında zaman zaman kuruma oluyorsa veya kirletmeye neden olan tanklar periyodik aralıklar ile boşaltılıyorsa, bu tip deşarjlardan belirli zamanlarda anlık numune alınır böylece kesikli boşaltımın karakteristikleri elde edilmiş olmaktadır (Tabuman, 1995). Anlık numuneler alıcı ortamlardan veya atıksulardan elle veya otomatik olarak alınabilir.

2.3.2. Kompozit numune alımı

Ani, özel, değişken veya düzensiz deşarjların ve işlemlerin olduğu tesislerde, bu tür deşarjların içinde bulunduğu periyodu temsil eden kompozit (karışık) numunelerin alınması gerekir. Bu da evsel ve endüstriyel atıksularda belirli zaman aralıklarında atıksu debisi ile orantılı olarak alınan karışık numuneyi tanımlar. Kompozit numuneler çok sayıda numunenin analizi yerine ortalama özellikte bir tek numune ile çalışmaya imkan verir. Çoğu tayinler için 24 saatlik kompozit numune standart kabul edilir. Ayrıca kompozit numune bir vardiyayı veya daha kısa bir zaman periyodunu ya da tam bir periyodik işlemi veya çevrimi temsil için uygundur (Su kirliliği kontrolü yönetmeliği numune alma ve analiz metotları tebliği, (S.K.K.Y., 2010).). Kompozit numune oluşturmak için alınan numunelerin aralıklarının sıklaştırılması sonuçların hassasiyetini artırır (Güler ve Çobanoğlu, 1994).

Bazı durumlarda değişik işlemlerden numune alıp laboratuvarında kompozit yapma gereği ortaya çıkabilir. Bazen de çeşitli ünitelerden veya çeşitli zamanlarda alınan suların karıştırılması, numune alma yeri ve anında ölçülen debi ile orantılı olarak yapılır, alınan sular bir kaptaki karıştırılarak bu karışımdan numune alınıp analiz edilir (Güler ve Çobanoğlu, 1994).

Bakteriyolojik analizler için kompozit numune alımı pek tavsiye edilmez. Depolama neticesinde değişikliğe uğrama ihtimali yüksek olan bileşenler ve karakteristikler için kompozit numune oluşturmak uygun değildir. Çünkü tüm çözünmüş gazlar, artık klor, çözülebilir sülfid, sıcaklık ve pH' nın analizleri ya numunenin alındığı noktada veya kısa sürede laboratuvara getirilerek tespit edilmelidir.

Çözünmüş oksijen veya karbondioksit, pH veya sıcaklık gibi bileşenlerdeki değişiklikler, demir, magnezyum, alkalinite veya sertlik gibi belli inorganik kökenli değişimleri meydana getirebilirler (Güler ve Çobanoğlu, 1994).

Tek tek alınan numuneler alındıkları andaki debiye orantılı olarak karıştırılır. Örneğin; her 1 litre/s' lik debi için kompozit numuneye 10 ml ilave edilir kompozit numune yapmak için debi ile orantılı olarak alınacak anlık numune miktarına numune alan kişi karar vermelidir. Debi ile anlık numune hacimleri arasındaki oran aynı kaldığı sürece kompozit numune doğru alınmış olacaktır. Kompozit numunelerin toplam miktarı yapılacak analizlerin sayısına ve cinsine bağlıdır ve en az 2 litrelik bir numune hacmi gereklidir.

Eğer numune alma aralığı 1 saat civarında ise kompozit numune hazırlamak amacı ile tek tek alınan anlık numunelerin minimum miktarı 200 ml civarında olmalıdır. Eğer anlık numune sürekli 3-5 dakikada bir alınıyorsa numune miktarı 25 ml den az olmamalıdır. Zaman ve tesisteki işletme değişimlerine bağlı olarak 2, 4, 8, 16 veya 24 saatlik kompozit numuneler alınabilir. Numuneler zaman ve debi esasına göre kompozit hale getirilebilir.

Numunelerin kompozit hale getirilme süresi zamanla sınırlıdır. Bu süre sırasında atıksu karakterinde bir değişim olmamalıdır. Büyük değişimler için kompozit yapılacak anlık numuneler her 3-60 dakikada bir alınmalıdır. Bu numunelerin kompozit hale getirileceği maksimum süre anlık numunelerin uygun bir şekilde saklanabilmesi için hassasiyetle kontrol edilmelidir. Bu süre hiçbir zaman 24 saati geçmemelidir. Eğer bir biyolojik arıtma tesisi için BOİ, KOİ, TOK gibi önemli tasarım kriterlerinin belirlenmesi isteniyorsa ve atık karakteristikleri sabit ise numunelerin kompozit yapılma süresi 8-12 saate kadar çıkarılabilir. Eğer atıksu herhangi bir arıtma yapılmadan yeniden kullanılacak ise, atıksu özelliklerinin 2 saatlik bir süre içindeki değişimleri belirlenmelidir.

2.3.3. Büyük hacimli numunelerin alımı

Belirli etkenler için bazı analiz yöntemleri 50 litreden birkaç metreküpe kadar büyük hacimlerde suyun numune olarak alınmasını gerektirir. Böyle büyük hacimde numuneler, örneğin pestisitler veya kültür ortamında yetiştirilemeyen

mikroorganizmalar araştırıldığında gerekli olur. Numuneler, numunenin konulduğu kabin ya da tankerin temizliğinden emin olunarak geleneksel yolla veya ölçülen hacimdeki suyun etkenin tipine bağlı olarak bir semici kartuş veya süzgeçten geçirilmesi yoluyla toplanabilir (TS EN ISO 5667-1, 2008).

2.4. Temsili Numune Alma Yaklaşımları

2.4.1. İnsiyatife dayalı numune alma

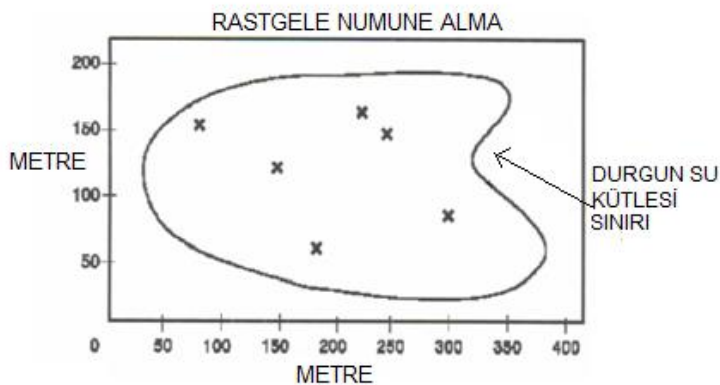
İnsiyatife dayalı numune alma, tarihsel bilgiler, görsel denetim ve profesyonel yargıya dayanan numune alma noktalarının tarafsız bir seçimidir. İnsiyatife dayalı numune toplama, kirletici ile ilgili bilgiler ya da onun kaynağı mevcut olduğu zaman ya da su kaynakları akışı gibi durgun olmayan sistemlerde numune alma yapıldığı zaman daha uygundur.

İnsiyatife dayalı numune alma, su kaynağının ortasından numune alınmasını gerektirmemektedir, fakat daha fazla temsili numune için kaynak noktaları, bir ırmağa karışan ayaklar ya da depolama alanları gibi faktörleri göz önünde bulundurabilir. İnsiyatife dayalı numune alma aynı zamanda araştırmacılara numune alma noktalarının seçilmesi olanağını da tanımaktadır (örneğin, havuzlar, iskeleler, kuru dere yatakları gibi). Alan değerlendirmeleri, acil tepkiler ve bazı erken etkilerin belirlenmesi amacı ile yüzey suyu ve çökeltiden numune almak için insiyatife dayalı numune alma sıklıkla kullanılmaktadır. İnsiyatife dayalı numune alma hiçbir istatistiksel hata ya da eğilim analizinin yapılmasına olanak tanımamaktadır ve her zaman arazi koşullarını temsil etmemektedir. İnsiyatife dayalı numune alma, arazideki tehlikeli maddelerin miktarını belirlemek amacı ile değil özelliklerini belirlemek amacı ile numune alınmasına engel olan en az sayıda fiziksel engel ile karşılaşmayı amaçlamaktadır. İnsiyatife dayalı yaklaşım, kirlenmenin kapsamını ya da faaliyet alternatiflerini belirlerken istatistiksel bir yaklaşımdan sonra gelecek bir tarama yaklaşımı olarak en iyi şekilde kullanılabilir. İnsiyatife dayalı yaklaşımlar, iyileştirme araştırmaları ve büyük ölçekte erken ve uzun dönem tepki faaliyetleri için numune alma planları ile işbirliği içinde olmalıdır.

2.4.2. Rastgele numune alma

Rastgele numune alma, araştırma yapılacak alanın tanımlanan sınırları içindeki benzer kirleticilere sahip olan numunelerin gelişigüzel toplanmasıdır (Şekil 2.1.). Temsili bir numunenin elde edilmesi, rastgele şans olasılıklarına bağlıdır. Rastgele numune alma, birçok numune alma noktasının mevcut olduğu durumlarda ve bir noktanın diğerine karşı seçilmesinin kriterlerinin bulunmadığı durumlarda yararlı olmaktadır. Numune alma noktalarının keyfi olarak seçilmesi, araştırma yapılacak alan içerisindeki tüm noktaların eşit numune alınması şansına sahip olabilmesi açısından her bir numune alma noktasının diğer noktalardan bağımsız olarak seçilmesine olanak tanımaktadır. Rastgelelik, numune alma sonuçları ile ilgili olasılık ya da güvenilirlik değerlendirmelerinin yapılabilmesi amacı ile gerekli olmaktadır. Bu değerlendirmeleri yorumlamak için anahtar yol, arazinin ve su kaynağının, numunesi alınacak olan parametreler cinsinden homojen olduğu varsayımını yapmaktır. Heterojenlik derecesi ne kadar yüksek ise, rastgele numune alma yaklaşımının gerçek koşulları yeterince karakterize etme yeteneği o kadar azalacaktır.

Rastgele numune alma, mevcut geçmiş bilgileri çok az olan alanlar için ya da açık bir şekilde kirletilmiş alanların mevcut olmadığı ya da bunun için herhangi bir kanıt bulunmayan alanlar için yararlı olmaktadır. Rastgele numune alma, akan su kaynakları için önerilmemektedir ve sadece akmayan (durgun) su kaynaklarında çökelti yatağından numune alınması için uygulanır.

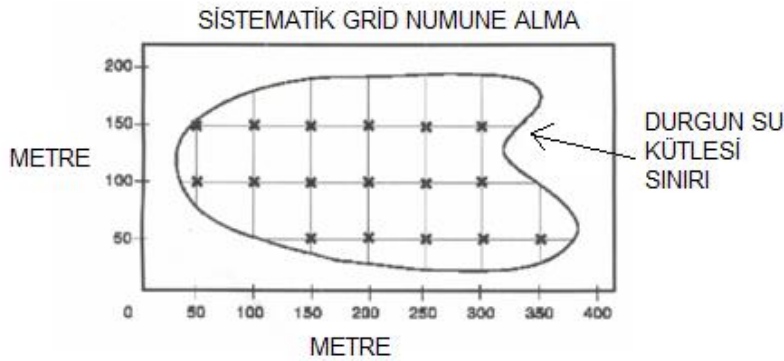


Şekil 2.1. Rastgele numune alma (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2007).

2.4.3. Sistematik grid numune alma

Sistematik grid numune alma, araştırılacak olan alanın kare ya da üçgen gridler kullanılarak bölünmesini ve düğüm noktalarından (grid çizgilerinin kesiştiği noktalar) numunelerin toplanmasını içermektedir (Şekil 2.2.). Rastgele bir başlangıç noktası kullanarak gridin yerleştirilme başlangıcı ve yönü seçilir. Bu noktadan başlayarak araştırılacak olan alan üzerinde bir grid ve bir koordinat sistemi belirlenir.

Genel olarak, ne kadar fazla numune toplanırsa (ve grid boşlukları ne kadar küçük ise), sonuçlar o kadar üretken ve temsili olur. Numune alma noktaları arasındaki mesafelerin daha kısa olması, temsili olabilme olanağını artırmaktadır. Sistematik grid numune alması, akmayan (durgun) su kaynaklarını ve bunların çökelti yataklarını karakterize etmek amacı ile kullanılabilir.

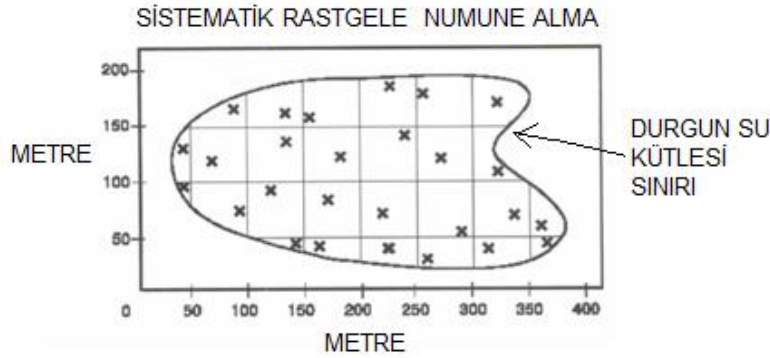


Şekil 2.2. Sistematik grid numune alma (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2007).

2.4.4. Sistematik rastgele numune alma

Sistematik rastgele numune alma, grid hücreleri içerisindeki ortalama kirletici konsantrasyonlarını tahmin etmek için kullanılan esnek bir tasarımdır (Şekil 2.3.). Araştırılacak olan alan kare ya da üçgen gridler kullanılarak bölümlenir sonra rastgele seçme prosedürleri kullanarak her bir grid hücresi içerisinde numuneler toplanır. Sistematik rastgele numune alma, ilave numune alma ve analiz gerektirebilecek hücrelerin izole edilmesi olanağını tanımaktadır.

Sistemik grid numune alması gibi, sistemik rastgele numune alma da herhangi bir engel tarafından oluşturulan bir rezervuar ya da akmayan (durgun) bir su kaynağı içerisindeki çökeltiyi karakterize etmek amacı ile kullanılmaktadır, herhangi bir yüzey suyu sistemi için önerilmemektedir ya da uygulanmamaktadır.



Şekil 2.3. Sistemik rastgele numune alma (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2007).

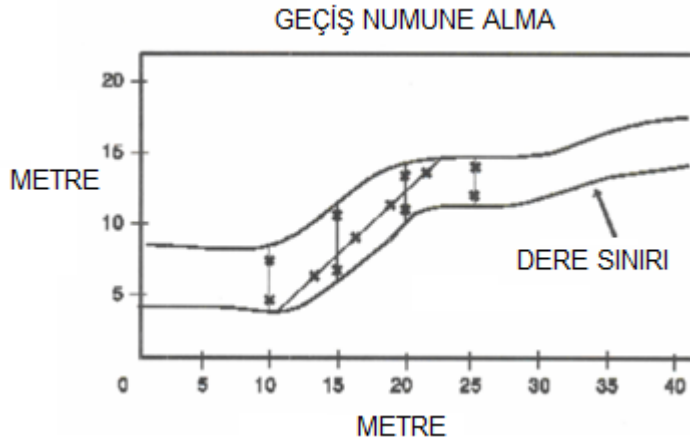
2.4.5. Geçiş numune alması

Geçiş numune alması, bir yüzey boyunca bir ya da daha fazla geçiş çizgileri oluşturmak vasıtası ile gerçekleştirilir (Şekil 2.4.). Yüzeyde ve/veya verilen bir ya da daha fazla derinlikte, geçiş çizgileri boyunca düzenli aralıklar ile numuneler toplanır. Geçiş çizgisinin uzunluğu ve toplanacak olan numunelerin sayısı, geçiş çizgisi boyunca numune alma noktaları arasındaki boşluğu belirlemektedir. Geçiş numune alması, su kaynakları genişlik bakımından küçük olduğu zaman ve geçiş grid sınırları içerisindeki numune alma noktalarına kolaylıkla ulaşılabilirdiği zaman en iyi şekilde gerçekleştirilebilmektedir. Bu yöntem, büyük göllerde ve havuzlarda ya da yüzey suyu numunelerinin sadece botlar ile elde edilebildiği erişimi olmayan alanlarda kullanımının çok fazla önerilebileceği bir yöntem değildir.

Çoklu geçiş çizgileri birbirlerine paralel olabilir ya da olmayabilir ya da keşşebilirler. Eğer çizgiler paralel ise, numune alma amacı sistemik grid numune almanın amacı ile benzerlik göstermektedir.

Geçiş numune almasının birincil faydası tek tek geçiş çizgilerinin belirlenmesi ve yerleştirilmesinin kolaylığıdır. Geçiş numune alması, su akışını ve erozyon bölgeleri ile depolama bölgelerinin ayrıştırılması gibi çökeltiler içindeki kirleticilerin

özelliklerini ve kirleticilerin depolanma özelliklerini karakterize etmek amacıyla uygulanabilmektedir.



Şekil 2.4. Geçiş numune alması (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2007).

2.4.6. Tabakalı numune alma

Tabakalı numune alma, numune alınacak alanı birbirini dışlayan tabakalara ya da her bir tabaka içinde farklı numune alma stratejilerinin kullanılabilceği alanlara bölümlendirmeyi içermektedir. Tabakalar, farklı temizleme kararlarının verilmesi gereken alanlara ya da değişken tabaka kirlilik içerikleri ya da seviyelerinin beklendiği alanlara dayanılarak seçilmektedir. Erişimin problem olmadığı yerlerde, tabakalı numune alma, yüzey suyu numunelerinden ziyade temsili çökelti numunelerinin toplanması için daha uygundur. Tabakalandırma ile ilgili olarak daha etkili olabilecek bu yöntem için önceden bilgi birikimi olması gerekmektedir.

2.4.7. Üç boyutlu numune alma

Üç boyutlu numune alma, sistematik numune alma ile benzerlik göstermektedir. Öncelikle, su kaynağı grid numune almasında yapıldığı gibi iki yatay eksenin tersi bir şekilde üç eksen (x, y, z) boyunca bölünmektedir. Bundan sonra, yüzey boyunca ve herhangi bir derinlikte numune alma noktalarını seçmek amacı ile sistematik bir yaklaşım (rastgele ya da grid) kullanılmaktadır.

Üç boyutlu numune alma derinliklerinde farklı tabakalanma özelliği gösteren durgun su kaynakları için ve ayrıca kirlilikler üzerinde ve/veya kirlilik noktaları

üzerinde birkaç veri mevcut olan su kaynakları için faydalıdır (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2007).

2.5. Numune Alma Ortamları

İzleme amacıyla her ortamdan numune alınabilir. Buna örnek olarak denizler, göller, rezervuarlar, atıksular ve akarsular verilebilir.

2.5.1. Yüzey sularından numune alma

Yüzeysel sulardan anlık numuneler alınır. Numune alma noktaları, numune alma bölgesindeki su kalitesini ve bu kalitenin bölge içerisindeki değişimini karakterize edecek şekilde ve sayıda belirlenir (S.K.K.Y., 2010).

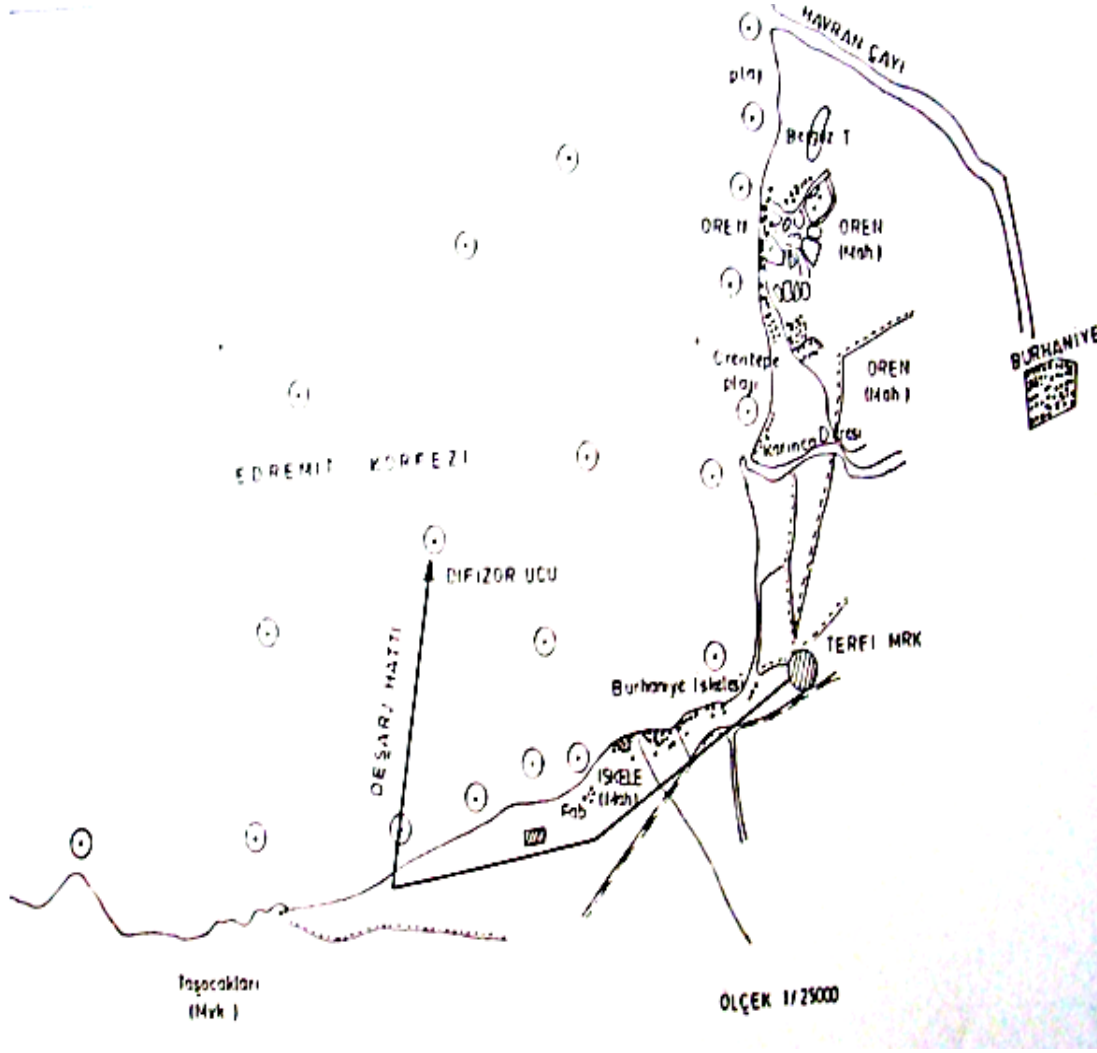
2.5.1.1. Denizlerden numune alma

Denizlerden numune alma (Şekil 2.5.), genellikle kıyı bölgelerindeki koruma bandının su kalitesinin izlenmesi ve atıksu deşarjlarının su kalitesinde meydana getirdiği değişimlerin gözlenmesi amacı ile yapılır.

Numune alma sırasında, belirlenen numune alma noktasının koordinatları, meteorolojik şartlar, hava ve su sıcaklıkları, numune alma derinliği gibi kayıtlar tutulmalıdır.

Atıksu debisi 1000 m³/gün üzerinde olan tesislerin, derin deniz deşarjı noktasını 1 kilometre çevreleyen çember üzerinde numune alınması zorunludur. Hakim rüzgar yönü ve akıntı hareketlerinin, deşarj edilen atıksu bulutunu taşıması ihtimalini de göz önüne alarak, Şekil 2.5'deki örnekteki gibi daire içerisinde, iki farklı derinlikte (dip ve yüzey), iki ara numune alma noktası belirlenir.

Ağ kafesçiliği yapan balık çiftliklerinde, balık çiftliğinin kapladığı alanın ortasından ve dört kenarının 20'şer metre açığından olmak üzere toplam beş noktada örnekleme yapılır. Her örnekleme noktasında yüzeyden, ortadan ve dipten olmak üzere toplam üç derinlikten, birer numune alınarak örnekleme yapılır (S.K.K.Y., 2010). Numunelerin taşınması sırasında numune kapları baş aşağı çevrilir ve soğuk zincirde (+4°C) taşınır.-10°C'nin altındaki sıcaklıklar numunede kristalizasyona neden olabileceği için bu sıcaklığa dikkat edilir (S.K.K.Y., 2010).



Şekil 2.5. Bir denizde belirlenen numune alma noktaları (Tabuman, 1995).

Suyun üzerinde yüzen yağların olduğu durumlarda, numune kabı, yağın yoğun bulunduğu bölgede suyun yüzeyindeki yağ tabakasının hafifçe altına kadar daldırılır ve yağın kabın içine akması sağlanır veya özel numune alma cihazları kullanılır. Kabın üçte biri dolduğu zaman kap sudan çıkarılarak ağzı sıkıca kapatılır ve numune kabı ters çevrilerek 2-3 dakika beklenir. Bekleme sırasında yağ üstte su altta kalacaktır. Kap ters pozisyonda iken kabın kapağı gevşetilerek altta kalan suyun dışarı akması sağlanır. Bu durum kabın içinde en az 60 ml yağ numunesi birikene kadar tekrarlanır (S.K.K.Y., 2010).

2.5.1.2. Gollerden ve rezervuarlardan numune alma

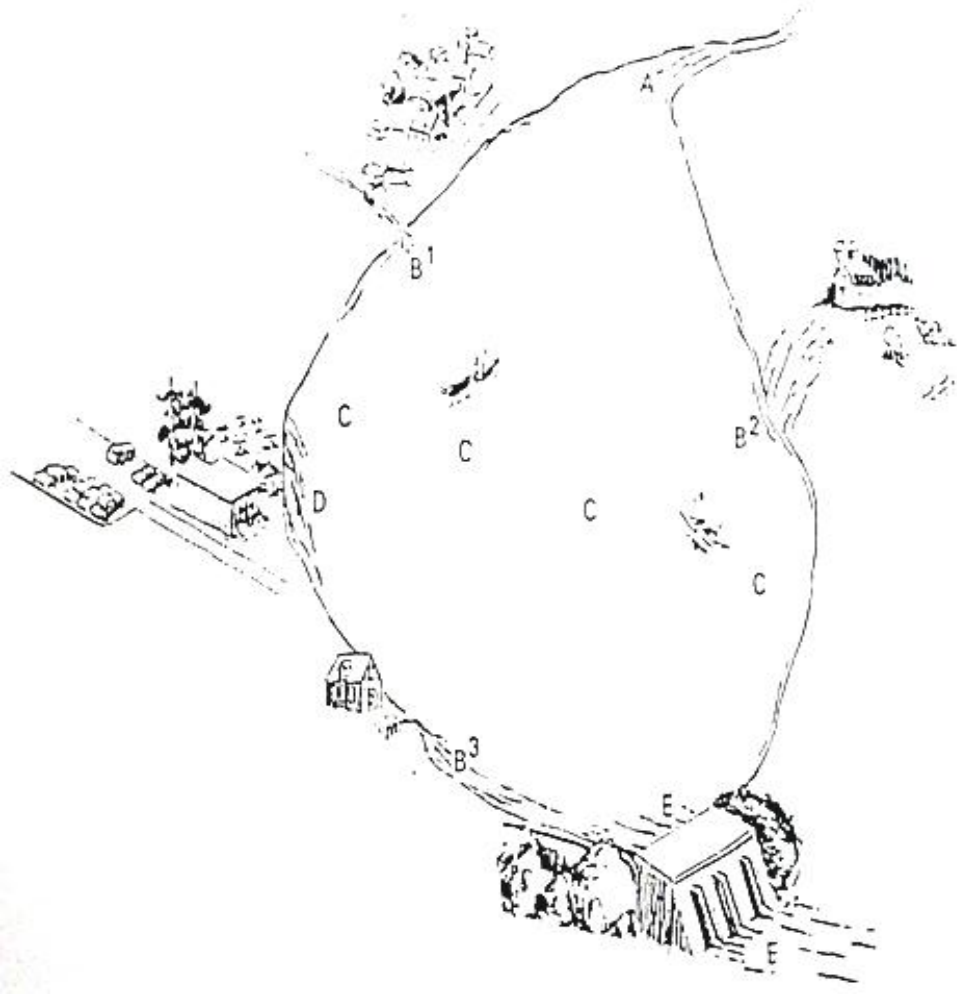
Goller ve rezervuarlardaki kirlenmenin nedeni endüstriyel ve evsel atıksu deşarjları ile akarsulardır. Bu nedenle gollerdeki kirlilik araştırmaları sırasında bu üç kaynak dikkate alınmalıdır.

Göl suları akarsulara nazaran bileşim bakımından çok daha kararlı bir yapıya sahiptir ve özellikleri çok daha yavaş olarak değişir büyük gollerde bu değişim daha yavaştır veya yok gibidir. Bu nedenler göl sularından numune alma sıklığı azaltılabilir, uzun süre izlenerek değişim göstermeyen parametrelerin izlenmesinden geçilebilir.

Gollerden (Şekil 2.6.) ve rezervuarlardan numune alınırken (Şekil 2.7.) madde ve su dengesinin kurulabilmesi için başlıca su giriş ve çıkışlarından numune alınmalıdır. Ayrıca kıyılardaki kirlenici kaynakların etkileri tespit edilecek ve tüm su kütleindeki su kalite değişimini belirleyecek sayıdaki numune alma noktası seçilmelidir.

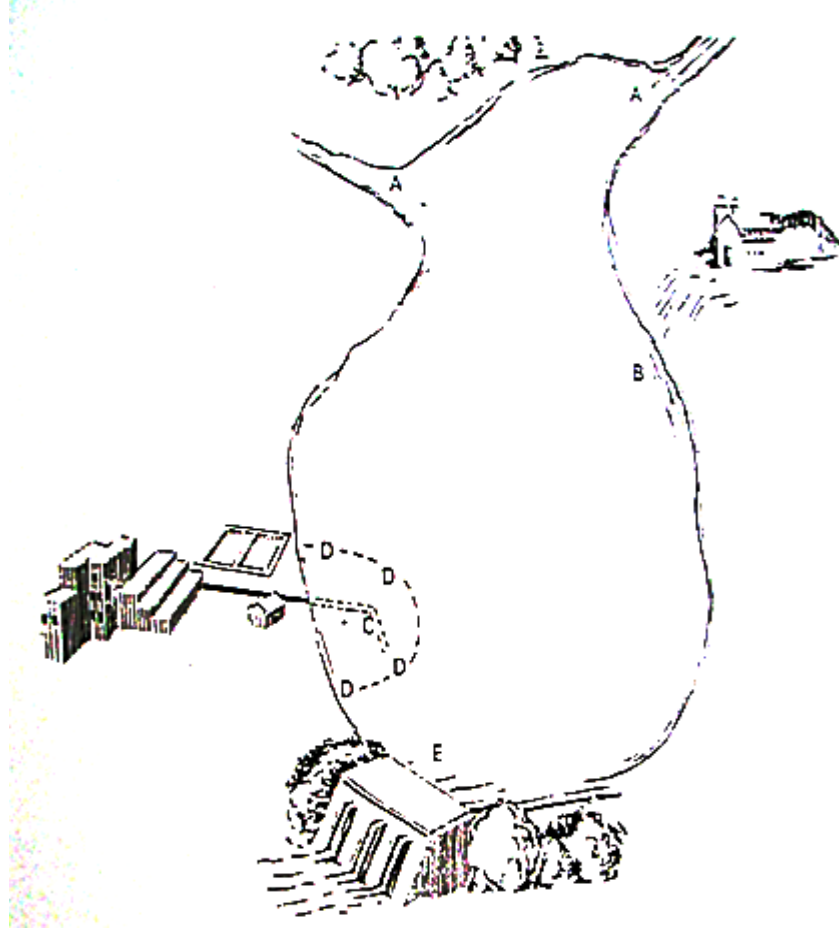
Numune alma noktaları belirlenirken kirlenici kaynakların yerleri, suyun kullanım durumu, meskun mahallelerin yerleşimi ve su kütleinin hidrodinamik özellikleri göz önüne alınır, derinliği fazla olan gollerde yapılacak izleme çalışmalarında belirlenen numune alma noktalarından çeşitli derinliklerde numune alınarak gölün dikey profilinin çıkarılması gerekir. Derinliği 10 m'den düşük olan göller tam karışımı olarak kabul edilebilir. Bu tip gollerde numunelerin yüzeyden (yüzeyin 30-40 cm altı) alınması yeterlidir.

Rezervuar, baraj ve gollerde başlıca su giriş ve çıkışları ile kıyılardaki faaliyetlerin etkilerini belirleyecek ve kalitenin bütün su kütleindeki değişimini karakterize edecek şekilde, en az beş nokta olmak üzere numune alma noktalarının koordinatları GPS ile belirlenir.



Şekil 2.6. Bir gölde belirlenen numune alma noktaları. (A. Göle boşalan akarsu, B. potansiyel kirlenici kaynakları, B¹.köy veya herhangi bir yerleşim, B².tarımsal alanlardan gelen yüzey veya drenaj suları, B³.evsel atıklar, C. göl kesiti boyunca belirlenen çeşitli noktalar, D. yüzme sahili ve alanları, E. çıkışın üstü ve barajın altı.) (Tabuman, 1995).

Numune alma noktaları belirlenirken kirlenici kaynakların yerleşimi ve su kütlelerinin hidrodinamik özellikleri göz önünde bulundurulur. Değişik mevsimlerde, su yüzeyinin karelere bölünmesiyle elde edilen ağın köşe noktalarında çeşitli derinliklerden numune alınır. Bu araştırmanın neticesine göre rutin numune alma noktaları belirlenir (S.K.K.Y., 2010).



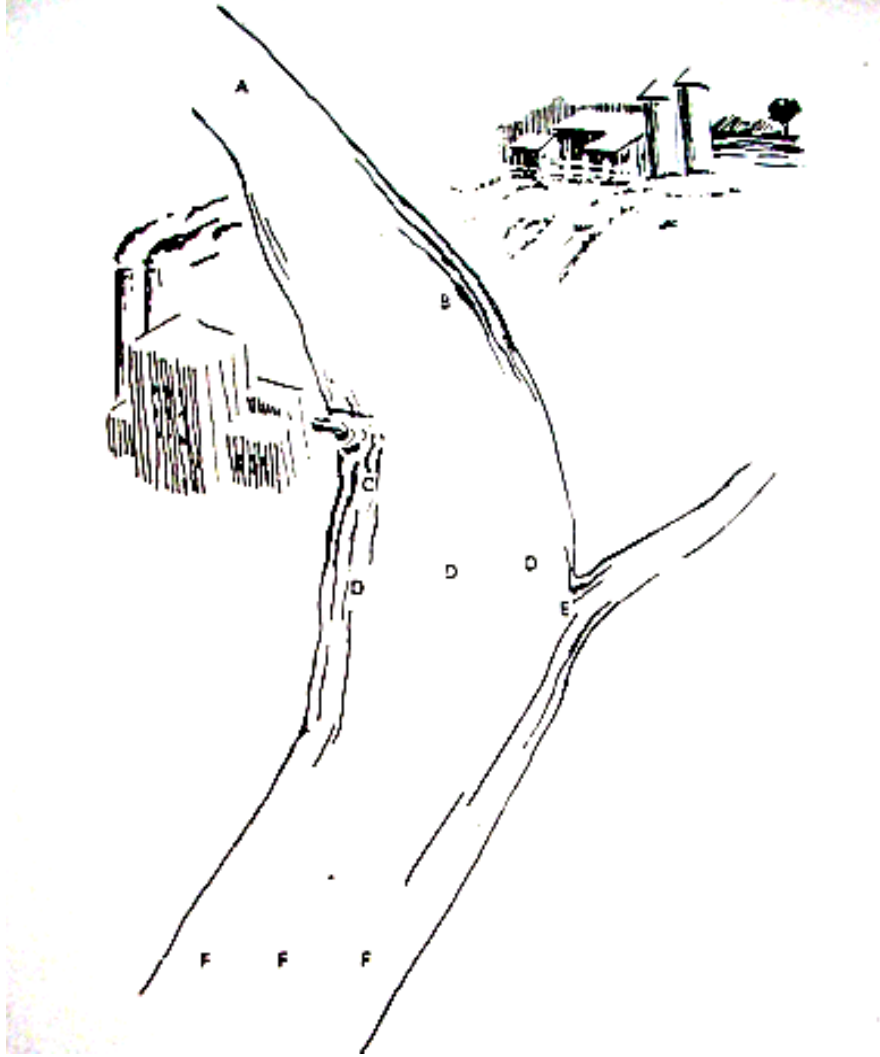
Şekil 2.7. Su temininde kullanılan bir rezervuardaki numune alma noktaları (A. rezervuara boşalan akarsular, B. olası tarımsal kirlenme, C. içme suyu arıtma tesisi su alma yapısı, D. su alma yapısı etrafındaki çok sayıdaki numune alma noktaları, E. rezervuar çıkışı.) (Tabuman, 1995).

2.5.1.3. Akarsulardan numune alma

Akarsularda numune alma noktaları (Şekil 2.8.), izlenecek kısımdaki su kalitesini ve değişimlerini karakterize edecek şekilde belirlenmelidir. Ayrıca akarsuyu kirleten kaynakların tespiti için de başka numune alma noktaları ilave edilmelidir. Akarsularda numune, yan kol veya herhangi bir atıksu deşarjından sonra tam karışım sağlandığı kesit üzerinde yüzeyin 30-40 cm aşağısından alınır.

Numune alma noktasının yeri, atıksu veya yan kolların karıştığı yerde, önceden akarsu en kesitinde yapılacak detaylı bir araştırma ile belirlenmelidir.

Akarsulardan numune alınırken akarsuyun sınıfının belirlenmesi ve kullanım amacı esas alınır. Bir akarsu birçok havzayı kat edebilir ve farklı bölümlerde farklı özellikler gösterebilir. Ayrıca akarsuyun farklı bölgelerdeki kullanım amaçları da farklı olabilir. Bu durumun numune alma yerlerinin belirlenmesi ve numune alma sıklığının tespiti sırasında göz önüne alınması gereklidir.



Şekil 2.8. Büyük akarsulardan numune alma noktaları. (A. Kontrol istasyonu, B. tarımsal kirlenme, C. endüstriyel deşarjlar, D. akarsu kesiti boyunca belirlenen noktalar, E. yan kol, F. mansap tarafındaki izleme noktaları) (Tabuman, 1995).

2.5.2. Yeraltı sularından numune alma

Yeraltı suyu kirlenmesinin en büyük nedeni evsel ve endüstriyel atıksuların arıtılmadan alıcı ortamlara verilmesidir. Katı, sıvı ve gaz atıklar alıcı ortamlara verildikten sonra iklim durumuna, toprağın yapısına, atığın cinsine ve zamana bağlı olarak yeraltı sularına taşınır.

Zirai mücadele ilaçlarının da aşırı ve bilinçsiz kullanımı büyük bir sorundur. Diğer bir önemli sorun ise evsel atıkların doğrudan toprağa verilmesidir. Özellikle kanalizasyon sistemlerinin olmadığı yerlerde foseptik çukurlardan sızan sular yeraltı suyuna taşınabilmektedir.

Mikroorganizmalar, yeraltı suyuna taşınım sırasında doğal olarak temizlenmeye uğrar. Ancak deterjan gibi parçalanmaya karşı dirençli bileşikler yer altı suyuna ulaşarak içme suyu açısından sorun yaratabilmektedir (Liman, 1998).

Su numunesi, kaynaklardan alınıyorsa kaynak gözünden, açık kuyularda ise su seviyesinin altından alınır. Serbest CO₂ gazının tayini, numunenin alındığı yerde yapılır. Su numunesi, derin kuyudan pompa yardımıyla alınıyorsa beş dakika kadar akıtılarak yan etkilerin giderilmesine çalışılır.

Numune sayısı, yörenin hidrojeolojik özelliklerine bağlı olarak değişebilmekle beraber; bir yeraltı suyunun kalite ölçümü için alınacak numune sayısı yılda üçten az olamaz (S.K.K.Y., 2010).

2.5.3. Endüstriyel çıkış ve proses sularından numune alma

Endüstriyel çıkış sularından numune alma, her bir mevcut çıkış suyunun yerine ve yapısına uygun olarak gerçekleştirilmelidir. Endüstriyel çıkış suyu tahliye noktaları fiziksel erişimin zor olduğu ve hiçbir hizmetin bulunmadığı uzak yerlerde borular veya açık kanallar şeklinde olabilir. Alternatif olarak tahliye noktaları fabrika tesisinin içinde kolaylıkla erişilebilir yerlerde olabilir. Adam girişlerinden numune alma söz konusu olduğunda güvenlik sebebiyle girişin, içine girmeden numune alınabilecek şekilde tasarlanmış olması tercih edilir.

Fabrika içerisinde evsel atıksuyun numuneye karışma ihtimali dikkate alınmalı ve bu yüzden numune alma yeri gerektiğinde bu tip atıklardan kirlenmeyi önleyecek şekilde seçilmelidir.

Çok çeşitli proseslerden gelen çıkış suları bir ortak ana boruda birleştiğinde temsil edici bir numune elde etmek için yeterince karışması gereklidir (TS EN ISO 5667-1, 2008).

2.5.4. Atıksu ve çamurlardan numune alma

Endüstriyel atıksu arıtım tesislerinde toksik metaller, radyoaktif maddeler ve biyolojik çamurlar gibi çok çeşitli kimyasal çamurlar oluşmaktadır. Bu tür çamurlardan numune alınırken uygun güvenlik tedbirleri alınmalıdır.

Kanalizasyon taşkın suyunun genellikle yumuşamamış ve çökmemiş heterojen yapısı donanımın tıkanmasına ve temsil edici bir numune alınmasında zorluklara sebep olur. Numune alma tekniği ve donanımı seçilirken bu heterojenlik dikkate alınmalıdır. (TS EN ISO 5667-1, 2008).

2.6. Numune Alma Zamanı ve Sıklığı

2.6.1. Düzenli aralıklarla numune alma

Sabit zaman aralıklarında numuneler, zamana bağlı, belirli bir aralık boyunca suyun toplanmasını başlatan ve bitiren bir zamanlama mekanizması kullanılarak alınır.

Her kaba aktarılacak hacim önceden belirlenerek sabit bir zaman aralığı için bir veya daha fazla kaba numune pompalanır. İlgilenilen parametreler zaman aralığını etkilemektedir.

Sabit akış aralıklarında numuneler ancak su kalitesi kriterlerinde değişimlerin çıkış suyu akış debisine bağlı olmadığı durumlarda alınabilir. Sıvı akışının her birim hacmi için zamana bağlı olmayan bir kontrol numunesi alınabilir.

2.6.2. Sürekli numune alma

Sabit debilerde sürekli numunelerin alınması istendiğinde, numuneler sabit akış debilerinde alınabilir. Ancak birçok durumda bu teknik, numune alma zaman aralığı boyunca belirli parametrelerin derişimde oluşan değişimler hakkında bilgi sağlamaz.

Numuneler, aynı zamanda numune alınan suyun akışı ile orantılı, değişken numune akış hızlarında alınabilir. Bu durumda toplanan akışla orantılı numuneler toplam su kütlesinin kalitesini temsil eder.

Akış ve bileşimin her ikisinin de değiştii durumda numunelerin ayrı olarak kalması ve bileşimdeki değişimleri ayırt etmeye yetecek sayıda numune alınması şartıyla akışla orantılı numuneler, anlık numunelerin kullanılmasıyla gözlemlenemeyecek değişimleri ortaya çıkarabilir. Sonuç olarak bu yöntem, akış hızının ve ilgilenilen kirleticilerin derişiminin büyük oranda değişkenlik gösterdiği akan sulardan en kesin numune alma yöntemidir.

Numune alma zamanı seçiminde iki faktör göz önünde tutulmalıdır:

- a) Numune almanın amacı, örneğin birkaç 24 saatlik dönemin üzerindeki akışta ortalama organik yükün tahmin edilmesi gerekli olabilir. Bu durumda günlük akışa uygun kompozit numune alma yeterli olabilecektir.
- b) Numunenin kararlılığı, a' da verilen örnekte çalışılan numunedeki organik unsurun bozulabilmesi nedeniyle bileşik dönemi 24 saatten daha fazla uzatmak pratik olarak gerekli değildir.

Toplam numune alma dönemi uçucu organik maddeler izlendiğinde birkaç saat ile, kararlı inorganik madde çeşitleri izlendiğinde birkaç güne kadar değişebilir. Gün veya hafta sayısı ve aralıklar belirlendikten sonra, numunelerin daima özel bir günde alınması veya sistematik olarak haftanın belirli bir gününün ihmal edilmesi gibi herhangi bir sistematik hata riskine yol açmaması sağlanmalıdır (TS ISO 5667-10, 2002).

Numune alma şekilleri ve numune alma sıklığı, amaca ve numunenin alındığı kaynağa göre farklılıklar gösterir. Normalde su kalitesinin değişebileceği zaman aralıkları hakkında bilgi gereklidir.

Bir tesisin devreye alınması, bir nehirdeki sel, taşkın veya alg patlaması durumları gibi anormal şartlarda numune alma sıklığını arttırmak gerekli olabilir. Uzun vadeli eğilimler hesaplanırken bu numunelerden elde edilen sonuçlar, ancak artan sıklık için tolerans konulması, bu numunelerin zamana bağlı ağırlıklandırılması ve böylece daha sık numune alma periyodu için uygun bir ağırlık belirlenmesi kaydıyla kullanılmalıdır (Tabuman, 1995).

Numuneler en az çaba harcanarak kaliteyi ve kalitenin değişimini yeterince temsil eden zamanlarda alınmalıdır. Numune alma sıklığı, su kalitesine ve yıllık kalite değişimlerine, su kaynağına karışan suların ve atıksu deşarjlarının kirlilik durumuna, suyun hidrolojik karakterine, ekolojik duruma, kullanım amacına bağlı olarak belirlenir. Kalitenin sürekli kontrol edilmesi gereken durumlarda her gün numune alınabilir (S.K.K.Y., 2010).

Numune alma sıklığı aşağıdaki değişim durumlarına göre belirlenir:

- Günlük değişimler, (gün içerisinde değişebilirlik)
- Haftanın günleri arasındaki değişimler,
- Haftalar arasında değişimler,
- Aylar ve mevsimler arasında değişimler.s

2.7. İzlenilecek Parametrelere Göre Numune Alma

Alıcı ortamların izlenmesi sırasında numune alma noktalarının belirlenmesi dışında dikkat edilecek noktaların başında analiz edilecek parametrelerin belirlenmesi gelir. İzlenilecek parametreler amaca göre değişir. Örneğin küçük koy ve körfezlerde ötrofikasyona neden olan parametrelerin izlenmesi önem kazanırken, herhangi bir deşarjın yapıldığı deniz ortamında, deşarjın sebep olabileceği etkileri tespit edecek parametrelerin izlenmesi önem kazanabilir.

Bunların yanı sıra doğal yaşama zarar ve toksik etki yapan, birikime neden olan ağır metal, PCB (poly chlorinated biphenyls), deterjan gibi parametreler de kirlilik araştırmaları açısından sürekli takibi gereken parametrelerdir.

Alıcı ortamlardaki izleme çalışmaları masraflı ve uzun süreli araştırmaları gerektirir. Bu bakımdan bu araştırmalara başlamadan önce yapılan planlama sırasında araştırmanın amacı iyice belirlenmeli daha önce yapılmış araştırmalar varsa bunlarla ilgili veri ve bilgiler toplanmalı, bu çalışmaların sonuçlarına göre izlenecek parametreler ekonomik olarak belirlenmeli ve numune alma sıklığı optimum olacak şekilde seçilmelidir.

alışmalar sırasında elde edilen veriler belirli periyotlar içinde gözden geçirilmeli ve daha önceden planlanmayan ve öngörülmeyen durumların oluşması halinde izleme programı revize edilmelidir (Tabuman, 1995).

2.7.1. Bakteriyolojik numune alma işlemi

Bakteriyolojik numuneler en az 150 ml'lik özel kahverengi şişelere alınmalıdır. şişe ve kapaklar steril olmalıdır. şişe ve kapakların steril edilmesi için tek ve en emin usul en az 1 saat 170°C de etüvde ısıtılmasıdır. Metal kaplar içindeki cam malzemenin sterilizasyonu için en az 2 saatlik bir ısıtma süresi gereklidir. şişe kapaklarının kirlenmeden korunması için sterilizasyondan önce kağıda sarılması ve kullanılacağı zaman açılması gereklidir.

Bakteriyolojik numuneler alındıktan sonra hemen soğuk bir ortama (4°C) konulmalı ve nakliye sırasında buz kutusunda saklanmalıdır. Bakteriyolojik numuneler mümkün olduğu kadar çabuk laboratuara ulaştırılmalı ve analize alınmalıdır. Bu süre hiçbir zaman 24 saati geçmemelidir. Bakteriyolojik numuneler bir musluktan en az 5 dakika akıtılmalı ve şişe doldurulmadan önce musluk ağzı alev ile yakılarak steril edilmelidir.

Akarsu ve rezervuarlardan numune alınırken şişe yüzeyin yaklaşık 20 cm altına batırılmalı ve ağzı akıntı yönüne ters olarak hafifçe eğimli olarak tutulmalıdır (Tabuman, 1995). Mikrobiyolojik analizler için numune alındıktan sonra numune şişesinin 1/10luk kısmı boş bırakılır (S.K.K.Y., 2010).

Bazı parametreler çok özel numune alma yöntemleri gerektirmektedir. Cryptosporidium ve Giardia araştırması 50 ile 100 litre arasındaki hacimler ile çalışılmasını gerektirmektedir ve genelde alanda kullanılan filtre kartuşları ile filtrelenmektedir (İstanbul Hıfzıssıhha Enstitüsü Müdürlüğü, 2008).

2.7.2. Radyoaktivite için numune alma işlemi

Vaks kaplı veya plastik kaplar radyoaktif numunelerin alınmasında tercih edilir. Çünkü cam veya metal kapların absorplayıcı özelliği daha fazladır. Radyoaktivite çözültide veya askıdaki katı maddelerde bulunabilir. Çözünmüş kısım ile askıdaki katılar arasındaki radyoaktivite dağılımının değişmesini önlemek için numune süzülmeden önce hiçbir koruyucu kimyasal madde ilave edilmemelidir. Radyoaktivite yüksek ise numune alma boyunca koruyucu bir elbise kullanılması önerilmektedir (Tabuman, 1995).

2.7.3. Kimyasal numune alma işlemi

Kimyasal analizler için en az 2 litre numuneye ihtiyaç vardır (Mortimer, Müller And Liess, 2006). Bu miktar suların normal kimyasal analizleri için yeterlidir. Ayrıca zehirli maddelerin tayini gerekiyor ise alınacak numune en az 15 litre olmalıdır. Şişe numune almadan önce numune alınacak su ile en az üç kez çalkanır. Su, renksiz ve kimyasal olarak temiz camdan yapılmış şişelere konulmalı ve şişelerin ağzı sağlam bir şekilde temiz bir kapakla sıkıca kapatılmalıdır.

2.8. Numunelerin Korunması

Bir örnekleme stratejisi; seçimi, toplanması, muhafaza, taşıma ve örneklerin saklanması için bir prosedür olarak tanımlanmaktadır. Örnekleme stratejisi çalışma alanı ve soruşturmanın hedeflerine bağlıdır (Wurl, 2009). Eğer numune alma sırasında bazı koruyucu maddeler ilave edilecekse, bunlar en başından numune kabına konur ve kompozit numune bu kaptaki hazırlanır (Mortimer, Müller And Liess, 2006). Atıksu numunelerinin korunmasının en yaygın yolu, sıcaklığın 0 °C ile 4 °C arasında tutulmasıdır. Numuneler bu sıcaklıklar arasında tutulduğunda ve karanlıkta depolandığında genellikle bozulmaz (TS ISO 5667-10).

Belirli maddelerin (O₂, toplam siyanür ve sülfür tayinleri gibi) korunması için gerekli olan belirli reaktifler numunenin alındığı yerde kararlı hale getirilmesini gerektirir. Kullanılan koruyucuların yapılacak analiz ile herhangi bir girişim yapmaması esastır, bundan dolayı şüphe durumunda uygunluğu kontrol etmek amacıyla deneyler yapılması gereklidir.

Koruyucu çözeltiler ilave edilmiş numunelere yapılacak herhangi bir seyreltme işlemi analiz ve sonuçların hesaplanması sırasında dikkate alınmalıdır. Küçük hacimlerin yeterli olması için numunelere koruyucu ilâvesinde derişik çözeltiler kullanılması tercih edilir. Numuneyi olumsuz etkileyebilecek olan lokal ısınmalar ortaya çıkabileceğinden dolayı sodyum hidroksit gibi katı koruyucular kullanılmasından kaçınılmalıdır (TS EN ISO 5667-3, 2007).

Reaktiflerin ilâve edilmesi maddelerin kimyasal veya fiziksel yapılarını değiştirebilir, bu değişikliklerin daha sonraki tayinlerin amacıyla uyumsuz olmadığını belirtir. Örnek olarak asit ilâvesi koloidal maddeleri veya katıları çözer. Bundan dolayı, analizin amacının çözünmüş madde miktarının tayini olduğu durumda asitlendirme, sadece bu amaçla ve ihtiyatlı olarak kullanılmalıdır.

Çözünmüş iyonlar için numunenin koruyucu ilâvesinden önce süzülmesi gereklidir. Benzer şekilde, analizin amacının numunenin suda yaşayan hayvanlara zararının tayin edilmesi olduğu durumda da ihtiyatlı olunmalı ve (özellikle ağır metal bileşikleri iyonik halde çok daha fazla toksik olduğundan dolayı) numuneler olabildiğince çabuk analiz edilmelidir.

Özellikle eser elementlerin tayininde, koruyucuların, parametrelerde sebep olabileceği değişikliklerin de hesaba katılabilmesi için bir tanık deney yapılması gereklidir. Mesela asitler, arsenik, kurşun ve civa derişimine önemli miktarda katkı yapabilir. Böyle durumlarda su numunelerinin hazırlanmasında kullanılan koruyuculardan daha sonra yapılacak tanık deneyler için numuneler ayrılmalıdır. Alınan numunelerde kullanılan koruma maddeleri çoğunlukla numune ile reaksiyona gireceğinden analizler derhal yapılır.

Numunelerin alındığı ve saklandığı kaplar özenle seçilmelidir (Getz, 1994). İçlerinde birikimlerin ve biyolojik büyümelerin oluşmasını önlemek için numune alma araç gereçleri ve şişeleri her gün temizlenir. Numune alındıktan sonra, şişenin ağzı kapakla kapatılır, genellikle kapak ile suyun üst yüzeyi arasında hava kalmaması gerekmektedir.

İstenen analizin türüne göre her bir numune ayrı saklama ve koruma işlemine tabi tutulur. Çoğunlukla, volümetrik veya gravimetrik testlerde girişim yapmayan, az miktardaki bulanıklığın suda bulunmasına müsaade edilir. Suda az miktarda bulanıklık ve askıda katı madde mevcut olduğunda, numune filtre edilemez. Basınç altında toplanmış ve halen basınç altında bulunan sıcak numuneler laboratuvarında soğutulur. (S.K.K.Y., 2010).

EK 1, EK 2, EK 3 ve EK 4'de Türk Standartları Enstitüsü'nde belirtilen fizikokimyasal, radyokimyasal, kimyasal, biyolojik analizler ve çoklu tayinlerde kullanılacak muhafaza teknikleri tablo halinde açıklanmıştır.

2.9. Numunelerin Taşınması ve Depolanması

Boş kapların numunelerin alınacağı yere ve dolu numune kaplarının analiz için laboratuvara taşınmasında çok dikkatli olunmalıdır. Numune kaplarının taşıma süresince olası hasarlara karşı, sentetik köpük, oluklu mukavva vb. gibi çeşitli malzemedan yapılmış taşıma kapları kullanılmalıdır (TS EN ISO 5667-3, 2007).

Numune kabı seçiminde göz önünde tutulması istenilen faktörler şunlardır:

- Kırılmaya karşı yüksek dayanıklılık,
- Yüksek sızdırmazlık özelliği,
- Yeniden açılabilme kolaylığı,
- Yüksek sıcaklıklara dayanıklılık,
- Kullanışlı boyut, biçim ve kütle,
- Temizlenmeye ve yeniden kullanılmaya uygunluk,
- Temin kolaylığı ve maliyet.

Renkli kapaklar önemli miktarda ağır metaller ihtiva eder (Mortimer, Müller And Liess, 2006). İlk defa kullanılacak yeni kapların, tozlardan ve ambalaj malzemesi kalıntılarında arındırılması için deterjanlı su ile yıkanması ve arkasından uygun kalitedeki suyla iyice durulanması gerekebilir. Muhafaza tekniğinin bir gereği olarak dondurulacak olan numunelerde, numune kapları tamamen doldurulmamalıdır (Getz, 1994).

2.10. Numuneler Üzerindeki Ön İşlemler

Askıdaki katı maddeler, tortu, alg ve diğer mikroorganizmalar, ya numunenin alınması sırasında veya hemen sonrasında, numunenin süzgeç malzemesinden (kağıt, politetrafloroetilen veya cam gibi) süzülmesi veya santrifüjlenmesi ile uzaklaştırılır. Analiz edilecek maddelerden bir veya birkaçının süzgeçte kalacağı durumda elbette ki süzme uygulanamaz. Alternatif olarak numunenin süzülmesinin sebebi, tayin edilecek maddenin (çözünabilen ve çözünemeyen metal kısımlar gibi) çözünabilen ve çözünemeyen kısımlarının belirlenmesi de olabilir. Membran süzgeçler, birçok ağır metal ve organik bileşiğin membran süzgeç yüzeyinde adsorbe edilebileceği ve membran süzgeçteki çözünabilir bileşiklerin (yüzey aktif maddeler gibi) numuneye geçebileceği uyarısı ile birlikte dikkatli kullanılmalıdır.

2.11. Numunedeki Kontaminasyon Durumu

Numune alma sırasında kontaminasyonun önlenmesi önemlidir. Muhtemel kontaminasyon kaynaklarının tamamı dikkate alınmalı ve gerektiğinde uygun şekilde kontrol edilmelidir. Olası kontaminasyon kaynakları aşağıda verilmiştir:

- Numune kaplarında, hunilerde, kaşıklarda ve spatulalarda ve diğer donanım üzerinde daha önceki numunelerden kalan kalıntılar,
- Numune alma sırasında numune alma sahasından kaynaklanan kontaminasyon,
- Hunilerin, koruyucu ilave edilmiş numunelerden kirlenmesi,
- Numune kapaklarının toz veya su ile kontaminasyonu,
- Şırınga tüplerinin kirlenmesi ve süzgeç maddesinden kirlenme,
- Eller, parmaklar ve eldivenler ile numuneye yapılan genel işlemler sırasında kirlenme,

- Uygun olmayan numune alma donanımı, şişesi ve süzme aletlerinden kirlenme,
- Bozulmuş reaktiflerden kirlenme.

2.11.1. Numunedeki kontaminasyonun kontrolü

Kontaminasyonun kontrolü aşağıdaki faaliyetlerle sağlanabilir:

- Numune alma sahasında hatalı müdahalelerden kaçınılmasına dikkat edilerek,
- Donanım iyice yıkanarak,
- Koruyuculu alt numuneler alındıktan sonra hunilerin iç ve dış yüzeyleri yıkanarak,
- Şişe kapakları ve tıkaçları güvenli bir şekilde muhafaza edilerek,
- Numune ile parmaklar el veya eldivenin temas etmesinden kaçınarak,(bu durum kabın iç yüzeyine, kenarlarına ve kapağına kesinlikle temas edilmemesi gereken mikrobiyolojik amaçlı numune alma işlemlerinde özellikle önemlidir)
- Her bir numune veya numune şişesinde yaprak veya kalıntı gibi büyük parçalar bulunmadığı kontrol edilerek (bunlar görüldüğünde numune atılır ve yeni bir numune alınır) (TS EN ISO 5667-1, 2008).

2.12. Numune Almayı Etkileyen Şartlar ve Dikkat Edilecek Durumlar

Numune alma sırasında bir takım problemler oluşabilir. Problemlerin oluşmaması için dikkat edilecek durumlar bu bölümde açıklanmıştır.

Numune alma programları numune almada kullanılan donanımın etkinliğini etkileyebilecek numunenin niteliğinde değişikliğe sebep olabilecek, kısa ve uzun zaman aralıklarındaki sıcaklık değişimlerini dikkate alacak şekilde tasarlanmalıdır.

Akış, düzenli akıştan türbülanslı akışa veya bunun tersine dönüşebilir. İdeal olarak numuneler türbülanslı, iyi karışmış sıvılardan, numunelerin çözünmüş gazlar ve uçucu maddelerin tayini için toplandığı durumlar hariç türbülans oluşturularak derişimin değiştirilebildiği düzgün akışlarda mümkün olduğu durumda türbülans oluşturulduktan sonra alınmalıdır. Yatay borulardan numune alınmasından kaçınılmalıdır. Heterojen sıvılardan numune alınacağında en az 25 mm anma çapındaki borular kullanılmalıdır.

Çözünmüş kirleticiler, katılar, uçucu maddeler veya yağlı yüzey katmanları gibi maddelerin ayırık ve sığ birikintileri oluşabilir. Bunlar geçerli ve temsil özelliği bulunan numuneler üretmek üzere tasarlanmış herhangi bir numune alma programı ile yakalanmalıdır.

Paslandırıcı ve aşındırıcı sıvılardan numune alındığında bu şartlara dayanım dikkate alınmalıdır.

Uçucu bileşenler için numune alınırken özel dikkat gösterilmelidir. Numune alınacak madde en düşük emme kuvveti ile pompalanmalıdır. Tüm borular numune alınan su ile tamamıyla doldurulmalı ve toplanan numunenin temsil edici olduğundan emin olmak için bir miktar maddeyi boşa akıttıktan sonra basınçlı borudan numune alınmalıdır.

Toksik sıvıların veya dumanların bulunabildiği ve patlayıcı buharlar oluşabilecek durumlarda numune alınırken her zaman dikkatli olunmalıdır (TS EN ISO 5667-1, 2008).

Numune, hızın en yüksek ve katıların çökme ihtimalinin az olduğu yer olan kanalın orta kısmından alınmalıdır. Fazla miktarda yüzücü madde alınmasından sakınmak için numune kabının ağzı yüzeyin 30-40 cm aşağısına daldırılmalıdır.

Alınan numunenin hacmi istenilen tüm analizlerin yapılmasını sağlayacak ve ilaveten hatalı yapılan analizlerin tekrarlanmasına yetecek miktarda olmalıdır. Düşük numune miktarı 1-2 litre arasındadır. Kompozit yapmak üzere alınan anlık numunelerin miktarı en az 25-100 ml olmalıdır. Numune alma sıklığı ve anlık numune alma hacmine bağlı olarak toplam kompozit numune hacmi 2-4litre olmalıdır.

Numuneler analiz edilecek parametrelerdeki özelliklerin değişmemesini garanti edecek bir yöntem ile saklanmalıdır. Soğutma, bazı durumlarda gerekli olabilir. Numunenin bekletilmesi analizi istenen özel bir parametre için sakıncalı ise, bu tip parametrelerin analizi için ayrı numune alınması ve bu numunelerin önerilen tekniklerle korunarak saklanması ya da derhal analiz edilmesi tavsiye edilir.

Toplanan her bir numune için, numune şişesi veya kabı üzerinde gerekli açıklamaların yazılacağı bir etiket konulur (Getz, 1994). Numunenin daha sonra laboratuara getirildiğinde kolayca tanınabilmesi için, numuneyi alanın adı, alındığı tarih ve saat, numunenin alındığı yer ve bunlar gibi gerekli hususlar etiket üzerine kaydedilir. (Madrid and Zayas, 2007). Ayrıca bu etikette,

- × Süre ve hacme ait bilgiler ve numune alma yöntemi (anlık ya da kompozit)
- × Laboratuvara gelme sırasında değişebilmesi nedeniyle arazide analizi yapılan veya gözlenen pH, sıcaklık, görünüş gibi özelliklere ait bilgiler
- × Numune almanın başlama ve bitiş tarihi
- × Numune almanın amacı,
- × Numune alma noktasına ilişkin ayrıntılar, numune cinsi (insan tüketimine yönelik su, atıksu gibi)
- × Hava şartları,
- × Saha gözlemleri,
- × Su sıcaklığı,
- × Koruma dahil uygulanan herhangi bir ön işlem hakkında bilgi (TS EN ISO 5667-1, 2008) belirtilmelidir.

2.13. Numune Alma Donanımları

Numune, el ile (manuel) veya otomatik (cihaz ile) olarak alınır. Elle veya otomatik numune alma, numuneyi alacak kişiye, numune alınacak ortama veya ekonomik durumlara bağlıdır.

2.13.1. El ile numune alma donanımı

Yüzey numuneleri almak için en basit donanım bir kovadır veya suya daldırılan ve dolduktan sonra dışarı çekilen geniş ağızlı bir şişedir. Araştırılan problemin yapısı toplanacak numune tipini belirler. En iyi uygulama, numunenin doğrudan numune kabına alınmasıdır. Uygulamada ağırlık bağlanmış bir şişe, kapağı kapatılarak suya daldırılır. Önceden belirlenmiş bir derinlikte kapağı açılır ve şişenin dolması sağlanır. Dolduktan sonra yukarı çekilir. Hacim 100 ml'den az olmamalıdır. Kompozit numunelerin hazırlanması için elle alınmış numuneler kullanılıyorsa

kova, kepçe veya şişenin hacmi iyi belirlenmeli ve $\pm\%5$ doğruluk sınırları içerisinde olduğu belirlenmelidir (TS EN ISO 5667-1, 2008).

El ile numune almanın en büyük avantajı numune alma sırasındaki alışılmamış durumların numune alan kişi tarafından gözlenebilmesidir. Kesikli boşaltmalarda anlık numuneler genellikle elle alınır.

2.13.2. Otomatik numune alma donanımı

Ölçme aleti, tek başına ya da diğer ekipmanlarla birlikte, bir ölçümü gerçekleştirmek için tasarlanmış cihazdır (Gülal ve Deniz, 2005). Elle müdahale olmadan numune serileri toplanabildiğinden, otomatik numune alma donanımı birçok numune alma işleminde kullanılabilir. Bu durum zamana bağlı kalitedeki değişimlerin ve kompozit numunelerin çalışılmasında bilhassa önemlidir. Otomatik numune alıcıların avantajı; elle numune almada yapılması mümkün ve doğal olan hataların en aza indirilmesidir.

Otomatik numune alıcılar için yapılan harcamalar, elle numune almak için gerekli eleman ihtiyacından sağlanan tasarruf ile dengelenebilir. Makinenin seçimi numune alma işleminin özelliğine bağlıdır. Basit otomatik makineler, numunelerin önceden belirlenmiş zaman aralıklarında alınmasına programlanabilir veya aşırı yağışla üretilen bir sinyalle çalışmaya başlatılabilir (TS EN ISO 5667-1, 2008). Atık konsantrasyonunun büyük değişimler gösterdiği durumlarda otomatik numune alıcıların kullanılması düşünülmelidir.

Numune alma cihazı çeşitli gereksinimlerini karşılamalıdır (Wurl, 2009). Otomatik numune alma aletinde aranan özellikler aşağıda belirtilmiştir:

- Sağlam bir yapı ve hareketli parçaların en az sayıda olması,
- Paslanmaya ve suya dayanım,
- Tasarımı, muhafazası ve kullanılması nispeten basit,
- Numuneyi numune kaplarına koymaya uygun ve taze numuneleri alabilecek hatları mevcut olan,
- Çalışması katı maddelerle engellenmeyen,
- Doğru hacim veren,

- Elle kullanılan aletlerle alınan numune sonuçları ile uygunluk sağlayan,
- Akış oranlı ve/veya zaman bileşik numune alma yeteneği olan,
- Minimum iç çapı 12mm olan ve katı maddelerin toplanmasını ve tıkanmayı önleyici eleği bulunan,
- Farklı şişelere aynı miktarda sıvı dağıtabilen,
- Arazi numune alımları için, alternatif ve doğru akımla çalışabilme yeteneği, doğru akımla 120 saate kadar çalışabilecek bir güç kaynağı patlamalara karşı garantili, (TS 5090)
- Numune kirlenmesine sebep olmayacak malzemeler kullanılan,
- Kolayca temizlenmesi mümkün olan, yüzeyleri pürüzsüz olan, akışı etkileyebilecek dirsek gibi kısımları olmayan ve mümkün olduğunca az sayıda musluğu ve vanası olan (numune alıcıların tamamının sistematik hata oluşturmadığı kontrol edilmelidir),
- Kullanılacağı su numunesine uygun şekilde tasarlanmış olan (örneğin kimyasal, biyolojik ve mikrobiyolojik analizler için gibi)
- Numune kaplarına dağıtılan hacimlerin doğruluk ve kesinliği, amaçlanan hacmin asgari %5'i olmalı,
- Zaman aralığı, farklı numuneler arasında 5 dakikadan 1 saate ayarlanabilmelidir.

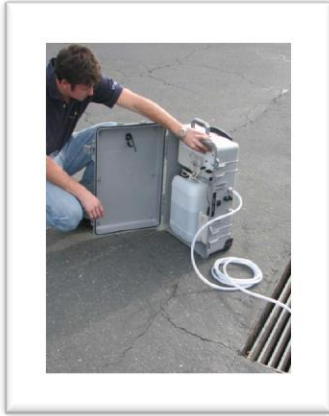
Cihazlar çeşitli tiplerde olup, tek hazneli ve çok hazneli modeller mevcuttur. Cihazın numune alma hattı örnekleme yapılacak yere uygun şekilde yerleştirilmelidir. Numune; arıtma tesisinin çıkışından alıcı ortama kadar olan en uygun yerden alınmalıdır. Öncelikli tercih alıcı ortamın olduğu yerdir. Otomatik numune alıcılarına örnek olarak Şekil 2.9, Şekil 2.10 ve 2.11'deki numune alıcıları gösterilmiştir.



Şekil 2.9. Anlık numune alma cihazı (Broadwell, 2001)




Şekil 2.10. ISCO anlık ve kompozit numune alma cihazı



Şekil 2.11. Su örnekleme cihazı (Global water instrumentation resource book, 2010)

Çizelge 2.1. Su örnekleme cihazlarının ölçüm prensipleri ve özelliklerinin tablo halinde gösterilmesi

Adı	Fotoğrafi	Güç Kaynağı	Örnekleme Prensibi	Örnekleme Hacmi	Örnekleme Kontrolü	İşlem Sıcaklığı	Ağırlık	Kontrol	Programlama Ünitesi	Boyut
XIAN 1000		Bakım gerektirmeyen şarjli saklama pili, 12 Volt / 7 Ah Tampon	Vakum	5-500 ml	Zaman, olay ve akış-orantılı örnekleme	0 °C ~ 60°C	10-20 kg, şişe opsiyonuna bağlı olarak	4 Düğme kontrollü mikro işlemci	2 X 16 Karakter LCD'li çıkartılabilir modül	

ISCO GLS		Batarya ve adaptör 220 Volt kullanım	Harici 12 VDC veya 120/240 VAC	Vakum,patentli pompa devir savici	10~9990 ml	Zamana, debiye,olaylara tekdüze,karışık	0°C ~ 49°C	12 kg	Yükseklik 67,3 cm Çap 41,9 cm	
ISCO Glacier					10~9990 ml	Zamana veya debiye göre	0°C ~ 49°C	28 kg	63 X 38 X 60 cm	
ISCO Avalanche					14x950 ml	Zaman, olay ve akış- orantılı örnekleme			Kolay kullanılabilir standart ve geliştirilmiş programlama	
MJK					20-500 ml	Manuel, debi, zaman orantılı				
WS Porti 12 T 2004			24 VDC 100-240 V AC		20 - 200 ml	Zaman, olay ve akış orantılı örnekleme	1°C ~ 55°C	13,5 kg- 18,5 kg	Modem GSM modem mikro işlemci LED ekran	430*415*290 mm

Bühler 4210		Bühler 4010		Bühler 1027		Bühler 1029		ISCO 6712	
230 V / 50 Hz, 10 A Sigorta	230 V / 50hz. 10 A sigorta, 2 kutuplu ve toprak fişli kablo	230 V / 50 Hz	Pil ile veya doğrudan elektrikle çalışabilir. 12 V/0.8 A Şarjlı Pil	Model 946 lead-acid rechargeable batarya model 923 doğrudan çalıştırma ve batarya	Vakum	Vakum	Vakum	Vakum	Vakum
Vakum	Vakum	Vakum	Vakum	Vakum	Vakum	Vakum	Vakum	Vakum	Vakum
20-500 ml	20-350 ml	20-350 ml	20-350 ml	20-350 ml	20-350 ml	20-350 ml	10-9990 ml	10-9990 ml	10-9990 ml
Zaman ve akış oranlı (sabit)	Zaman, olay ve akış oranlı	Zaman ve akış oranlı (sadece pulsler)	Zaman, olay ve akış oranlı	Zaman, olay ve akış oranlı	Zaman, olay ve akış oranlı	Zaman, debiye,olaylara,tekdüz e,karışık	0°C ~ 49°C	0°C ~ 49°C	0°C ~ 49°C
-20°C~40°C	-20°C~ 40°C	0°C~ 40 °C	0°C - 40°C	0°C - 40°C	0°C - 40°C	0°C ~ 49°C	0°C ~ 49°C	0°C ~ 49°C	0°C ~ 49°C
90 kg	90 kg	8 kg	13 kg	8 kg	13 kg	14 kg	14 kg	14 kg	14 kg
Mikroişlemci (membran tuştakımı)	Mikroişlemcili menü kontrolü arka aydınlatmalı 4*20 karakter LCD ekranı	3 Düğme kontrollü	Mikro işlemci bazlı, 4*20 karakter arka aydınlatmalı LCD	Mikro işlemci bazlı, 4*20 karakter arka aydınlatmalı LCD	Mikro işlemci bazlı, 4*20 karakter arka aydınlatmalı LCD	Mikro işlemci bazlı, 4*20 karakter arka aydınlatmalı LCD	Mikro işlemci bazlı, 4*20 karakter arka aydınlatmalı LCD	Mikro işlemci bazlı, 4*20 karakter arka aydınlatmalı LCD	Mikro işlemci bazlı, 4*20 karakter arka aydınlatmalı LCD
6 Adet, kullanıcı programlamalı	6 Adet kullanıcı seçmeli işletim programı	6 Adet kullanıcı seçmeli işletim programı	6 Adet kullanıcı seçmeli işletim programı	6 Adet kullanıcı seçmeli işletim programı	6 Adet kullanıcı seçmeli işletim programı	6 Adet kullanıcı seçmeli işletim programı	6 Adet kullanıcı seçmeli işletim programı	6 Adet kullanıcı seçmeli işletim programı	6 Adet kullanıcı seçmeli işletim programı
1290*710*660 mm	1290*710*660 mm	310*290*220 mm	400*405*230 mm	310*290*220 mm	400*405*230 mm	400*405*230 mm	400*405*230 mm	400*405*230 mm	400*405*230 mm
1290*710*660 mm	1290*710*660 mm	310*290*220 mm	400*405*230 mm	310*290*220 mm	400*405*230 mm	400*405*230 mm	400*405*230 mm	400*405*230 mm	400*405*230 mm
Yükseklik 70,1 cm Çap 45,1 cm	Yükseklik 70,1 cm Çap 45,1 cm	Yükseklik 70,1 cm Çap 45,1 cm	Yükseklik 70,1 cm Çap 45,1 cm	Yükseklik 70,1 cm Çap 45,1 cm	Yükseklik 70,1 cm Çap 45,1 cm	Yükseklik 70,1 cm Çap 45,1 cm	Yükseklik 70,1 cm Çap 45,1 cm	Yükseklik 70,1 cm Çap 45,1 cm	Yükseklik 70,1 cm Çap 45,1 cm

WS 755		Şarj Edilebilir Batarya 5 AH	Peristaltik pompa	50-2000 ml		0 ° ~ 70 °C	13.6 kg				56x45,7x25,4cm
WS 705		Şarj Edilebilir Batarya 5 AH	Peristaltik pompa	50-2000 ml		0 ° ~ 70 °C	11.7 kg				56*45,7*25,4 cm
SP 250		12 VDC 2A	Peristaltic, Masterflex pompa				4,1 kg				36*30,5*15 cm
SP 200		12 VDC 2A değişik akış hızlarında	Peristaltik Pompa				2,7 kg				23*19*11,4 cm
SP 100		Şarj edilebilir batarya 5 AH					3,2 kg				23*19*11,4 cm
WS 700r		12 V Şarj Edilebilir Batarya 120 V AC		50-2000 ml		0 ° ~ 70 °C	19 kg	Fiyatı: 1500\$			68*51*51 cm
WS700-750		Şarj Edilebilir Batarya 5 AH	Pompa	50-2000 ml		0 ° ~ 70 °C	11 kg	1200\$			56*43*23 cm
ISCO 3700			Pompa	Zamana, akıma ve yağış						NEMA 4x ve 6 (IP67) kontrolör	

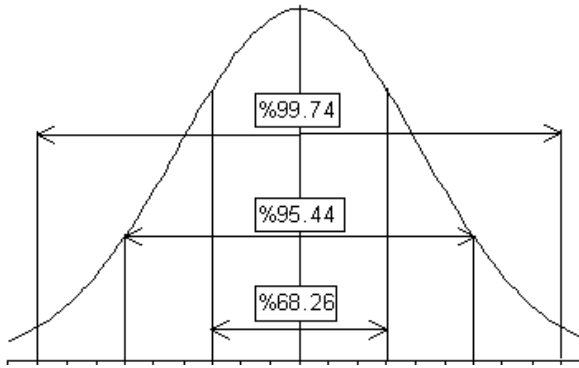
2.14. Numune Almada İstatistiksel Parametreler

Herhangi bir analitik ölçümün istatistiksel kontrol altında olması, sonuçların güvenilir olduğu ve belirtilen kesinlik içinde sağlaması açısından çok önemlidir (Wurl, 2009).

Cisimlerin ifade edilmesinde veya özellikleri hakkında, büyüklük olarak bilgi edinmek istendiğinde, belirli bir büyüklük veya birime göre yapılan işlem, ölçme olarak nitelendirilir. Ölçüm, bir nesnenin ne kadar ağır, ne kadar sıcak, ne kadar uzun olduğu ve daha fazlası hakkında bilgilendirme yapabilir (Bell, 1999).

Herhangi bir ölçme işleminde amaç, ölçülenin niceliğini hedeflenen/gereken doğrulukla ölçmeyi başarabilmektir. Hedeflenen doğruluğun, kullanılan ölçü aleti ile sağlanıp sağlanamayacağı konusunun yanıtı, ölçü aletinin özelliklerinde yatar.

Güven aralığı (confidence interval), gerçek ortalamanın hesaplanan güven aralığı içinde olma olasılığıdır (Şekil 2.12). %95 güven seviyesinde ve n sonuçlu bir numuneye dayalı olarak hesaplanan değişimin ortalama değeri için bir güven aralığı, bu aralığın %95 olasılıkla gerçek ortalamayı kapsadığı anlamına gelir (yani gerçek değer aralık dışında olma olasılığı sadece %5'tir). Çok sayıda numunenin etkin olarak alındığı durum için bu aralığın doğru ortalamayı kapsadığı durumların sıklığı %95 güven seviyesine yakın olacaktır (TS EN ISO 5667-1, 2008). Şekil 2.12'de güven aralıkları grafik ile gösterilmiştir.



Şekil 2.12. Güven aralıklarının grafik ile gösterimi (Cengizhan, 2001)

2.14.1. Kalibrasyon

Kalibrasyon, belirlenmiş koşullar altında, ölçme sisteminin veya ölçme cihazının gösterdiği değerler ile ölçülen büyüklüğün bunlara karşılık geldiği bilinen değerleri arasındaki ilişkiyi belirleyen işlemler dizisi olarak tanımlanmaktadır (Akdağ, 2005). Pratikteki en yaygın kullanımını esas alınırsa, bir ölçü aletine doğru ölçme yeteneği kazandırmak (ayar) ve/veya bu yeteneği test etmek (kontrol) işlemi kalibrasyon olarak tanımlanabilir. Kalibrasyon sonucu bazen bir kalibrasyon faktörü veya bir kalibrasyon eğrisi şeklinde ifade edilir.

2.14.2. Ölçüm belirsizliği

Ölçüm belirsizliği, ölçüm sonucu ile beraber yer alan ve ölçülen büyüklüğe makul bir şekilde karşılık gelebilecek değerlerin dağılımını karakterize eden parametredir. (0.46±0.08, 0.46±0.02, 0.4±0.1 gibi). Ölçüm sonucuna göre karar oluştururken, ölçüm sonuçlarını karşılaştırırken ve limitlere uygunluğa karar verirken önemlidir. Sonucu kullanacak kişiye, sonucun güvenilirliğini değerlendirme olanağı sağlar. Elde edilen sonucun pratik bir değer taşıması için güvenilirliği veya belirsizliğinin bilinmesi gerekir. Kaliteli ölçümler yapmak ve sonuçları çok iyi anlamak için ölçüm belirsizliği önemlidir (Bell, 1999).

Günümüzde, hatanın kesin olarak bilinen ve bütün şüphelenilen bileşenlerin hesaplanıp ve gereken bütün düzenlemeler yapıldıktan sonra bile, hala verilen sonucun doğruluğu konusunda belirsizliği olduğu yaygın bir şekilde kabul edilir.

Ölçme belirsizliğinin olası kaynakları için örnekler aşağıdaki gibidir:

- Ölçülenin eksik tanımı,
- Ölçülenin tanımının yetersiz uygulanması,
- Numunenin temsil niteliği olmaması,
- Çevre koşullarının etkisi konusunda eksik bilgi ve/veya gözlem,
- Personel nedeniyle oluşan sapmalar, (sistemik)
- Referans standartların ya da malzemelerin değerlerinin kesin olmaması,
- Başka kaynaklardan elde edilen hesaplama faktörlerinin ve parametrelerin değerlerinin kesin olmaması,
- Ölçme prosedüründeki yaklaşımlar ve varsayımlar (yöntem),

- Tekrar edilen gözlemlerdeki değişiklikler (arka plan gürültüsü) (Salchow, 2003).

Ölçüm cihazından kaynaklanan belirsizlik (U1), ölçüm metodundan kaynaklanan belirsizlik (U2) ve örnek alma ve hazırlamadan kaynaklanan belirsizlik (U3) arasındaki ilişki $U3 \gg U2 > U1$ olarak ifade edilir (Akdağ, 2005).

Tekrarlanabilirlik, bir ölçüm cihazı kullanılarak, aynı parça üzerinde aynı değişkenin aynı gözlemci tarafından birçok kez ölçülmesi sonucunda elde edilen sonuçların varyasyonudur. Tekrar eden ölçümler arasındaki fark, hassaslık olarak da bilinir, standart gerekmez, bir ölçüm sonucuna eklenebilir veya çıkarılabilir, ölçümleri rastlantısal olarak (randomly) etkiler. Tekrarlanan ölçümlerle elde edilen belirsizlik verisi ortalama ve standart sapma ile ifade edilir ve değerlendirilir. Rastlantısal belirsizlik bileşeninin saptanmasında tekrarlanan ölçümlerin sayısı 10'dan fazla olmalıdır. Tekrarlanan ölçümler dışında, başka yollarla elde edilen belirsizlik bileşenleri de, normal dağılım göstermeseler bile, standart sapma ve katları ile ifade edilebilir.

Ölçüm belirsizliğinin saptanmasında en önemli noktalardan birisi, kayıtların iyi tutulması, eğer bazı bileşenlerin değerlendirilmesinde tahminlerde bulunuluyorsa, bu tahminlerin objektif dayanaklarının belirtilmesidir.

Hangi ölçüm için olursa olsun, ölçüm belirsizliği kaçınılmazdır. İyi laboratuvar pratiği için ölçüm belirsizliğinin saptanması gereklidir. Ölçüm belirsizliği gerek laboratuvarda çalışana, gerekse test sonucunu kullananlara, sonucun kalitesi ve güvenilirliği hakkında değerli bilgiler sağlar.

2.14.3. Hata

Ölçüm hatası olmayan bir ölçüm şimdiye kadar yapılmamıştır. Ölçüm hatası, ölçüm sonucundan, ölçülen büyüklüğe ait gerçek değerle çıkarılmasıyla elde edilen gerçek değerdir. Gerçek değer, ele alınan belirli bir büyüklüğün tanımına karşılık gelen ve ancak ideal bir ölçüm ile elde edilecek bir değerdir.

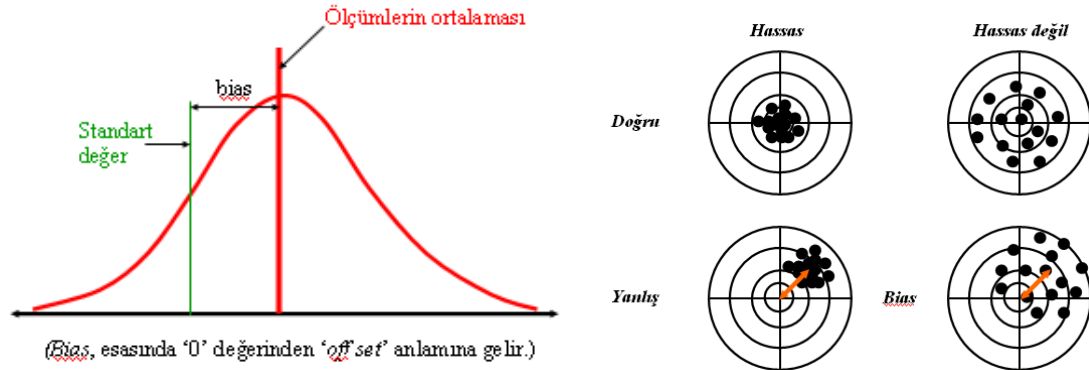
Ölçüm hatası, birinci derecede, ölçme cihazının çözünürlüğü ile sınırlıdır. Çözünürlük, bir gösterge elemanının, gösterge değerleri arasındaki anlamlı olarak algılanabilir en küçük fark olarak tanımlanır. Ölçüm sonucunda, şans eseri olarak

bile, mutlak değere ulaşma olasılığı düşüktür. Öyleyse amaç, ölçüm hatalarının tümünü elimine etmek veya ortadan kaldırmak değil, ölçümün yapılma amacına yönelik olarak, kabul edilebilir en düşük seviyeye ulaşmasını sağlamaktır. Bu amaca ulaşabilmek için, ölçüm hatalarının kaynağı ve tipi hakkında yeterli bilgiye sahip olmak gerekmektedir (Çoban, 2011).

Analitik kimyacılar rastgele ve sistematik hatalar arasında ayrım yapmaktadırlar (Wurl, 2009). Sistematik hata (SE, bias), rastgele hata (RE) ve toplam hata (TE) olmak üzere üç hata türü tanımlanır (Altınışik, 2008). Bias ve tekrarlanabilirliğin belirlenmesi aşağıdaki koşullarda gerçekleşir:

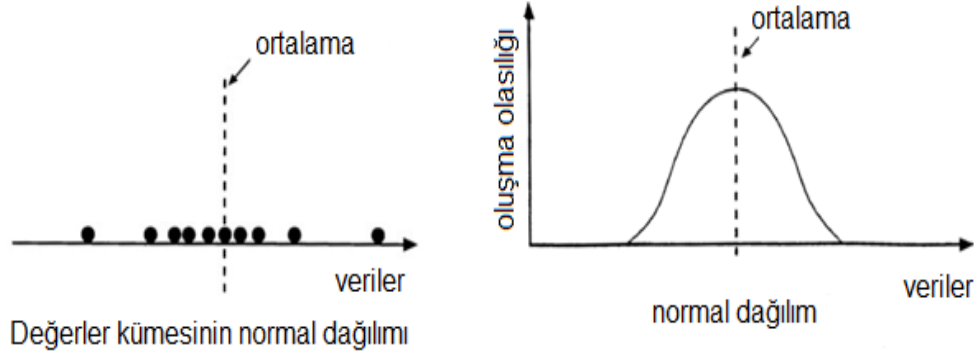
- Aynı gözlemci, aynı parça, aynı ölçüm cihazı,
- En az 10 (20 – 40 arası daha iyi) ölçüm.

Bias, ortalama değerden standart değer çıkarılması ile bulunur (Şekil 2.13.).



Şekil 2.13. Bias teriminin şekil ve grafik ile gösterimi kaynak (Motorcu, 2009).

Çoğu zaman, tekrarlanan ölçümlerle elde edilen sonuçlar, bir ortalama etrafında çan eğrisi görünümünde bir dağılım (normal dağılım) gösterir. Bu dağılımda sonucun ortalamaya yakın düşme olasılığı, uçlara düşme olasılığından çok daha yüksektir (Şekil 2.14.).



Şekil 2.14. Takım değerleri yayılması (Bell, 1999).

2.14.3.1. Sistematik hata

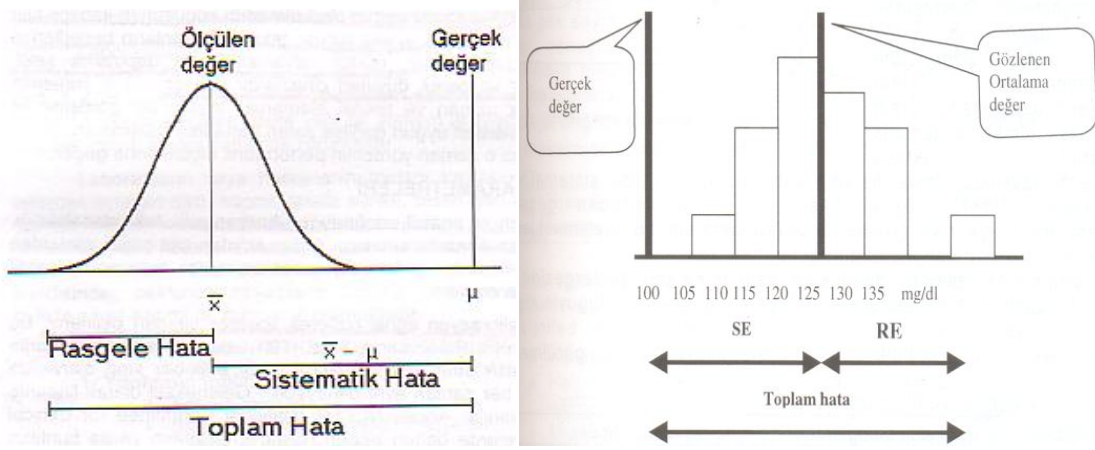
Sistematik hatalar çoğu zaman gizlidir ve zor tespit edilir (Wurl, 2009). Sistematik hata, kalibrasyon değişiklikleri, cihaz bozukluğu, kalibrasyonda kullanılan standartların değişikliği ve yanlış deney prosedürleri gibi etkenlerden kaynaklanır (Uzol, 2009).

Sistematik hata (SE), ölçülen değer gerçek değerden uzaklaşma derecesidir (bias).

2.14.3.2. Rastgele hata

Ölçüm sırasında karşılaşılan hataların bir bölümü rastlantısal hatalardır (değişkenlerdir). Bunlar, laboratuvar ortamı için sayacak olursak, sıcaklık değişimleri (örneğin enzim aktivitesi ölçümlerinde inkübasyon sıcaklığı), hava basıncı değişimleri (örneğin kan gazı ölçümleri), ölçüm yapan elemanın performansı gibi etkenlere bağlıdır. Aynı örnekte yapılan tekrarlanan ölçümlerle bu tür rastgele etkenlerin değişkenliği saptanabilir (Yücel, 2007).

Tekrarlanan ölçüm rastgele farklı sonuç verir. Eğer öyleyse, daha fazla ölçüm yapmak ve sonra ortalama hesaplamak gerekir (Bell, 1999). Şekil 2.15'de sistematik hata ve rastgele hata grafik ile gösterilmiştir.



Şekil 2.15. Sistematik hata ve rastgele hatanın gösterimi (Altınışik, 2008).

Kalitede sistematik veya rastgele aralıklarla değişiklikler oluyorsa aritmetik orta, standart sapma, maksimum değer ve yüzde değerler gibi istatistiksel parametreler için elde edilen değerler genellikle tahmin edilenden farklı, gerçek parametrelerin sadece bir tahmini olabilirler. Sadece rastgele değişimler durumunda bu tahminler ile gerçek değerler arasındaki farklar istatistiksel olarak hesaplanabilir ve bunlar numune sayısı arttıkça azalır.

2.14.3.3. Doğruluk hatası

Bir aletin kaç kere ölçme yapılırsa yapılsın gerçek veya tahmin edilmiş büyüklükten belirli bir miktar sapmasına o aletin doğruluğu denir. Diğer bir deyişle aletin doğruluğu, bilinen bir giriş değerinden bir miktar sapmayı gösterir. Doğruluk hatası sabit bir hatadır. Belirli bir sayıda ölçmenin ortalaması ile gerçek değer arasındaki fark olarak ifade edilir. Sistemik hatalardan kaynaklanır. Doğruluk kalibrasyon ile artırılabilir.

2.14.3.4. Kesinlik hatası

Bir aletin değişmeyen bir büyüklüğü art arda ölçüldüğünde daima aynı sayı ile ifade edebilme özelliğidir. Doğruluk hatası gibi sabit bir değer değildir. Rastgele hatalardan kaynaklanır.

2.14.3.5. A tipi ve B tipi hata

Tesadüfi bileşenlerin tahmini bir tip A analiz ile yapılabilir. Bu durumda aynı ölçümü birkaç kez yapmak gerekir. Tesadüfi belirsizliklerde önemli bir azalma isteniyorsa, ölçüm sayısının beşten az olmaması gerekir. Elde edilen verinin ortalama ve standart sapma değerleri hesaplanır. Standart sapma sonuçların dağılımı ile ilgili bir ölçüdür ve birimi ortalamanın birimi ile aynıdır.

Modern cihazlarda yirmi veya daha fazla sayıda ölçüm zor değildir ve iyi sonuçlar verebilir. Bir cihaz ile aynı ölçümün birden fazla tekrarlanamadığı durumda, cihaz kararsızlıkları için bir belirsizlik bileşeni tahmini yapılmalıdır. Bu bileşenin tahmininde, ilgili cihazın kararsızlığı ile ilgili önceki deneyimler veya benzer cihazlarla yaşanan deneyimler göz önüne alınabilir. Bu yöntem bir tip B analizidir (Bell, 1999).

2.14.4. Uyarı kontrol üst veya alt sınırı

Uyarı sınırları, işlem kontrol altında olduğunda, istatistiksel kontrol alanında, üst sınır altında veya alt sınır üstünde veya sınırlar arasında yüksek bir olasılıkta yer alan sınırlardır. Bir numuneden hesaplanmış istatistik değer, uyarı sınırlarının dışında ancak hareket sınırlarının içinde olduğu işlemlerde denetlemelerin artırılması genellikle gereklidir ve tedbir almak için kurallar konabilir. Uyarı sınırlarında kontrol dışı şartların meydana gelebileceğine dikkat edilmelidir. Ancak bundan başka tedbir gerekli değildir. Uyarı sınırları her zaman kontrol sınırları içinde yer almalıdır. Uyarı sınırları, sonuçların yalnızca % 5'i uyarı sınırlarının dışında kalacak şekilde belirlenir.

Belirli şartlar altında uyarı sınırlarının dışında kalan ardışık sonuçlar, varyasyon sebeplerinin var olduğunu ve hareketin belirlenip hataların azaltılmasının gerekli olduğunu gösterir. Uyarı sınırları, en az 20 adet numunenin standart sapmasından hesaplanır. Uyarı ve hareket kontrol sınırları, her bir numune grubunun sonuçlarına uygulanır (TS ISO 5667-14, 1999). Ölçüm sayısı, n , temsilci değerleri elde etmek için $n > 30$ olmalıdır (Mullins, 1994).

2.14.5. Numune alma işlemindeki hata kaynakları

Numune alma işlemindeki hata kaynakları,

- Bulaşma,
- Numunenin kararsızlığı,
- Uygun olmayan muhafaza,
- Hatalı numune alma,
- Homojen olmayan sulardan numune alma,
- Numunenin taşınması gibi işlemlerden kaynaklanır (TS ISO 5667-14,1999).

3. ÇALIŞMA YÖNTEMİ

Otomasyon, bir işin insan ile makine arasında paylaşılmasıdır. İnsan gücünün yoğun olduğu otomatik sistemler yarı otomasyon, makinenin yoğun olduğu sistemler ise tam otomasyon olarak adlandırılırlar. Sanayi devriminin başlangıcının aksine yakın geçmişimizde üretmek tek başına yeterli olmaktan uzaklaşmıştır. Tüm dünyanın açık bir pazar haline geldiği rekabetçi koşullarda üretimi; hızlı, standart, güvenli, nihayet verimli kılmak, bir zorunluluk haline gelmiştir. Endüstride bu zorunluluğun karşılığı otomasyondur.

Yapılan tez çalışmasında su kirliliği ve su kalitesinin izlenmesi amacıyla, otomatik numune alma sistemi geliştirilmiştir.

Sistemin temelini sabit miktarda sıvı alımının gerçekleştirilmesi oluşturmaktadır. Bilinen sıvı örnekleme sistemlerinde çok değişik prensiplere (mekanik, akustik, optik, kapasitif gibi) göre çalışan seviye sensörleri ile pompalardan (peristaltik, enjeksiyon gibi) yararlanılmaktadır. Sıvı örnekleme amacıyla kullanılan bu yöntemlerin, sisteme yüksek maliyet getirmesinin yanında, bazı sınırlamalar ile ortam koşullarından da etkilendiği için zorluk yaratmaktadır. Mekanik ve kapasitif sensörlerde seviye belirlenmesi için elektrotlardan yararlanılmaktadır. Bu sensörler özellikle patlayıcı ve yanıcı sıvılar ile kirlenmenin olmaması istenilen asidik sıvılarda kullanılamamaktır. Akustik ve optik ilkelere göre çalışan sensörler ise ortam koşullarından (sıcaklık, ışık, basınç gibi) etkilenmekte, seviye ölçümleriyle birlikte sıvı örneklemesinde hatalara neden olmaktadır (Onacak, 2008).

Tez kapsamında gerçekleştirilen otomatik numune alma sistemi için üç değişik sıvı örnekleme düzeneği üzerinde çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Bu düzenekler aşağıdaki bölümlerde açıklanmıştır.

3.1. Elektromekanik Seviye Ölçüm Düzeneği İle Yapılan Otomatik Sıvı Örnekleme Sistemi

Otomatik numune alma sistemi için Onacak (2007) tarafından geliştirilen, elektromekanik prensiple çalışan ve mikron hassasiyetinde ölçümler yapabilen su seviye ölçüm sistemi üzerinde test çalışmaları yapılmıştır.

Sistemde su yüzeyini algılayan elektrotların dikey yöndeki hareketi basit bir adım motor ile sağlanmıştır.

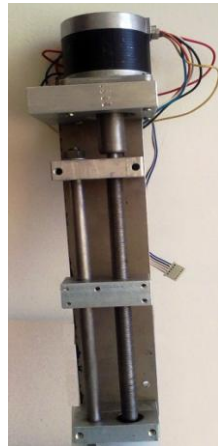
Sistemi kontrol eden karttaki mikro denetleyici tarafından adım motorun adım sayısı belirlenebilmektedir. Adım sayısından alınan mesafe mikro denetleyici tarafından hesaplanmakta ve sıvı seviyesi tespit edilmektedir.

Sistemin en önemli parçası sıvı yüzeyini tespit eden elektrotların dikey yönde hareketini sağlayan adım motordur (Şekil 3.1. ve Şekil 3.2.).

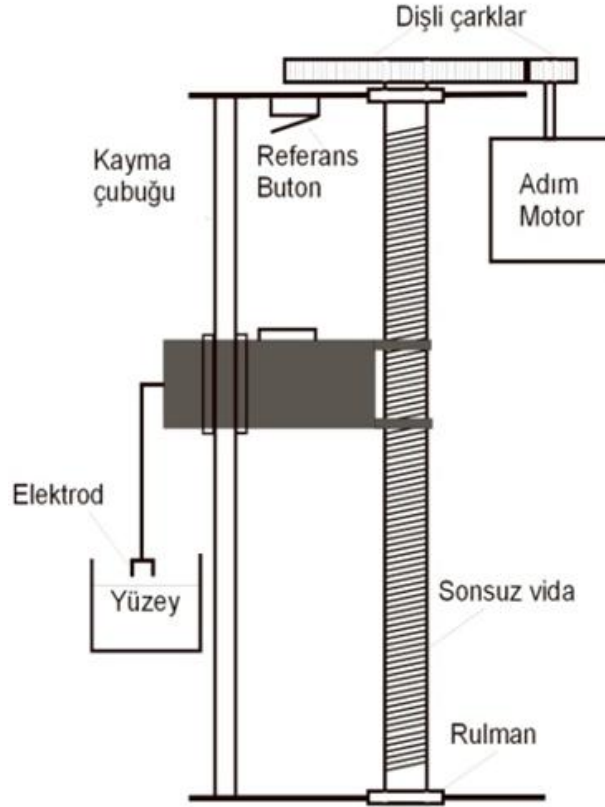
Seviye ölçüm sisteminin temel prensibi bir referans noktasından elektrotların su yüzeyine temas ettiği ana kadar motorun gerçekleştirdiği adım sayısının tespit edilmesidir. Bu nedenle mikron seviyesinde ölçüm yapılabilmesi amacıyla en fazla adım sayısında, elektrotları taşıyan kolun minimum hareket etmesinin sağlanması gerekmektedir. Bunun için adım motor ile taşıyıcı kol çapı ve diş sayısı birbirinden farklı 2 adet dişli çark ile bağlantısı sağlanmıştır.

Su seviye tespit sisteminde ölçüm işlemine başlanıldığında mikro denetleyici elektrotların bağlı olduğu kolu, adım motor yardımıyla yukarı doğru hareket ettirerek referans butonuna kadar ulaşmasını sağlar. Referans butonundan mikro denetleyici gelen sinyal ile motorun hareketi durdurulur. Sayım değişkeni sıfırlanarak motorun ters yönde (aşağı doğru), hareket etmesi sağlanır ve her adımda sayım değişkeni bir artırılır.

Sıvı seviye elektrotlarının su yüzeyine temasına kadar bu işleme devam edilir. Elektrotların suya teması sonucu bağlı olduğu devreden mikro denetleyiciye gelen sinyal ile işlem durdurulur ve toplam adım sayısı tespit edilir. Mikro denetleyici hafızasına yüklenmiş olan "k" sabiti ile (sistemin bir adımda kat ettiği yol) toplam adım sayısını çarparak referans noktasına göre su seviyesini hesaplar.



Şekil 3.1. Elektromekanik seviye ölçüm düzeneğinin fotoğrafı

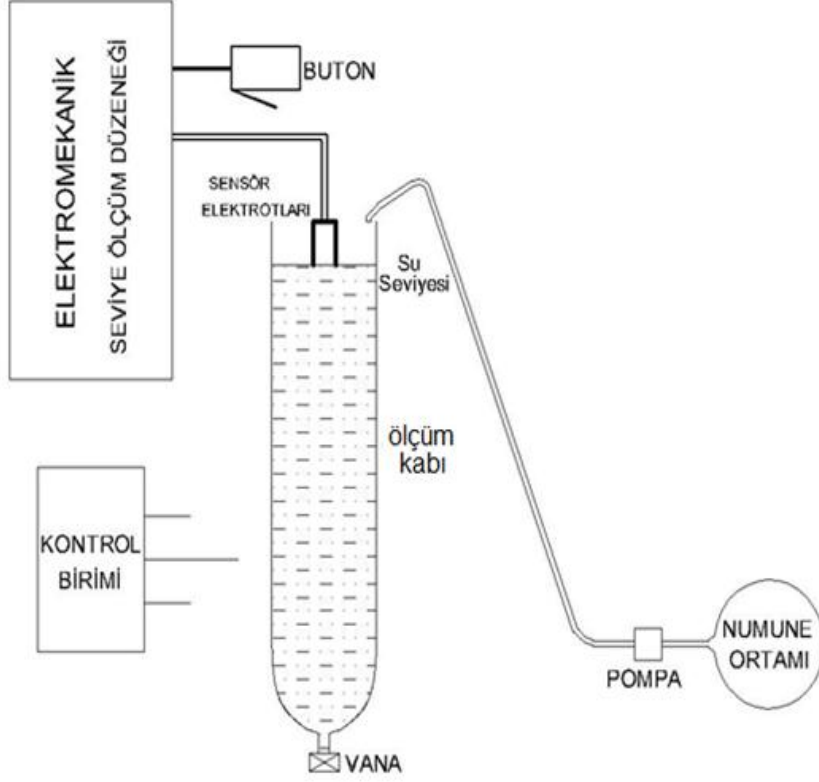


Şekil 3.2. Elektromekanik seviye ölçüm düzeneğinin şematik gösterimi

Tez kapsamında, elektromekanik sıvı ölçüm düzeneği kullanılarak gerçekleştirilen otomatik numune alma sisteminin şematik görünümü Şekil 3.3.'de, oluşturulan düzeneklerin fotoğrafları ise Şekil 3.4, Şekil 3.5. ve Şekil 3.6'da verilmiştir.

Örnekleme yapılacak ortamdaki pompa ile alınan numune, Şekil 3.3'de gösterilen sisteme gelmektedir. Gelen numune, adım sayısı ile belirlenen hacim seviyesindeki sensör elektrotuna temas ettiğinde, mikro denetleyiciye sinyalin gelmesi ile pompanın enerjisi kesilerek sıvı alımı durdurulur.

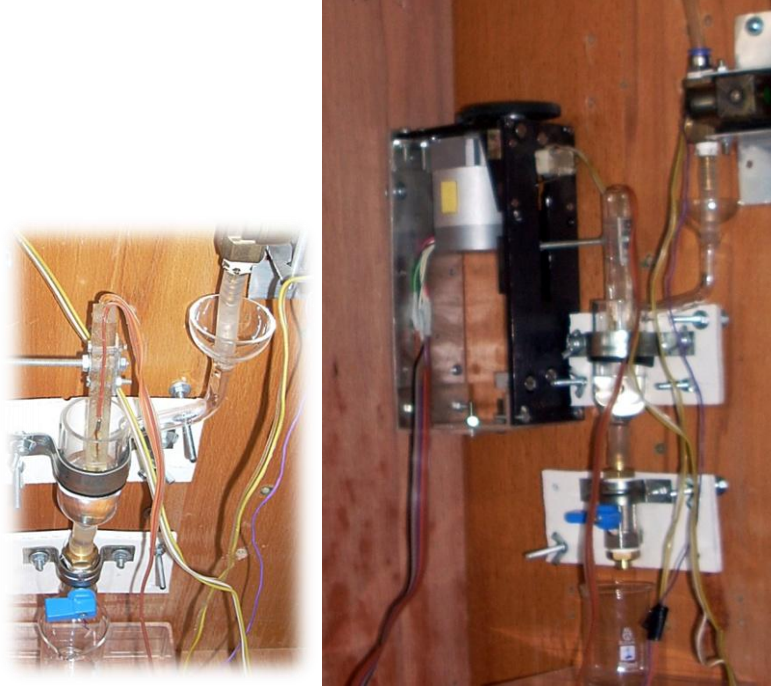
Mikro denetleyici daha sonra vana pozisyonunu boşaltma konumuna getirerek numune alma haznesindeki numuneyi örnekleme şişesine boşaltır. Böylece numune alımı gerçekleşmiş olur.



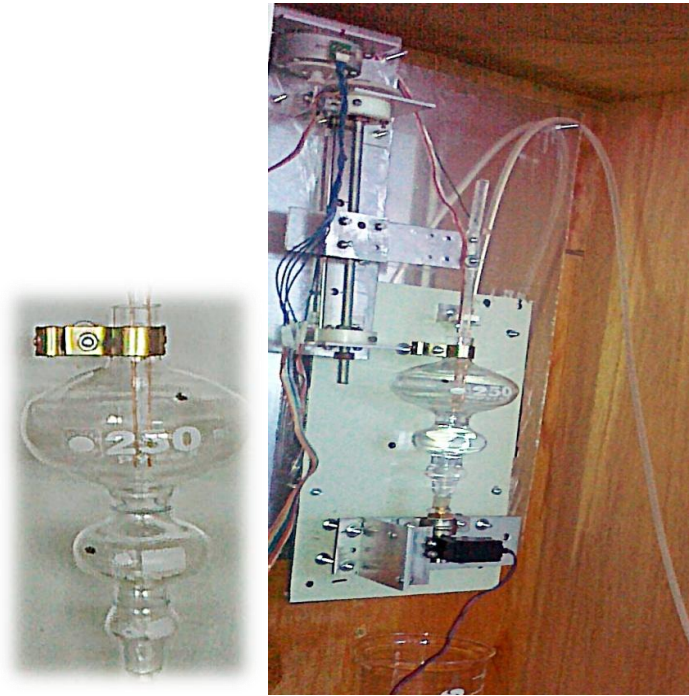
Şekil 3.3. Elektromekanik seviye ölçüm düzeneği ile yapılan otomatik numune alma sisteminin şematik gösterimi



Şekil 3.4. Yüzey alanı büyük numune alma kabı ile yapılan elektromekanik seviye ölçüm düzeneği



Şekil 3.5. Yüzey alanı küçük numune alma kabı ile yapılan elektromekanik seviye ölçüm düzeneği



Şekil 3.6. Özel numune alma kabı kullanılarak yapılan elektromekanik seviye ölçüm düzeneği

3.2. Sıvı Tespit Sensör Elektrotları İle Yapılan Otomatik Sıvı Örneklemeye Sistemi

Onacak (2006) tarafından geliştirilen, Onacak (2007), Çetiner (2006) ve Gözet (2007) tarafından yapılan çalışmalarda, değişik amaçlar için kullanılan bu sıvı örneklemeye sisteminde sabit sıvı tespit elektrotları kullanılmaktadır.

Bu düzenek kullanılarak geliştirilen otomatik numune alma sisteminin şematik gösterimi Şekil 3.7’de, fotoğrafı Şekil 3.8’de gösterilmiştir.

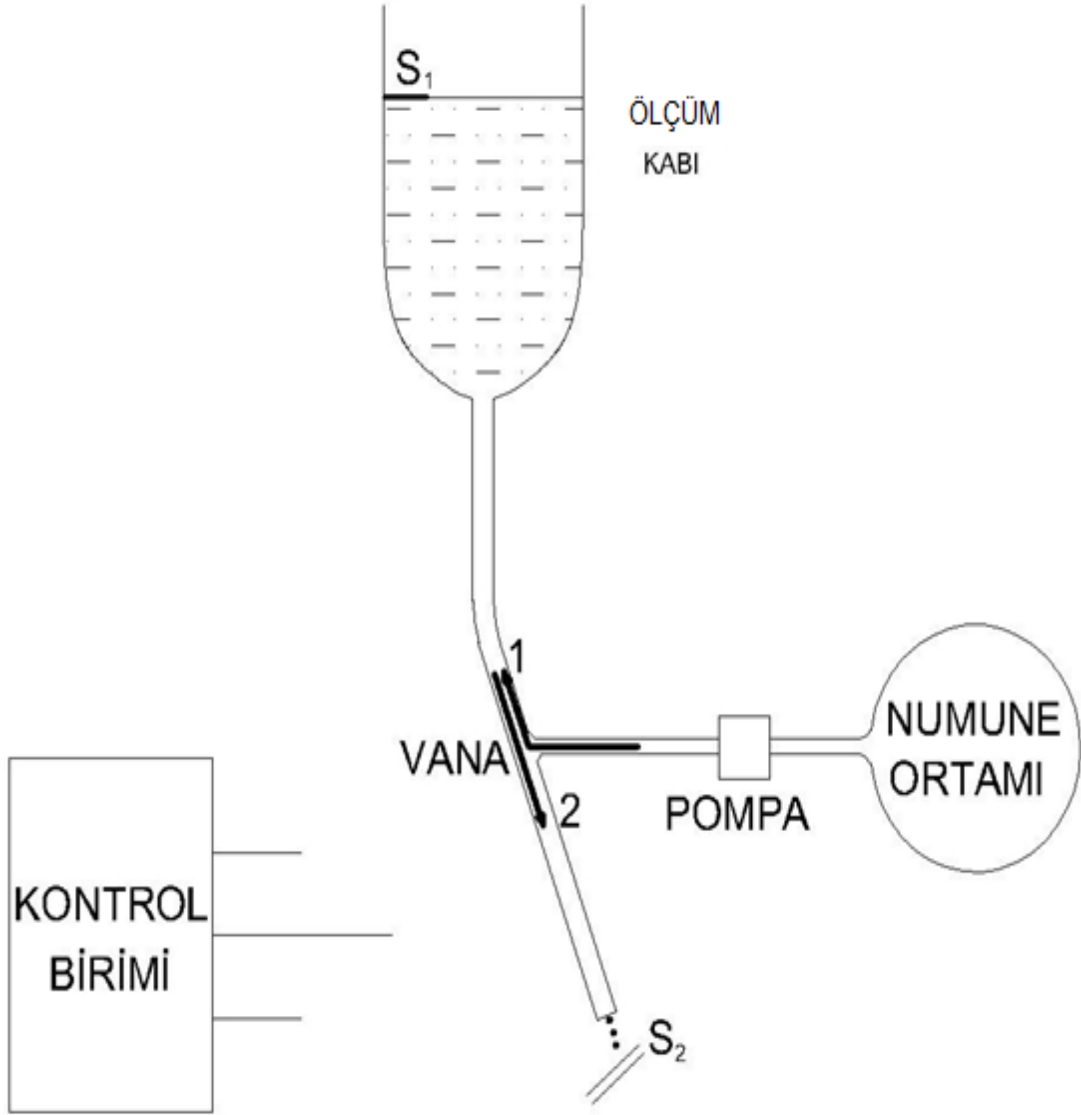
Örnekleme yapılacak ortamdan pompa ile alınan numune, tasarımı yapılan sisteme gelmektedir. Şekil 3.7’den de görüldüğü gibi “1” akım yönünü izleyen örneklenecek sıvı, örnekleme kabına dolmaya başlar. Sıvı “S₁” sensör elektrotu ile temas ettiği anda kontrol kartında bulunan sensör devresinden mikro denetleyiciye sinyal yollar. Sinyalin gelmesi ile mikro denetleyici pompanın enerjisini keserek sıvı alımını durdurur. Mikro denetleyici daha sonra vana pozisyonunu “2” yönüne çevirerek, sabit hacimdeki sıvı numunesini, örnekleme şişesine boşaltır. Böylece numune alımı gerçekleşmiş olur.

Bu sıvı örnekleme düzeneği ile ölçüm kabı üzerine sabitlenmiş “S₁” seviyesine kadar belirlenen sabit hacimde sıvı örneklenebilmektedir. Debiye bağlı değişken hacimlerde numune alınması gerektiğinde bu sistem yetersiz kalacaktır. Bu amaçla damlaların sayılması ve damla sayısına karşılık gelen hacimde numune alınması prensibine dayalı ile bir düzenek tasarlanmıştır.

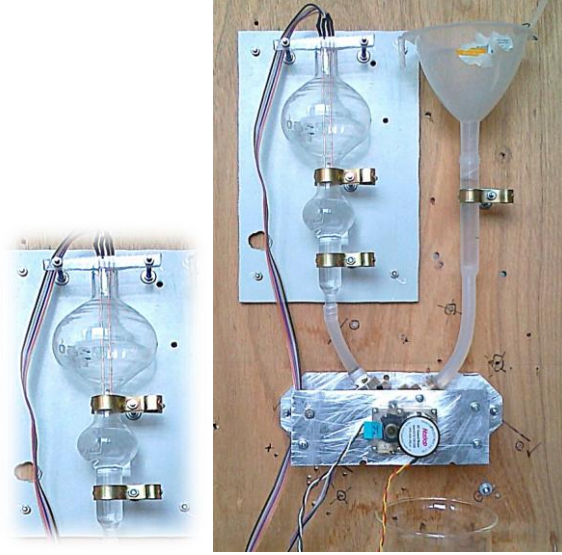
Bir damlanın kaç grama karşılık geldiğinin tespiti için (dördüncü bölümde ayrıntılı olarak açıklanmıştır) testler yapılmıştır. Bunun için, ölçüm kabına sürekli su eklenmiş oluşan her seviyedeki damla sayısı mikro denetleyici PIC program ile belirlenmiştir. Damla sayısı belirli numune, darası alınmış behere alınarak tartımı yapılmıştır. Damla sayısına karşılık gelen ölçüm sonuçları ile kalibrasyon yapılmış, oluşan denklemden, hacme karşılık damla sayısı belirlenmiştir.

Numune, pompa yardımı ile ölçüm kabına alındıktan sonra vana “2” pozisyonuna getirilerek çok az açıklık sağlanmış ve bu açıklıktan damla damla olarak “S₂” sensör elektrotunun üzerine gelmesiyle, mikro denetleyici ile damla sayısı belli olan hacimde numune alımı yapılmıştır.

Böylece sıvı tespit elektrotları ve damla sensör elektrotları ile debiye bağlı numune alımı gerçekleştirilmiştir.



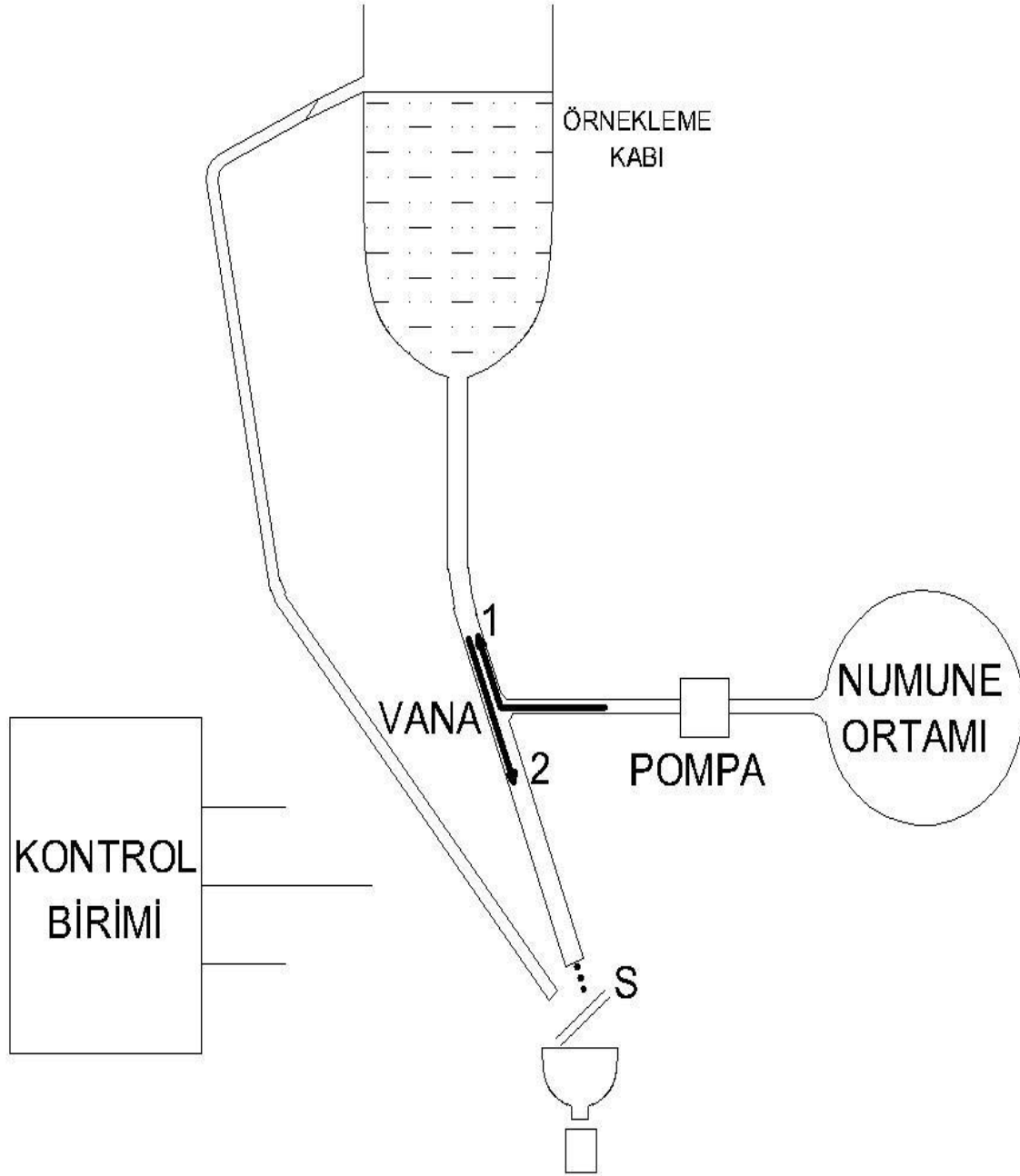
Şekil 3.7 Sabit sıvı tespit sensör elektrotları ile yapılan otomatik sıvı örnekleme sisteminin şematik gösterimi (S₁:Sıvı seviye tespit sensör elektrotu, S₂: Damla sensör elektrotu)



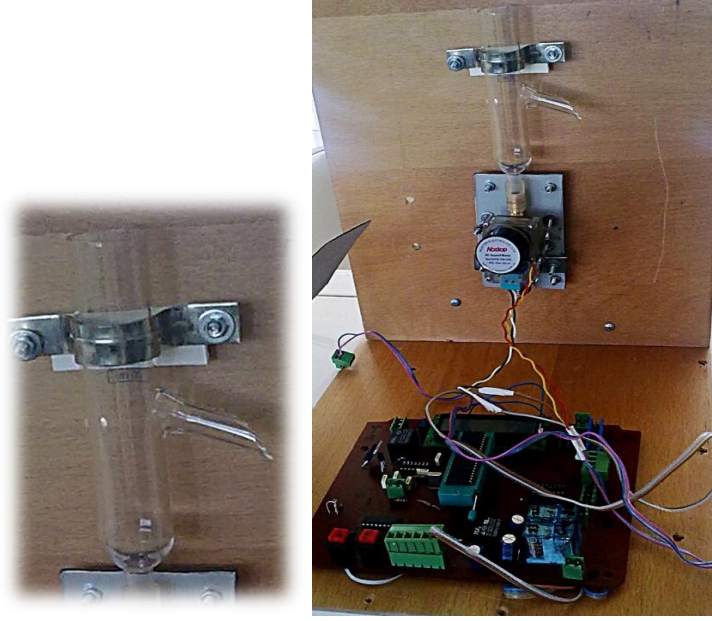
Şekil 3.8. Sıvı tespit sensör elektrotları ile yapılan otomatik sıvı örnekleme düzeneği

3.3. Taşma Kontrollü Kap Kullanılarak Yapılan Sıvı Örnekleme Sistemi

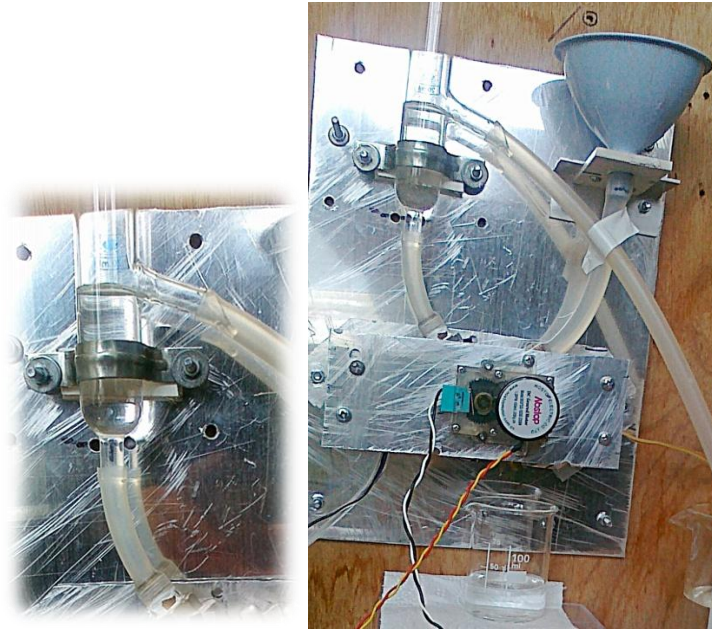
Onacak (2006) tarafından geliştirilen, Onacak (2007), Avcı (2007) ve Solmaz (2010) tarafından yapılan çalışmalarda kullanılan bu sıvı örnekleme yönteminde, sadece bir sıvı tespit elektrotu kullanılmaktadır. Sistemin şematik görünümü Şekil 3.9'da, fotoğrafı ise Şekil 3.10 ve Şekil 3.11'de verilmiştir. Örnekleme yapılacak ortamdaki numune, Şekil 3.9'da gösterilen sisteme gelmektedir. "1" akım yönünü izleyen örneklenecek sıvı, ölçüm kabına dolmaya başlamıştır. Taşma seviyesini geçtikten sonra numune taşmaya başlamıştır. Taşan numune vananın alt tarafında bulunan damla sensör elektrotuna temas ettiği an, mikro denetleyiciye sinyal gitmiş ve anında pompanın çalışması durdurulmuştur. Mikro denetleyici daha sonra vana pozisyonunu "2" yönüne çevirerek, sabit hacimdeki sıvı numunesini, örnekleme şişesine boşaltmış, böylece numune alımı gerçekleşmiştir. Bu işlemin tekrarları ile eklenik numuneler alınarak, büyük hacimlerde numune alımları gerçekleştirilmiştir. Eğer istenen numune hacmi, taşma kontrollü kap hacmi ve onun katları hacimde değil ise, sistemdeki damla sensör elektrotu ile, damla sayısı programlanarak, kalan miktar örnekleme şişesine alınarak tamamlanmaktadır.



Şekil 3.7. Taşma kontrollü kap kullanılarak ve damla sayısına göre yapılan otomatik sisteminin şematik gösterimi (S: Sensör).



Şekil 3.8. Taşma kontrollü yapılan ilk düzenek



Şekil 3.9. Taşma kontrollü yapılan ikinci düzenek

4. TEST ÇALIŞMALARINI VE SONUÇLAR

Tez kapsamında gerçekleştirilen 3 çeşit sıvı örnekleme düzeneği için test çalışmaları yapılmış, bu çalışmaların sonuçları ve istatistiksel değerlendirmeleri aşağıdaki bölümlerde açıklanmıştır.

4.1. Elektromekanik Sıvı Seviye Ölçüm Düzeneği İle Yapılan Test Çalışmaları

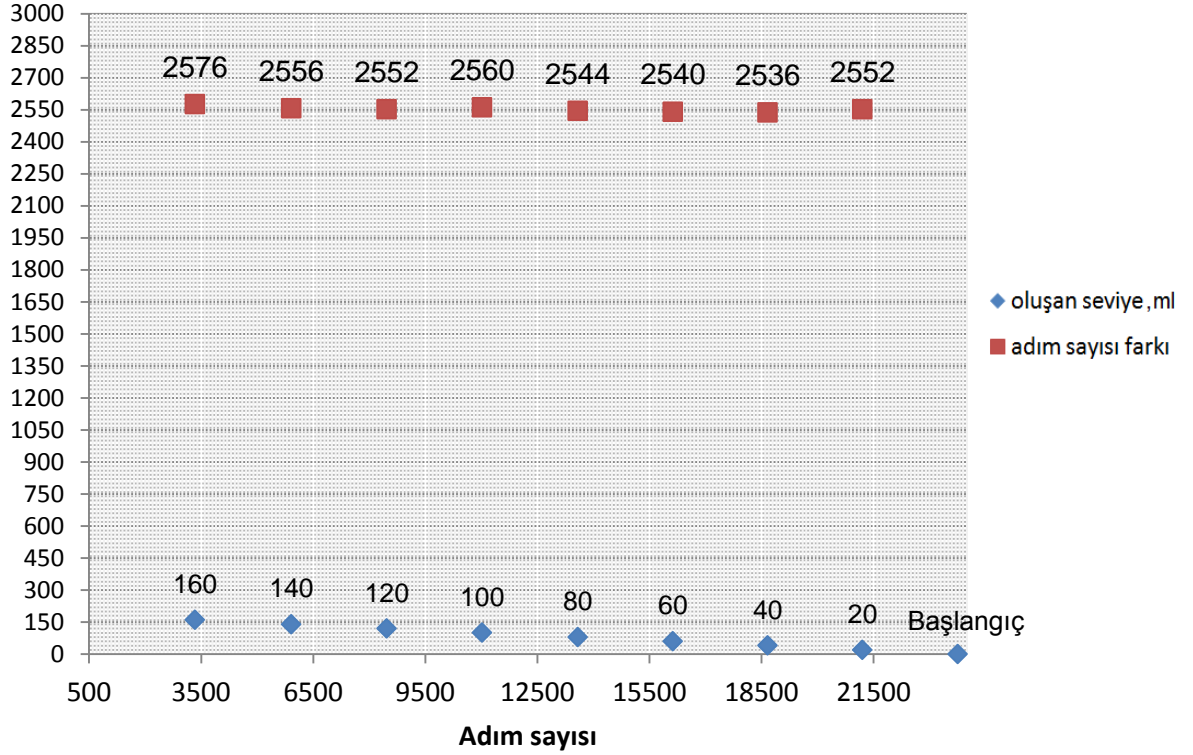
Elektromekanik seviye ölçüm yöntemi ile yapılan otomatik sıvı örnekleme sisteminde adım motor kullanılarak numune alımı yapılmıştır. Sensör elektrotlarının bağlı olduğu kol adım motor tarafından yukarı yönde hareketi ile referans butona ulaşması sağlanmış, butondan gelen sinyal ile mikro denetleyici tarafından motorun hareketi durdurulmuştur. Daha sonra belirlenen adım sayısı kadar aşağı yönde hareket ettirilmiş ve bu noktada konumlandırılmıştır. Mikro denetleyici pompaya enerji vererek su akımını başlatmış, su seviyesinde kap içinde sensör elektrotunun ulaşması ile su akımı durdurulmuştur. Bu şekilde istenilen miktarda sıvı alımı, adım sayısının mikro denetleyici tarafından hesaplanması ile gerçekleştirilmiştir.

4.1.1. Yüzey alanı büyük numune alma kabı ile yapılan test çalışmalarının sonuçları

Elektromekanik sıvı örnekleme sisteminde, bir adımdaki hacim miktarını tespit etmek amacı ile testler yapılmıştır. Bunun için, önce örnekleme kabının alt tarafında bulunan konik kısmın geçilmesi amacı ile bir miktar su ile doldurulmuştur. Çünkü sistem sıvı seviye ölçüm prensibine göre çalıştığı için konik kısmın değişik seviyelerinde yüzey alanının farklı olması nedeniyle bu hacimde ölçüm yapma imkanı bulunmamaktadır.

Örnekleme kabındaki konik kısım su ile doldurulduktan sonra, bu noktanın referans butona göre adım sayısı belirlenmiştir. Bu işlem için mikro denetleyici adım motor yardımı ile sensör elektrotlarının bağlı olduğu kolu yukarı yönlendirilmiş, referans butondan sinyal gelmesi ile adım sayısı değişkenini sıfırlamış ve adım sayısını bir artırarak aşağı yönde hareketini sağlamıştır. Sensör elektrotlarının su yüzeyine teması ile adım motorunun aşağı yöndeki hareketi durdurulmuştur. Bulunan adım sayısı kaydedilmiştir. Daha sonra pipet yardımı ile

20 ml'lik su örneği numune alım kabına eklenerek yukarıda açıklanan ölçüm işlemi tekrarlanmıştır. Bu şekilde 20 ml eklemeler ile 8 ölçüm sonucu elde edilmiştir. 20 ml sabit sıvı miktarı için elektromekanik sıvı örnekleme düzeneğinde ölçülen adım sayıları ve bu adım sayıları arasındaki farklar Şekil 4.1'de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. 20 ml sabit sıvı miktarı için elektromekanik sıvı örnekleme düzeneğinde ölçülen adım sayıları ve bu adım sayıları arasındaki farklar

Şekil 4.1'den görüldüğü gibi adım sayısı farkı 2536 ile 2576 arasında değişmektedir. Adım sayısı farklarının ortalaması ise 2552 adım olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak 1 adımın 0,0078 ml'ye karşılık geldiği bulunmuştur.

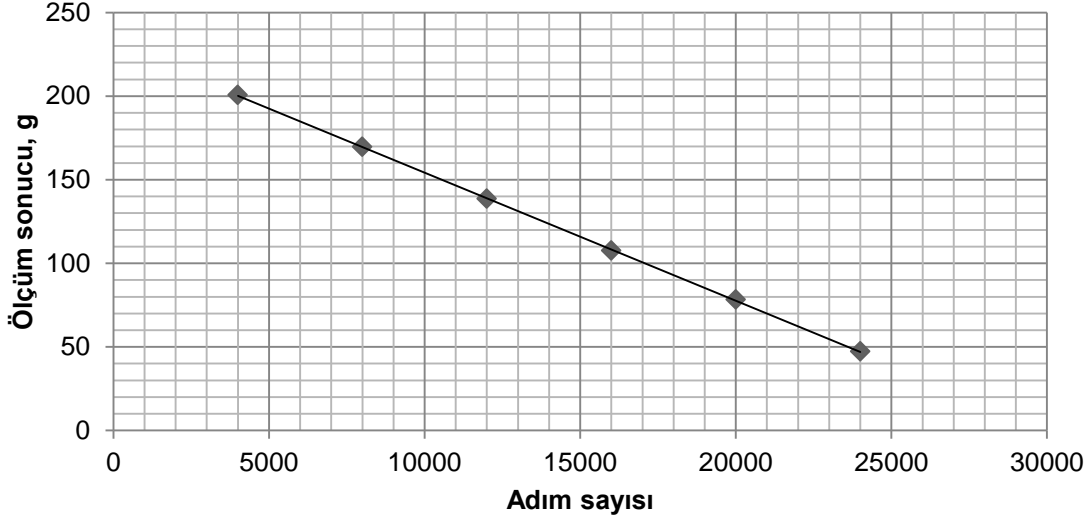
Numune alma kabının kalibrasyon grafiğini oluşturmak amacı ile sabit adım sayılarında kaba alınan sıvı miktarının belirlenmesi gerekmiştir. Bunun için mikro denetleyici ile referans butondan itibaren sıvı tespit elektrotları aşağı doğru, belirlenen sabit adım sayılarında hareketi sağlanarak konumlandırılmıştır. Adım sayıları numune alma haznesinin şekli düşünüldüğünde ve Şekil 4.1'deki sonuçlar dikkate alındığında, 4000, 8000, 12000, 16000, 20000, 24000 seviyelerinde ölçümler yapılmıştır. Pompa çalıştırılarak numune kabına su alımları

gerçekleştirilmiş, sensör elektrotun seviyesine suyun ulaşması ile pompa kapatılmıştır. Daha sonra mikro denetleyici vana motoruna enerji vererek vanayı boşaltım yönüne alması ile su örneğini darası belirlenmiş beherlere boşaltılması sağlanmıştır. Her sabit adım sayısı için 5 ölçüm gerçekleştirilmiştir. Yapılan ölçüm sonuçları, ortalamaları ve 4000 adıma karşılık gelen ağırlık fark değerleri Çizelge 4.1’de verilmiştir. Çizelge 4.1’de görüldüğü gibi 4000 adımda yapılan testlerde en fazla ve en az ölçüm değeri arasındaki fark 0,3 g, 8000 adımda yapılan testlerde 0,7 g, 12000 adımda 0,6 g, 16000 adımda 0,9 g, 20000 adımda 0,1 g, 24000 adımda 0,4 g olduğu görülmektedir. Sabit 4000 adımda, ortalamalar arası yaklaşık farkların ortalaması 30,686 g olduğu hesaplanmıştır.

Çizelge 4.1. Elektromekanik sıvı seviye ölçüm düzeneğinin ölçüm sonuçları, g

Adım sayısı	Ağırlık ölçüm sonuçları					Ortalama	Ortalamalar arası fark
4000	200,81	200,63	200,58	200,60	200,75	200,67±0,12	
8000	169,97	169,22	169,80	169,20	169,52	169,54±0,43	31,10
12000	138,34	139,82	138,23	138,30		138,67±1,22	31,12
16000	107,78	107,22	107,04	107,96	107,90	107,58±0,52	30,84
20000	77,85	77,80	77,88	78,78	78,86	78,23±0,67	29,35
24000	46,66	46,88	46,58	47,99	47,92	47,21±0,86	31,02

Çizelge 4.1’deki verilen adım sayıları ve ağırlık değerlerinin ortalamalarından oluşturulan kalibrasyon grafiği Şekil 4.2’de görülmektedir. Elde edilen kalibrasyon grafiğindeki denkleme göre 100, 150 ve 175 ml numune almak için adım sayıları hesaplanmıştır. 100 ml için 16994, 150 ml için 10501, 175 ml için 7254 adım sayısı hesaplanmış, bu adım sayıları PIC mikro denetleyici programına girilerek test çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu test çalışmalarından elde edilen sonuçlar Çizelge 4.2’de gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Elektromekanik sıvı seviye ölçüm düzeneği kullanılarak elde edilen kalibrasyon grafiği

Çizelge 4.2. 100,150 ve 175 ml hedef hacimler için hesaplanmış adım sayısına göre elde edilen ölçüm sonuçları (g)

Adım sayısı	Ölçüm sonuçları			Ortalama
16994 (100 ml hedef)	100,58	99,81	100,01	100,13±0,99
10501 (150 ml hedef)	150,33	150,54	150,40	150,42±0,27
7254 (175 ml hedef)	176,02	176,48	175,90	176,13±0,76

Çizelge 4.2'de görüldüğü gibi 150 g ve 100 g'lık örneklemeler için yapılan ölçüm sonuçlarının hedef değerlere çok yakın olduğu görülmüştür.

175 g örnekleme için yapılan ölçüm sonuçlarının beklenen değere daha yakın olması için adım sayısı arttırılmıştır. Sensör, önceki adım sayısındaki konumuna göre, mikro denetleyicinin programlanması ile biraz daha aşağı indirilmiş, böylece istenilen değerde numune alımı gerçekleştirilmiştir. 175 g için 7254 adım sayısına 130 adım eklenerek 7384 adım sayısına göre test yapılmıştır. Buna göre ölçüm sonuçları 175,17 g ve 175,23 g olarak bulunmuştur.

Örnekleme düzeneğinin çok sayıdaki numune alma durumunda doğruluğunu test etmek amacı ile eklenik numune alma çalışmaları yapılmış bulunan sonuçlar Çizelge 4.3'de gösterilmiştir. Eklenik numune alma işlemi büyük hacimli numune alınması durumunda yararlı olmuştur.

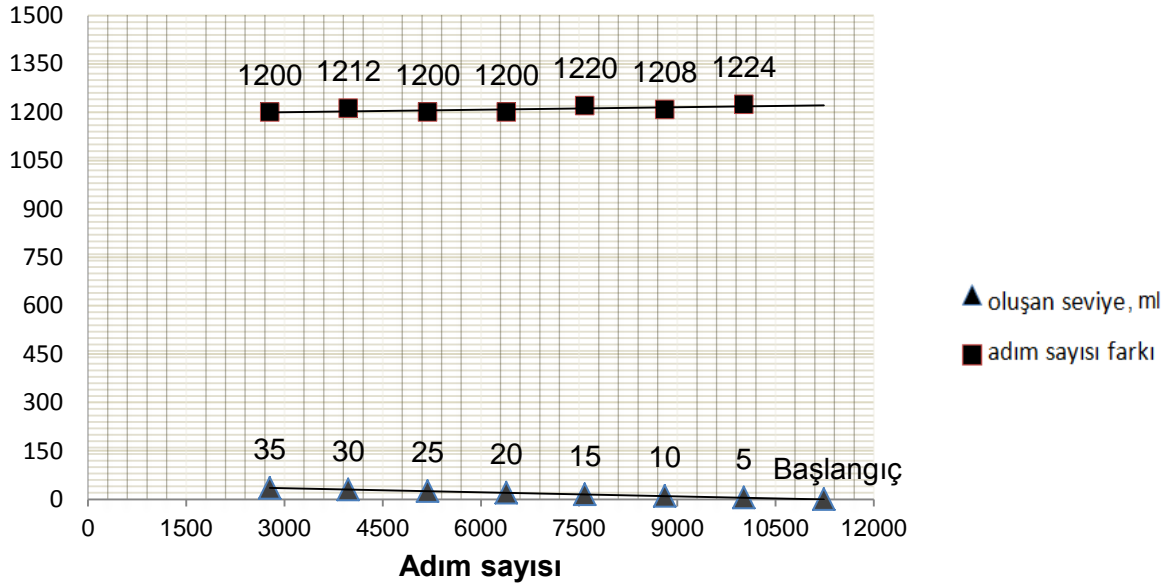
Çizelge 4.3. Eklenik alınan numune ölçüm sonuçları (g)

	Eklenik	Eklenik / 4
100 ml için	407,79	101,95
175 ml için	706,8	176,7
150 ml için	605,98	151,5

4.1.2. Yüzey alanı küçük numune alma kabı ile yapılan test çalışmalarının sonuçları

Yüzey alanının ölçümdeki hassasiyete etkisinin olup olmadığını tespit etmek için düzenek oluşturulmuş. Bunun için yüzey alanı küçük ölçüm kabı kullanılmıştır. Bir önceki bölümde detaylı olarak açıklanan test çalışmaları bu kap için de yapılmıştır.

Sensör elektrotlarının su yüzeyine teması ile adım motorunun aşağı yöndeki hareketi durdurulmuştur. Bulunan adım sayısı kaydedilmiştir. Daha sonra pipet yardımı ile 5 ml'lik su örneği numune alma kabına eklenerek bir önceki bölümde açıklanan ölçüm işlemleri tekrarlanmıştır. Bu şekilde 5'er ml eklenerek 8 ölçüm sonucu elde edilmiştir. Adım sayıları ve iki ölçüm sonucu için hesaplanan fark değerleri (5 ml için bulunan adım sayısı) Şekil 4.3'de gösterilmiştir.



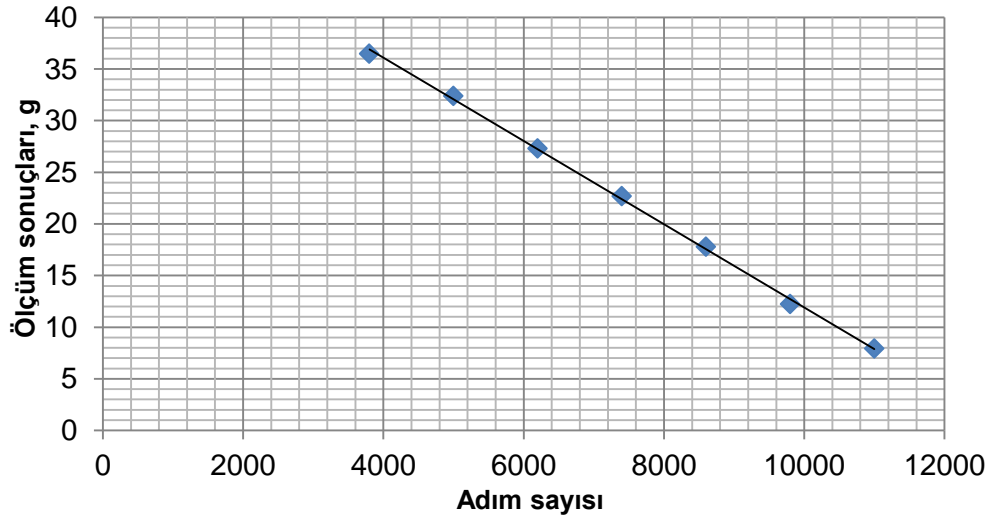
Şekil 4.3. 5 ml sabit sıvı miktarı için elektromekanik sıvı örnekleme düzeneğinde ölçülen adım sayıları ve bu adım sayıları arasındaki farklar

Şekil 4.3'de görüldüğü gibi adım sayısı farkı 1224 ile 1200 arasında değişmektedir. Adım sayısı farklarının ortalaması ise yaklaşık 1210 adım olarak hesaplanmıştır. 1210 adım 5 ml'ye karşılık geliyorsa, 1 adım 0,004 ml'ye karşılık gelmektedir. Bir önceki bölümde olduğu gibi, numune alma haznesinin şekli düşünüldüğünde ve Şekil 4.3'deki sonuçlar dikkate alındığında, sabit adım sayılarında (3800, 5000, 6200, 7400, 8600, 9800, 11000) pompa çalıştırılarak numune kabına su alımları gerçekleştirilmiş, bu adım sayılarında bulunan ölçüm sonuçları ve ortalama değerler arasındaki farklar Çizelge 4.4'de gösterilmiştir. Sabit 1200 adımda ağırlık farklarının ortalaması 4,7 g olduğu hesaplanmıştır.

Çizelge 4.4. Elektromekanik sıvı seviye ölçüm düzeneğinin ölçüm sonuçları (g)

Adım sayısı	Ölçüm sonuçları			Ortalama	Ağırlık farkı
3800	36,05	36,29	36,09	36,14	
5000	32,11	32,55	32,47	32,38	3,76
6200	27,37	27,19	27,34	27,30	5,08
7400	22,71	22,59	22,71	22,67	4,63
8600	17,73	17,74	17,88	17,78	4,89
9800	12,18	11,94	12,90	12,34	5,44
11000	7,50	8,11	8,19	7,93	4,41

Çizelge 4.4'deki sonuçlardan elde edilen adım sayısı ve ortalama değerler ile oluşturulan kalibrasyon grafiği Şekil 4.4'de gösterilmiştir.



Şekil 4.4. Elektromekanik sıvı seviye ölçü düzeneği kullanılarak elde edilen kalibrasyon grafiği

Oluşturulan kalibrasyondaki denkleme göre belirli hacimlerde numune almak için adım sayıları hesaplanmıştır (Çizelge 4.5.). Bu adım sayıları PIC mikro denetleyici programında, düzenekte kullanılan mikro denetleyiciye aktarılmış, ardından mikro denetleyici elektronik karta yerleştirilerek düzenek çalıştırılmış, testler yapılmış, bulunan sonuçlar Çizelge 4.6' da gösterilmiştir.

Çizelge 4.5. Adım sayısına göre test edilecek hacimler

Hacim, ml	Adım Sayısı
10	10557
15	9307
20	8057
22	7557
25	6807
30	5557

Çizelge 4.6. Elektromekanik sıvı seviye ölçüm düzeneği ile, belirlenen adım sayılarına göre ölçüm sonuçları (g)

Hedef hacim	Ölçüm sonuçları					Ortalama
10 ml	9,71	9,82	9,79	10,14	9,60	9,81±0,25
20 ml	19,81	19,88	19,74	19,82	19,88	19,83±0,07
25 ml	24,75	24,89	25,00	25,14	24,74	24,90±0,21
30 ml	29,66	30,05	30,02	29,79	29,96	29,89±0,21

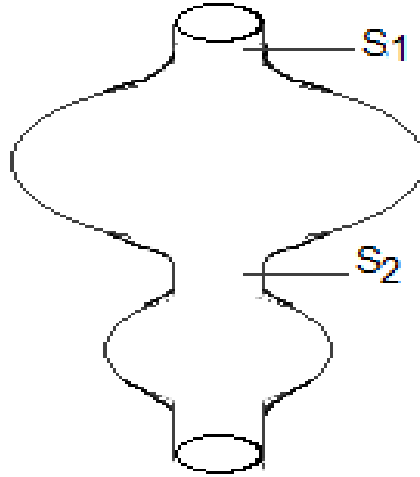
Çizelge 4.6'daki ortalama değerlere 0,2 g'lık ekleme yapılırsa sonuçların istenilen hacim değerlerinde olacağı görülmüştür. Bu sebeple 0,2 g'ın kaç adıma karşılık geldiği hesaplanmıştır. 5 g 1210 adıma karşılık geldiği için 0,2 g için 40 adıma karşılık gelmektedir. Her adım sayılarına 40 adım eklenerek eklenik olarak testler yapılmıştır. 120 ml için 30 ml'den 4 eklenik numune alınmış toplamda 119,36 ml, 1 numune için 29,34 ml, 80 ml için 20 ml'den 4 eklenik numune alınmış toplamda 80,21, 1 numune için 20,05 ml, 40 ml için 10 ml'den 4 eklenik numune alınmış toplamda 40,22 ml, 1 numune için 10,05 ml olarak hesaplanmıştır. Sonuçların beklenen değere çok yakın olduğu görülmüştür. 100 ml numune alınması istenirse, 30ml + 30ml+ 30ml+ 10ml eklenik alımlar yapılmış sonuç 99,48 ml olarak bulunmuştur. Başka bir şekilde denenmiş, 100 ml için, 30ml + 30ml+ 20ml+ 20ml eklenik alımlar yapılmış sonuç 100,44 ml olarak bulunmuştur.

4.1.3. Özel numune alma kabı kullanılarak yapılan test çalışmaları

Yüzey alanı büyük numune alma kabı ile yapılan düzenek sonuçlarına bakıldığında 1 adımın 0,0078 ml, yüzey alanı küçük numune alma kabı ile yapılan düzenek sonuçlarına bakıldığında 1 adımın 0,004 ml olduğu hesaplanmıştır. Buna göre, çalışma prensibi seviye tespiti olduğu için, 1 adımdaki hassasiyet göz önüne bulundurularak, yüzey alanı küçük numune alma kabı ile yapılan düzeneğ-k sonuçlarının hassas olduğu görülmüştür.

E.P.A ve T.S.E.'nin belirlediği anlık ve kompozit numune hacimlerinde numune alabilmek ve hassas şekilde sabit hacimde numune almak için özel cam numune alma kabı yaptırılmıştır (Şekil 4.5). Sensör elektrotunun temas edip sinyal verdiği kısımlarda hassasiyeti sağlamak için bu seviyelerde (50 ml seviyesi ve 250 ml seviyesi) yüzey alanı küçük, diğer seviyelerde ise hacmi artırmak amacıyla yüzey alanı büyük olacak şekilde numune ölçüm kabı dizayn edilmiştir.

Yüksekliği yaklaşık 15 cm olan numune alma kabı hem istenilen hassasiyette numune alımını gerçekleştirmiş, hem de daha az yer kaplayarak taşınmasını kolaylaştırmıştır. Elektromekanik seviye ölçüm deneylerinde kurulan sistemlerin çalışma prensibine göre testler yapılmıştır.



Şekil 4.5. Elektromekanik seviye ölçüm deneyi düzeneğinde kullanılan özel numune alma kabı (S_1 : 250 ml seviyesi, S_2 : 50 ml seviyesi)

Hacim seviyeleri sabit olan cam numune alma haznesine su eklenmesiyle 50 ml ve 250 ml numune alma denemeleri yapılmış. En doğru sonucun 50 ml için 16000 adım 250 ml için 1200 adım olduğu belirlenmiştir. Bu adım sayıları PIC mikro denetleyici programa girilerek test çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Numune alma işlemi için, adım sayısı kadar aşağı inen sensör, numune alımı sonrası referans butona çıkarmış, her seferinde bu işlem tekrarlanmıştır. Sensör elektrotunun inip çıkması ile enerji kullanımı ve zaman kaybı oluşmaktadır. Enerji kullanımını azaltmak ve seri olarak numune almak amacıyla, 1200 adım sayısı kadar aşağı inen sensör elektrot, 250 ml seviyesinde sabitlenmiştir.

Pompa ile, sabitlenen seviyeye kadar gelen numunenin sensör elektrotuna teması sonucu mikro denetleyiciye sinyal gelmiştir. Vana yardımı ile numune alma kabındaki numune, darası alınmış behere boşaltılarak ölçüm yapılmıştır.

4.1.4. Elektromekanik seviye ölçüm düzeneği ile yapılan ölçüm sonuçlarının istatistiksel değerlendirmeleri

Tez çalışması kapsamında yaptırılan özel numune alma kabı kullanılarak çok sayıda test yapılmıştır. Bu yapılan test çalışmalarında ağırlık ölçümleri yapılmış ve ölçüm sonuçları istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

Ortalama değer, ortanca değer, mod, geometrik ortalama, standart sapma, standart hata, standart eğrilik (skewness), standart diklik (standart kurtosis), aralık (range), minimum ve maksimum değerler, var ise aykırı değer (outlier) belirlenmiş, normal dağılım testleri uygulanmış ve ölçüm belirsizliği hesaplanmıştır. Çizelge 4.7'de özel numune alma kabı ile yapılan ölçüm sonuçlarının istatistiksel sonuçları verilmiştir.

Eğrilik (skewness), bir dağılımın onun kendi ortalaması etrafındaki asimetriklik derecesini karakterize eder. Skewness, dağılımın simetriden sapması hakkında fikir verir. Skewness ve kurtosis değerleri dağılımın durumu hakkında bilgi vermektedir. Normal dağılım için eğrilik değeri 0'a eşittir. Normal dağılım simetriktir.

Diklik (kurtosis), normal dağılım ile mukayese edilen bir dağılımın nispi diklik ve yassılığını karakterize eder. Pozitif diklik sivri bir şekilde pik bir dağılıma sahiptir. Negatif diklik ise yayvan bir şekilde yassı bir dağılıma sahiptir. Normal dağılım için

kurtosis değeri 3'e eşittir. Kurtosis değeri 3'ten önemli bir şekilde büyük ise dağılımın merkezinde daha yüksek pik yapma eğilimindedir ve leptokurtic olarak tanımlanır, kurtosis değeri önemli bir şekilde 3'ten küçük ise bunların yaptığı pik bakımından ise normalden daha yayvan olma eğilimindedir ve bu dağılımlar platykurtic olarak tanımlanır.

Çizelge 4.7. Özel numune alma kabı ile yapılan ağırlık ölçümlerinin istatistiksel sonuçları

	250 ml seviyesi	50 ml seviyesi	250 ml seviyesinde sabitleme
Ölçüm sayısı	30	30	30
Ortalama	249,90	50,42	249,76
Ortanca değer	249,89	50,37	249,76
Mod	249,93		
Geometrik ortalama	249,90	50,42	249,76
Standart sapma	0,19	0,19	0,23
Varyasyon katsayısı (%)	0,08	0,39	0,09
Standard hata	0,03	0,04	0,04
Minimum	249,56	50,04	249,32
Maksimum	250,43	50,88	250,57
Aralık	0,87	0,84	1,25
Standart skewness	1,17	0,37	3,03
Standart kurtosis	1,27	-0,05	5,03

Ölçüm sonuçlarına normal dağılım testleri uygulanarak, dağılım hakkında bilgi sağlanmıştır. Bunun için, normal dağılımın olup olmadığını belirleyen istatistiksel testlerden yararlanılmıştır.

Ki-Kare testinin uygulanmasının kolay ve pratik olması nedeniyle, araştırmacılar tarafından yaygın olarak kullanıldığı için bu çalışmada yer alması uygun görülmüştür. Ki-Kare testi ilk kez Pearson (1900) tarafından ortaya atılmış, en eski ve en bilinen uygunluk testidir. Bu test gözlem ve beklenen veri frekansları arasındaki farkları temel alır.

Shapiro-Wilk, test gözlenen değerler veya hatalarla bunlara karşılık gelen normal dağılım değerleri arasında korelasyon olup olmadığı araştırır. İlk olarak Shapiro ve Wilk (1965) tarafından önerilen bu test, örneğe ait sıra istatistiklerinin uygun bir lineer bileşeninin karesinin, kareler toplamına bölümüyle elde edilir.

Ölçüm belirsizliği, ölçüm sonucu ile birlikte verilen ve ölçüm değerlerinin dağılımını gösteren bir özelliktir. Ölçüm belirsizliği= $x \pm t \cdot SEM$ (standart error of mean) şeklinde hesaplanır. Eşitlikteki t değeri % 95 güven aralığına göre istatistik tablosundan belirlenir. x ortalama değerdir. $SEM = S/n^{1/2}$ (n: örneklem sayısı, S: standart sapma).

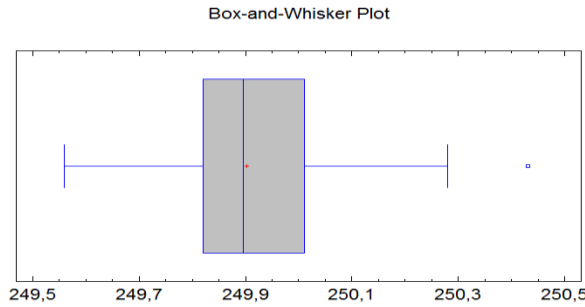
Tez çalışmalarındaki tüm ölçüm sonuçlarının istatistik hesaplamaları ve değerlendirmeleri için Statgraphics Centurion XV (statgraphics centurion data analysis and statistical software) programı kullanılmıştır.

4.1.4.1. Özel numune alma kabı ile 250 ml seviyesinde yapılan ölçüm sonuçlarının istatistiksel olarak değerlendirilmesi

Bu bölümde örneklem sayısı fazla olan özel numune kabı kullanılarak yapılan ölçüm sonuçları istatistiksel olarak incelenmiştir. 250 ml numune almak için düzenek çalıştırılmış 30 adet ölçüm alınmış bu ölçümler değerlendirilmiştir.

Çizelge 4.7'deki değerlere göre standart skewness ve kurtosis değerleri olması gereken aralık içinde bulunduğundan ölçüm sonuçları normal dağılım göstermektedir. Kesin sonuçlara ulaşmak için normal dağılım testleri uygulanmıştır.

Box-whisker grafiği oluşturularak aykırı değer (outlier) tespiti yapılmıştır (Şekil 4.6.).



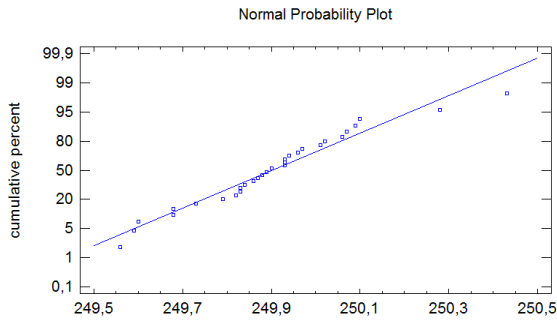
Şekil 4.6. Box-whisker grafiği

Şekil 4.6'da outlier varmış gibi görünmektedir. Fakat sonuçlar normal dağılım gösterdiği için bu değer çıkarılmamıştır. Ölçüm sonuçlarının, normal dağılıma sahip olup olmadığı tespit edilmiştir. Bunun için normal dağılım testlerinden yararlanılmış ve tablosu oluşturulmuştur (Çizelge 4.8.).

Çizelge 4.8. Normal dağılım tespiti için yapılan testlerin tablosu

Test	Statistic	P-Value
Chi-Squared	9,0	0,702931
Shapiro-Wilk W	0,961047	0,372866
Skewness Z-score	0,8939	0,371373
Kurtosis Z-score	1,34588	0,178342

Çizelge 4.8’de görüldüğü gibi en düşük P değerinin 0,178342 olduğu görülmüştür. Bu değer 0,05’ten büyük olduğundan, dağılım normaldir. Şekil 4.7’de normal dağılım grafiği gösterilmiştir.



Şekil 4.7. Normal dağılımın grafik ile gösterilmesi

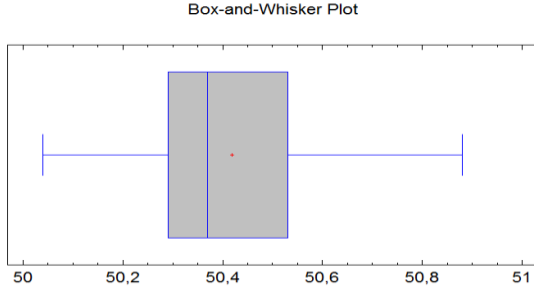
Ölçüm sonuçlarına göre %95 güven aralığında ölçüm belirsizliği $249,902 \pm 0,07$ ml olarak hesaplanmıştır.

4.1.4.2. Özel numune alma kabı ile 50 ml seviyesinde yapılan ölçüm sonuçlarının istatistiksel olarak değerlendirilmesi

Düzenek 50 ml numune almak için çalıştırılmış. 30 adet ölçüm alınmış, bu ölçüm sonuçları istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Çizelge 4.7’de istatistiksel sonuçlar verilmiştir.

Çizelge 4.7’ye göre standart skewness ve kurtosis değerleri olması gereken aralık içinde bulunduğundan ölçüm sonuçları normal dağılım göstermektedir. Kesin sonuçlara ulaşmak için normal dağılım testleri uygulanmıştır.

Box-whisker grafiği oluşturularak outlier tespiti yapılmıştır (Şekil 4.8.).



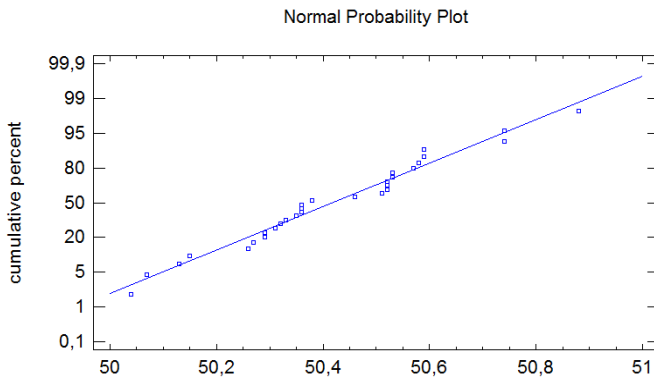
Şekil 4.8. Box-whisker grafiği

Ölçüm sonuçlarının normal dağılıma sahip olup olmadığı tespit edilmiştir. Bunun için normal dağılım testlerinden yararlanılmış, tablosu oluşturulmuştur (Çizelge 4.9.). Bu tabloya göre en düşük P değerinin 0,0375198 olduğu görülmüştür. Bu değer 0,05'ten küçük olduğu için %95 güven aralığında dağılım normal değildir.

Çizelge 4.9. Normal dağılım tespiti için yapılan testlerin tablosu

Test	Statistic	P-Value
Chi-Squared	22,0	0,0375198
Shapiro-Wilk W	0,972165	0,642306
Skewness Z-score	0,286948	0,774148
Kurtosis Z-score	0,163894	0,869809

Ölçüm sonuçlarında outlier olmadığı halde normal dağılım göstermemektedir. Şekil 4.9'da normal olmayan dağılımın grafiği gösterilmiştir.



Şekil 4.9. Normal olmayan dağılımın grafik ile gösterilmesi

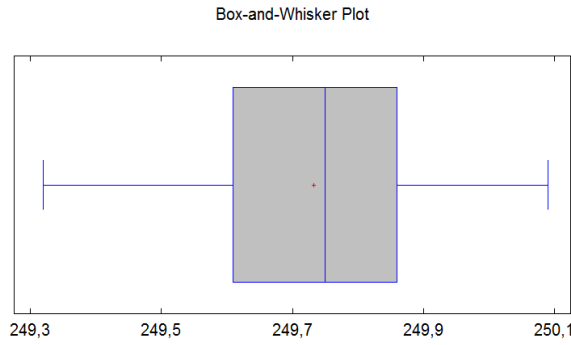
Ölçüm sonuçlarına göre %95 güven aralığında ölçüm belirsizliği $50,42 \pm 0,07$ ml olarak hesaplanmıştır.

4.1.4.3. Özel numune alma kabı ile sensörün 250 ml seviyesinde sabitlenmesiyle yapılan ölçüm sonuçlarının istatistiksel olarak değerlendirilmesi

Sensörün sabitlenmesiyle oluşturulan düzenek 250 ml numune almak için çalıştırılmış, 30 adet ölçüm alınmış bu ölçüm sonuçları istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Çizelge 4.7’de istatistiksel sonuçlar verilmiştir.

Çizelge 4.7’ye göre standart skewness ve kurtosis değerleri olması gereken aralık içinde bulunmadığından ölçüm sonuçları normal dağılım göstermemektedir. Kesin sonuçlara ulaşmak için normal dağılım testleri uygulanmıştır.

Box-whisker grafiği oluşturularak outlier tespiti yapılmıştır. 250,57 değerinin outlier olduğu belirlenmiş, bu değer dahilinde veri setinin normal dağılmadığı görülmüş, bundan sonra 250,57 değeri çıkarılmıştır. Bu değer çıkarıldıktan sonraki Box-whisker grafiği Şekil 4.10’da gösterilmiştir.



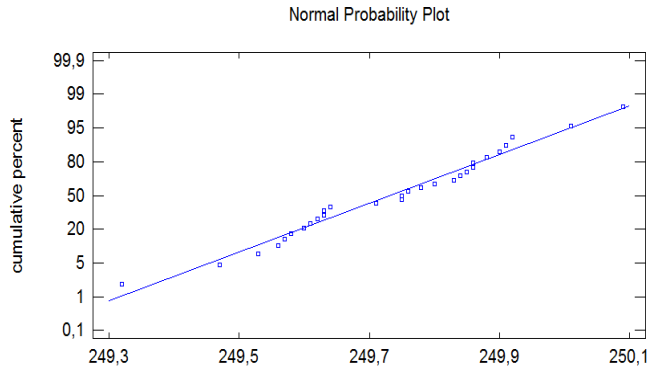
Şekil 4.10. Box-whisker grafiği

Ölçüm sonuçlarının normal dağılıma sahip olup olmadığı tespit edilmiştir. Bunun için normal dağılım testlerinden yararlanılmış ve tablo oluşturulmuştur (Çizelge 4.10.). Bu tablodaki en düşük P değerinin 0,45682 olduğu görülmüştür. Bu değer 0,05’ten büyük olduğu için %95 güven aralığında dağılım normaldir.

Çizelge 4.10. Normal dağılım testleri değerlendirme tablosu

Test	Statistic	P-Value
Chi-Squared	11,8621	0,45682
Shapiro-Wilk W	0,98016	0,856285
Skewness Z-score	0,311112	0,755712
Kurtosis Z-score	0,125358	0,900235

Şekil 4.11’de normal dağılımın grafiği oluşturulmuştur.



Şekil 4.11. Normal dağılımın grafik ile gösterilmesi

Ölçüm sonuçlarına göre %95 güven aralığında belirsizlik $249,76 \pm 0,09$ ml olarak hesaplanmıştır.

4.2. Sabit Sıvı Tespit Sensör Elektrotları İle Yapılan Test Çalışmaları

Otomatik sistemde bulunan numune alma haznesinin 50 ml ve 250 ml hacim seviye düzeylerine sabit sıvı tespit sensörü yerleştirilmiştir. Pompa yardımıyla sisteme numune alınmıştır. Sensör seviyesine sıvı örneği geldiğinde mikro denetleyiciye gelen sinyal ile anında pompanın çalışması durdurulmuştur. Mikro denetleyici, vana motorunu çalıştırarak numuneyi numune alma kabına boşaltmış böylece numune alım işlemi tamamlanmıştır.

4.2.1. Sabit sıvı tespit sensör elektrotları ile yapılan test çalışmalarının sonuçları

Sabit sıvı tespit sensör elektrotları ile yapılan test çalışmalarında 50 ml ve 250 ml seviyesine sensör yerleştirilmiştir. Bu seviyelerde test ölçümleri yapılmıştır. Ayrıca eklenik olarak da ağırlık ölçümleri yapılmıştır. 5 eklenik hacmin 5’e bölüldüğünde de sonuçlar, ölçüm sonuçlarına çok yakın değerde çıkmıştır (Çizelge 4.11). 100 ml numune almak istenirse, 50 ml seviyesinden 2 eklenik numune alınabilir. Her seferindeki 8 ml’lik fazlalık sistemdeki bağlantı borusudan kaynaklanmaktadır.

Çizelge 4.11. Eklenik olarak yapılan ağırlık ölçüm sonuçları (g)

Eklenik	Eklenik / 5
293,69	58,738
293,31	58,662
293,23	58,646
293,33	58,666
292,80	58,560
293,36	58,672
294,29	58,858
293,44	58,688
293,21	58,642
293,52	58,704
294,10	58,820

250 ml seviyesinde eklenik olarak ağırlık ölçümleri yapılmıştır (Çizelge 4.12). 1000 ml numune almak isteyen kişi 250 ml seviyeden 4 kez, 1250 ml numuneyi 5 kez düzeneği çalıştırarak da alabilir.

Çizelge 4.12. Eklenik alınan numune ölçüm sonuçları (g)

Eklenik	Eklenik / 5
1291,38	258,276
1290,73	258,146
1290,21	258,042
1289,04	257,808
1289,84	257,968
1290,24	258,048
1289,32	257,864
1290,08	258,016
1289,79	257,958
1290,41	258,082

4.2.2. Sabit sıvı tespit sensör elektrotları ile yapılan ölçüm sonuçlarının istatistiksel olarak değerlendirilmesi

Bu bölümde sabit sıvı tespit sensör elektrotları ile yapılan ölçüm sonuçları istatistiksel olarak değerlendirilmiş, tüm yapılan ağırlık ölçümlerin istatistiksel sonuçları özet şekilde tablo haline getirilmiştir (Çizelge 4.13.).

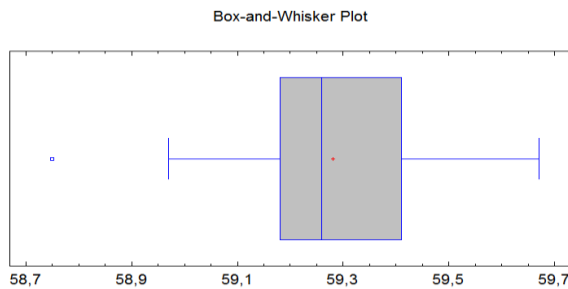
Çizelge 4.13. Sabit sıvı tespit sensör elektrotları ile yapılan ağırlık ölçümlerinin istatistiksel sonuçları

	50 ml seviyesi	250 ml seviyesi
Ölçüm sayısı	51	51
Ortalama	59,29	258,21
Ortanca değer	59,26	258,22
Mod	59,18	258,09
Geometrik ortalama	59,29	258,21
Standart sapma	0,19	0,21
Varyasyon katsayısı (%)	0,34	0,08
Standard hata	0,03	0,03
Minimum	58,75	257,58
Maksimum	60,03	258,64
Aralık	1,28	1,06
Standart skewness	2,19	-0,64
Standart kurtosis	4,64	0,69

4.2.2.1. Sabit sıvı tespit sensör elektrotları ile 50 ml seviyesinde yapılan ölçüm sonuçlarının istatistiksel olarak değerlendirilmesi

Düzenek 50 ml numune almak için düzenek çalıştırılmış, 51 adet ölçüm yapılmış bu ölçüm sonuçları istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Yapılan ölçüm sonuçlarının istatistiksel sonuçları Çizelge 4.13’de verilmiştir.

Standart skewness ve kurtosis değerleri olması gereken aralık içinde bulunmadığından sonuçları normal dağılım göstermemektedir. Kesin sonuçlara ulaşmak için normal dağılım testleri uygulanmıştır. Ölçüm sonuçları normal dağılım gösteriyor mu diye incelenmiş, normal dağılım göstermediği tespit edilmiştir. 60,03 değeri outlier olarak belirlenip, bu değer veri setinden çıkarılmıştır. Ardından skewness ve kurtosis değerlerine bakıldığında bu değerlerin olması gereken aralık içinde olduğu görülmüştür. Box-whisker grafiği oluşturularak outlier tespiti yapılmıştır (Şekil 4.12.).



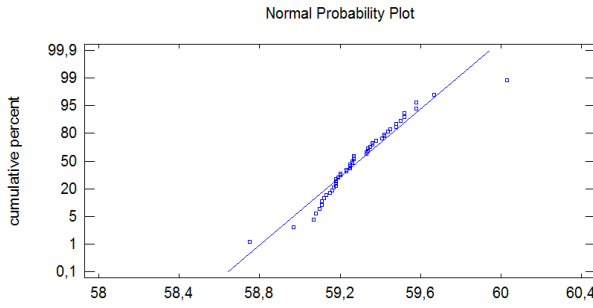
Şekil 4.12. Box-whisker grafiği

Çizelge 4.14'de en düşük P değerinin 0,19605 olduğu görülmüştür. Bu değer 0,05'ten büyük olduğundan %95 güven aralığında dağılım normaldir. Bu yüzden outlier gibi görülen 58,5 değeri çıkarılmamıştır.

Çizelge 4.14. Normal dağılım tespiti için yapılan testlerin tablosu

Test	Statistic	P-Value
Chi-Squared	19,12	0,208348
Shapiro-Wilk W	0,979585	0,71315
Skewness Z-score	0,42327	0,672095
Kurtosis Z-score	1,29289	0,19605

Normal dağılım grafik ile gösterilmiştir (Şekil 4.13.).



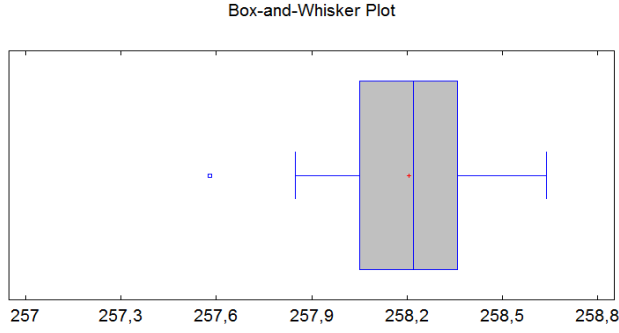
Şekil 4.13. Normal dağılımın grafik ile gösterilmesi

Ölçüm sonuçlarına göre %95 güven aralığında belirsizlik $59,29 \pm 0,05$ ml olarak hesaplanmıştır.

4.2.2.2. Sabit sıvı tespit sensör elektrotları ile 250 ml seviyesinde yapılan ölçüm sonuçlarının istatistiksel olarak değerlendirilmesi

Düzenek 250 ml numune almak için çalıştırılmış, 51 adet ölçüm alınmış bu ölçüm sonuçları istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Yapılan ölçümlerin istatistiksel sonuçları Çizelge 4.13'de verilmiştir. Standart skewness ve kurtosis değerleri olması gereken aralık içinde bulunmadığından sonuçları normal dağılım göstermemektedir. Kesin sonuçlara ulaşmak için normal dağılım testleri uygulanmıştır.

Box-whisker grafiği oluşturularak outlier tespiti yapılmıştır (Şekil 4.14.).

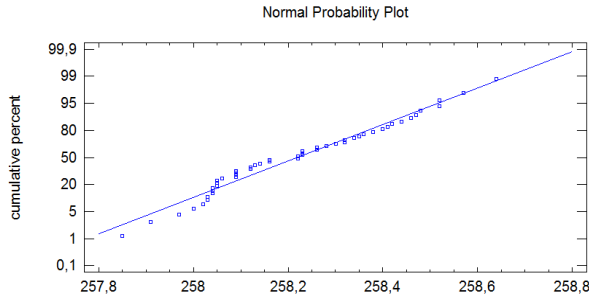


Şekil 4.14. Box-whisker grafiği

Ölçüm sonuçlarının dağılımının normal olup olmadığını belirlemek için testler yapılmıştır (Çizelge 4.15.) ve grafik oluşturulmuştur (Şekil 4.15.). Çizelge 4.15’de en düşük P değerinin 0,148839 olduğu görülmüştür. Bu değer 0,05’ten büyük olduğundan %95 güven aralığında dağılım normaldir.

Çizelge 4.15. Normal dağılım tespiti için yapılan testlerin tablosu

Test	Statistic	P-Value
Chi-Squared	19,84	0,178157
Shapiro-Wilk W	0,961345	0,177561
Skewness Z-score	0,638918	0,522873
Kurtosis Z-score	-1,44364	0,148839



Şekil 4.15. Normal dağılımın grafik ile gösterilmesi

Ölçüm sonuçlarına göre %95 güven aralığında belirsizlik $258,21 \pm 0,06$ ml olarak hesaplanmıştır.

4.3. Taşma Kontrollü Kap Kullanılarak Yapılan Test Çalışmaları

Taşma kontrollü 20 ml kap (örnekleme haznesi) kullanılarak düzenek oluşturulmuştur. Pompa yardımı ile su, örnekleme haznesine gelmiştir. Taşma seviyesine gelen su taşmaya başlamış o anda pompa durdurulmuştur. Taşmanın bittiği, seviyedeki suyun sabit kaldığı durum olduğu anda vana açılmıştır ve haznedeki su darası alınmış beherlere boşaltılarak tartım yapılmıştır. İlk yapılan

örnekleme düzeneğinde 20 ml taşma kontrollü kap kullanılmış, vanaya bağlantı kısmı kısa olduğu için 20 ml'ye çok yakın sonuçlar elde edilmiştir. Fakat 30 ml ve 30 ml'nin katlarının eklenik olarak alındığı örnekleme düzeneğinde, vanaya bağlantı kısmı daha uzundur. Bu yüzden bağlantı borularından kaynaklanan hacim artışı olmuştur.

4.3.1. Taşma kontrollü kap kullanılarak yapılan test çalışmalarının sonuçları

Taşma kontrollü kap kullanılarak numune alma çalışmaları yapılmıştır. Darası alınmış behere, numuneler boşaltılmış, ardından tartım yapılmıştır. 30 ml ve katları (90 ml, 180 ml, 240 ml) şeklinde eklenik numuneler alınmıştır.

4.3.2. Taşma kontrollü kap kullanılarak yapılan ölçüm sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmesi

Bu bölümde taşma kontrollü kap kullanılarak yapılan ölçüm sonuçları istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve tablo haline getirilmiştir. Oluşturulan bu tablo Çizelge 4.16'da verilmiştir.

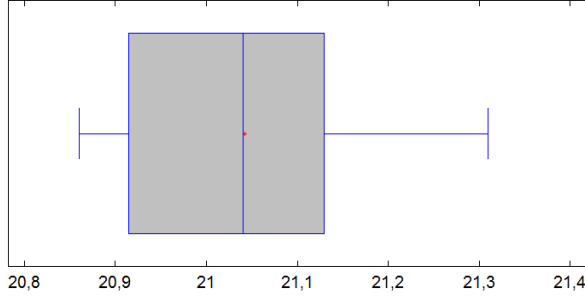
Çizelge 4.16. Taşma kontrollü kap kullanılarak yapılan ağırlık ölçüm sonuçlarının istatistiksel sonuçları

	20 ml için	30 ml için	90 ml için	180 ml için	240 ml için
Ölçüm sayısı	20	30	20	20	20
Ortalama	21,04	29,96	89,71	178,07	236,60
Ortanca değer	21,04	29,93	89,55	178,04	236,62
Mod		29,99	89,47		
Geometrik ortalama	21,04	29,96	89,71	178,07	236,60
Standart sapma	0,13	0,21	0,37	0,58	0,45
Varyasyon katsayısı (%)	0,641095	0,692285	0,417134	0,325452	0,188561
Standard Hata	0,03	0,04	0,08	0,13	0,09
Minimum	20,86	29,65	89,25	177,11	235,76
Maksimum	21,31	30,44	90,54	179,47	237,38
Aralık	0,45	0,79	1,29	2,36	1,62
Standart skewness	0,71	1,56	1,85	1,17	-0,13
Standart kurtosis	-0,76	-0,13	0,17	0,46	-0,82

4.3.2.1. Taşma kontrolü ile 20 ml numune almak için yapılan ölçüm sonuçlarının istatistiksel değerlendirmeleri

Düzenek 20 ml numune almak için çalıştırılmış, 20 adet ağırlık ölçümü yapılmış, bu ölçüm sonuçları istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Yapılan ölçümlerin istatistiksel sonuçları Çizelge 4.16'da verilmiştir. Standart skewness ve kurtosis

değerleri olması gereken aralık içinde bulunduğundan ölçüm sonuçları normal dağılım göstermektedir. Kesin sonuçlara ulaşmak için normal dağılım testleri uygulanmıştır. Box-whisker grafiği oluşturularak outlier tespiti yapılmıştır (Şekil 4.16.).



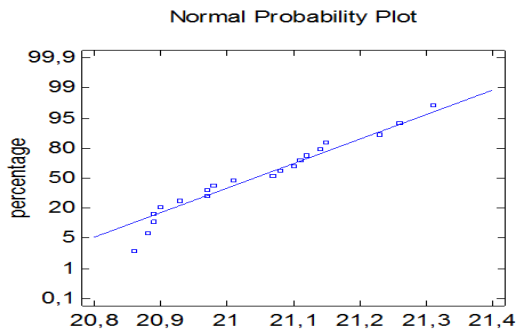
Şekil 4.16. Box-whisker grafiği

Ölçüm sonuçlarının normal dağılıma sahip olup olmadığı tespit edilmiştir. Bunun için normal dağılım testlerinden yararlanılmış, tablosu oluşturulmuştur (Çizelge 4.17.). Tabloda en düşük P değerinin 0,252985 olduğu görülmüştür. Bu değer 0,05'ten büyük olduğu için %95 güven aralığında dağılım normaldir.

Çizelge 4.17. Normal dağılım tespiti için yapılan testlerin tablosu

Test	Statistic	P-Value
Chi-Squared	12,5	0,252985
Shapiro-Wilk W	0,941167	0,264109
Skewness Z-score	0,566349	0,571154
Kurtosis Z-score	-0,9162	0,35956

Şekil 4.17'de görüldüğü gibi normal dağılımın grafiği oluşturulmuştur.

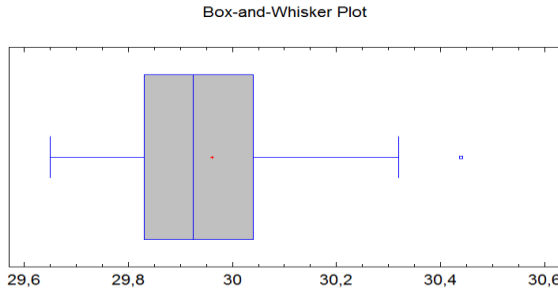


Şekil 4.17. Normal dağılımın grafik ile gösterilmesi

Ölçüm sonuçlarına göre %95 güven aralığında belirsizlik $21,04 \pm 0,06$ ml olarak hesaplanmıştır.

4.3.2.2. Taşma kontrolü ile 30 ml numune almak için yapılan ölçüm sonuçlarının istatistiksel değerlendirmeleri

Düzenek 30 ml numune almak için çalıştırılmış. 30 adet ölçüm yapılmış, bu ölçüm sonuçları istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Yapılan ölçümlerin istatistiksel sonuçları Çizelge 4.16'da verilmiştir. Standart skewness ve kurtosis değerleri olması gereken aralık içinde bulunduğundan ölçüm sonuçları normal dağılım göstermektedir. Kesin sonuçlara ulaşmak için normal dağılım testleri uygulanmıştır. Box-whisker grafiği oluşturularak outlier tespiti yapılmıştır (Şekil 4.18.).



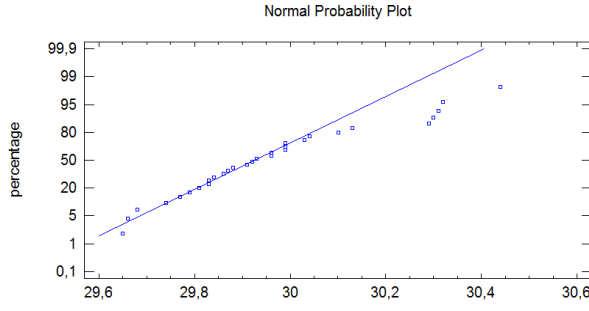
Şekil 4.18. Box-whisker grafiği

Ölçüm sonuçlarının normal dağılıma sahip olup olmadığı tespit edilmiştir. Bunun için normal dağılım testlerinden yararlanılmış, tablosu oluşturulmuştur (Çizelge 4.18.). Tabloda en düşük P değerinin 0,0782348 olduğu görülmüştür. Bu değer 0,05'ten büyük olduğundan, dağılım normaldir.

Çizelge 4.18. Normal dağılım tespiti için yapılan testlerin tablosu

Test	Statistic	P-Value
Chi-Squared	17,0	0,149597
Shapiro-Wilk W	0,935013	0,0782348
Skewness Z-score	1,16313	0,244774
Kurtosis Z-score	0,0632858	0,949533

Şekil 4.19'da normal dağılımın grafiği oluşturulmuştur.

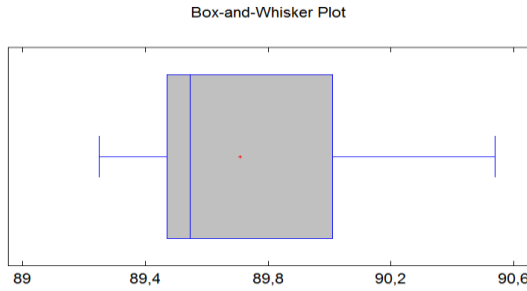


Şekil 4.19. Normal dağılımın grafik ile gösterilmesi

Ölçüm sonuçlarına göre %95 güven aralığında belirsizlik $29,97 \pm 0,08$ ml olarak hesaplanmıştır.

4.3.2.3. Taşma kontrolü ile 90 ml numune almak için yapılan ölçüm sonuçlarının istatistiksel değerlendirmeleri

Düzenek 90 ml numune almak için çalıştırılmış, 20 adet ölçüm yapılmış, bu ölçümler istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Yapılan ölçümlerin istatistiksel sonuçları Çizelge 4.16'da verilmiştir. Standart skewness ve kurtosis değerleri olması gereken aralık içinde bulunduğundan ölçüm sonuçları normal dağılım göstermektedir. Kesin sonuçlara ulaşmak için normal dağılım testleri uygulanmıştır. Box-whisker grafiği oluşturularak outlier tespiti yapılmıştır (Şekil 4.20).



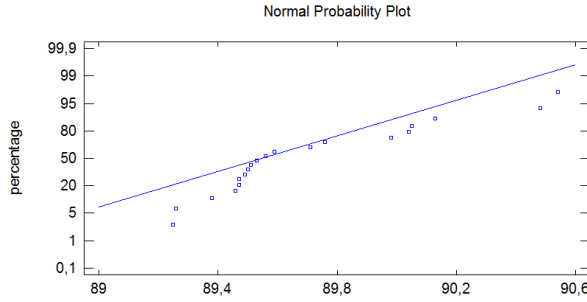
Şekil 4.20. Box-whisker grafiği

Ölçüm sonuçlarının normal dağılıma sahip olup olmadığı tespit edilmiştir. Bunun için normal dağılım testlerinden yararlanılmış, tablosu oluşturulmuştur (Çizelge 4.19.). Tabloda en düşük P değerinin 0,0146313 olduğu görülmüştür. Bu değer 0,05'ten küçük olduğu için dağılım normal değildir.

Çizelge 4.19. Normal dağılım tespiti için yapılan testlerin tablosu

Test	Statistic	P-Value
Chi-Squared	20,3	0,0265395
Shapiro-Wilk W	0,876417	0,0146313
Skewness Z-score	1,37859	0,16802
Kurtosis Z-score	0,416896	0,676751

Şekil 4.21’de görüldüğü gibi normal olmayan dağılımın grafiği oluşturulmuştur.



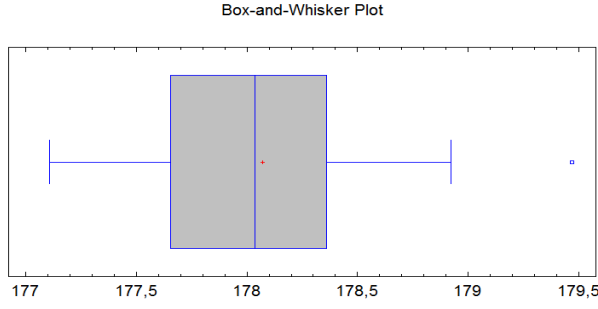
Şekil 4.21. Normal olmayan dağılımın grafik ile gösterilmesi

Ölçüm sonuçlarına göre %95 güven aralığında belirsizlik $89,71 \pm 0,16$ ml olarak hesaplanmıştır.

4.3.2.4. Taşma kontrolü ile 180 ml numune almak için yapılan ölçüm sonuçlarının istatistiksel değerlendirmeleri

Düzenek 180 ml numune almak için çalıştırılmış, 20 adet ölçüm yapılmış, bu ölçümler istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Yapılan ölçümlerin istatistiksel sonuçları Çizelge 4.16’da verilmiştir. Standart skewness ve kurtosis değerleri olması gereken aralık içinde bulunduğundan ölçüm sonuçları normal dağılım göstermektedir. Kesin sonuçlara ulaşmak için normal dağılım testleri uygulanmıştır.

Box-whisker grafiği oluşturularak outlier tespiti yapılmıştır (Şekil 4.22.).



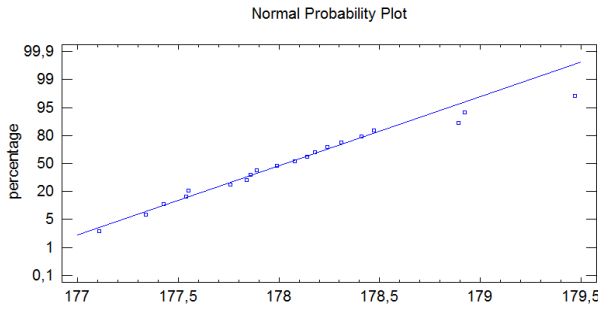
Şekil 4.22. Box-whisker grafiği

Ölçüm sonuçlarının normal dağılıma sahip olup olmadığı tespit edilmiştir. Bunun için normal dağılım testlerinden yararlanılmış, tablosu oluşturulmuştur (Çizelge 4.20.). Tabloda en düşük P değerinin 0,363116 olduğu görülmüştür. Bu değer 0,05'ten büyük olduğundan, dağılım normaldir.

Çizelge 4.20. Normal dağılım testleri değerlendirme tablosu

Test	Statistic	P-Value
Chi-Squared	6,0	0,815263
Shapiro-Wilk W	0,968718	0,720616
Skewness Z-score	0,90944	0,363116
Kurtosis Z-score	0,717667	0,47296

Şekil 4.23'de görüldüğü gibi normal dağılımın grafiği oluşturulmuştur.



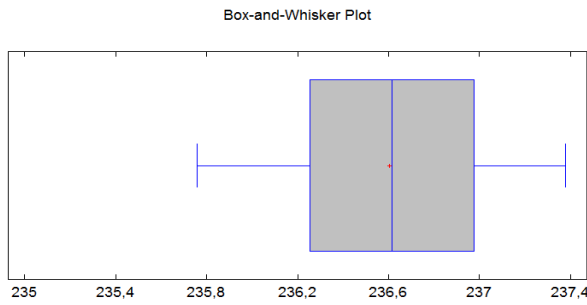
Şekil 4.23. Normal dağılımın grafik ile gösterilmesi

Ölçüm sonuçlarına göre %95 güven aralığında belirsizlik $178,07 \pm 0,27$ ml olarak hesaplanmıştır.

4.3.2.5. Taşma kontrolü ile 240 ml numune almak için yapılan ölçüm sonuçlarının istatistiksel değerlendirmeleri

Düzenek 240 ml numune almak için çalıştırılmış, 20 adet ölçüm yapılmış, bu ölçüm sonuçları istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Yapılan ölçümlerin istatistiksel sonuçları Çizelge 4.16'da verilmiştir. Standart skewness ve kurtosis değerleri olması gereken aralık içinde bulunduğundan ölçüm sonuçları normal dağılım göstermektedir. Kesin sonuçlara ulaşmak için normal dağılım testleri uygulanmıştır.

Box-whisker grafiği oluşturularak outlier tespiti yapılmıştır (Şekil 4.24.).



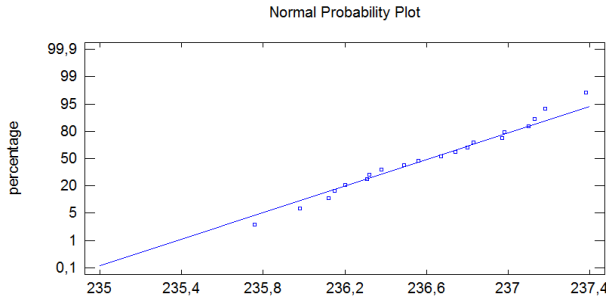
Şekil 4.24. Box-whisker grafiği

Ölçüm sonuçlarının normal dağılıma sahip olup olmadığı tespit edilmiştir. Bunun için normal dağılım testlerinden yararlanılmış, tablo oluşturulmuştur (Çizelge 4.21.). Tabloda en düşük P değerinin 0,303402 olduğu görülmüştür. Bu değer 0,05'ten büyük olduğundan, dağılım normaldir.

Çizelge 4.21. Normal dağılım tespiti için yapılan testlerin tablosu

Test	Statistic	P-Value
Chi-Squared	3,4	0,970385
Shapiro-Wilk W	0,976917	0,872417
Skewness Z-score	0,107412	0,914457
Kurtosis Z-score	-1,02916	0,303402

Şekil 4.25'de normal dağılımın grafiği oluşturulmuştur.



Şekil 4.25. Normal dağılımın grafik ile gösterilmesi

Ölçüm sonuçlarına göre %95 güven aralığında belirsizlik $236,60 \pm 0,21$ ml olarak hesaplanmıştır.

4.4. Damla Sayısı İle Yapılan Test Çalışmaları

Taşma kontrollü kap kullanarak, kap hacmi kadar numune alımı gerçekleştirilmiştir. Kap hacminden farklı miktarlarda numune alınması durumunda, istenilen hacme, damla ile tamamlanması amacıyla, damla sayısı düzeneği yapılmıştır. Ayrıca debiye bağlı numune alımlarında değişik hacimlerde numune alımının gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Böyle durumlarda anlık veya kompozit numunelerde hacim ayarlaması damla sayısı ile gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu sebeplerden dolayı damla sayısı ile testler yapılmıştır ve bu şekilde numune alma yönteminin verimliliği araştırılmıştır.

Pompa ile numune alma haznesine gelen su, darası alınmış behere, damla şeklinde gelmiş, damlaların sayımı, mikro denetleyiciye gelen sinyaller ile algılanarak gerçekleştirilmiştir.

Damla sayısı ile numune alma işlemi az miktarda numune alınacağı zaman daha etkili olabilmektedir. Zamanda kısıtlama olmazsa bu sistem ile numune alınabilir, örneğin numune alımı yapılacak alıcı ortama bırakılan cihaz, damla damla anlık veya kompozit numune alabilmektedir. Çünkü damlaların sayımı çok hızlı olmamaktadır.

4.4.1. Damla sayısı ile yapılan test çalışmalarının sonuçları

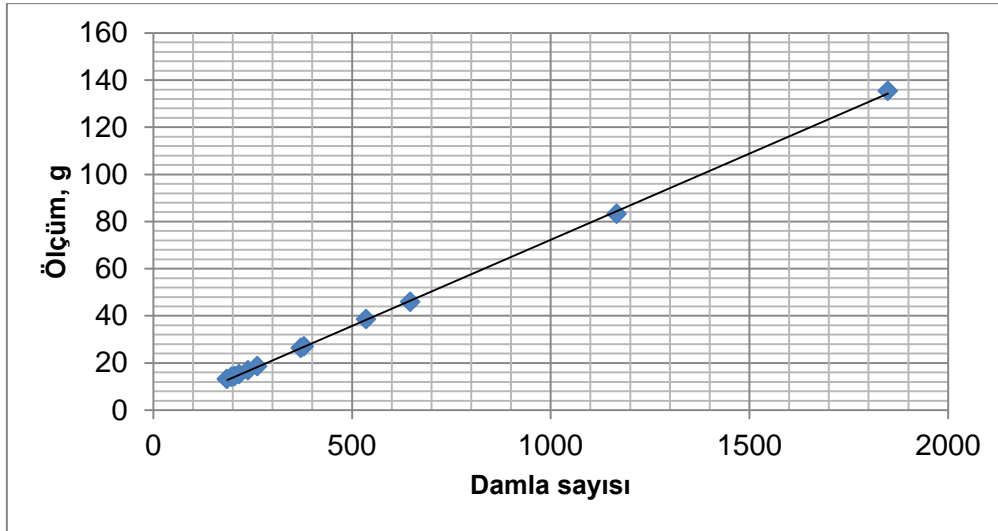
Her bir damlanın kaç grama karşılık geldiğinin tespiti için testler yapılmıştır. Bunun için numune alma kabına her seferinde su seviyesi arttırılarak su eklenmiş, ekleme

sonrasında mikro denetleyici PIC program ile damlalar sayılmıştır. Darası alınmış behere damla sayısı sayılmış numune vana ile boşaltılarak, damla sayısına karşılık gelen ölçüm sonuçları ile tablo (Çizelge 4.22.), bu tabloya göre de kalibrasyon grafiği oluşturulmuştur (Şekil 4.26).

Çizelge 4.22. Damla sayısı ile yapılan ölçüm sonuçları

Damla sayısı	Ölçüm (g)	Birim (g)
186	13,07	0,070268817
198	14,03	0,070858586
205	14,32	0,069853659
216	15,20	0,070370370
239	16,81	0,070334728
262	18,52	0,070687023
372	26,32	0,070752688
380	26,96	0,070947368
536	38,51	0,071847015
647	45,83	0,070834621
1167	83,15	0,071251071
1849	135,27	0,073158464

Çizelge 4.22’de görüldüğü gibi bir damla miktarı yaklaşık 0,07 g olarak bulunmuştur.



Şekil 4.26. Damla sayısı ile yapılan ölçüm sonuçlarına göre oluşturulan kalibrasyon grafiği

Şekil 4.26'daki kalibrasyon grafiğindeki denkleme göre 5 ml, 10 ml, 20 ml, 30 ml, 40 ml ve 50 ml numunelere karşılık gelen damla sayıları belirlenmiştir. Belirlenen damla sayıları mikro denetleyici PIC programına girilerek test çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Ayrıca, doğruluğunun kıyaslanması amacı ile yüksek lisans öğrencisi Şilan Öztürkçü ile laboratuvarında, kontrol amacıyla testler yapılmıştır. Pipet ile düzenli olarak 5 ml numune alınmış, ardından bunlar tartılmıştır.

4.4.2. Damla sayısı ile yapılan ölçüm sonuçlarının istatistiksel olarak değerlendirilmesi

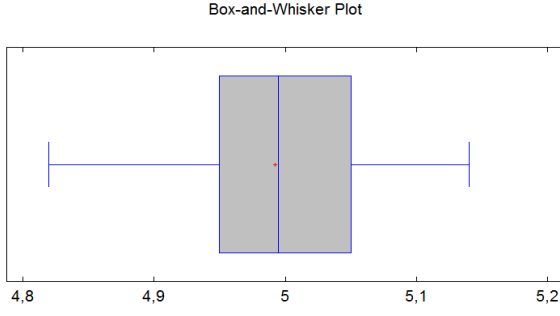
Pipet ile 5 ml ve belirlenen damla sayılarında ölçüm sonuçları istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Yapılan ölçümlerin istatistiksel sonuçları Çizelge 4.23'de verilmiştir.

Çizelge 4.23. Damla sayısı ile yapılan ağırlık ölçümlerin istatistiksel sonuçları

	5 ml	10 ml	20 ml	30 ml	40 ml	50 ml	pipet
Ölçüm sayısı	30	30	30	30	30	30	30
Ortalama	4,99	10,45	20,27	30,51	40,21	49,91	4,98
Ortanca değer	4,995	10,46	20,26	30,54	40,24	49,83	4,98
Mod	4,99	10,46	20,3			49,74	4,99
Geometrik ortalama	4,99	10,45	20,27	30,51	40,20	49,91	4,98
Standart sapma	0,09	0,15	0,15	0,19	0,48	0,32	0,03
Varyasyon katsayısı (%)	1,72	1,39	0,76	0,62	1,19	0,64	0,60
Standart hata	0,02	0,03	0,03	0,03	0,09	0,1	0,01
Minimum	4,82	10,09	20,04	30,14	39,33	49,38	4,9
Maksimum	5,14	10,78	20,61	30,87	40,88	50,75	5,07
Aralık	0,32	0,69	0,57	0,73	1,55	1,37	0,17
Standart skewness	-0,68	0,18	0,95	0,66	-0,88	1,42	0,10
Standart kurtosis	-0,38	1,09	-0,79	-0,37	-1,27	0,27	3,70

4.4.2.1. Damla sayımı ile 5 ml numune almak için yapılan ölçüm sonuçlarının istatistiksel değerlendirmeleri

Düzenek 5 ml numune almak için çalıştırılmış, 30 adet ölçüm yapılmış, bu ölçüm sonuçları istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Yapılan ölçümlerin istatistiksel sonuçları Çizelge 4.23'de verilmiştir. Standart skewness ve kurtosis değerleri olması gereken aralık içinde bulunduğundan ölçüm sonuçları normal dağılım göstermektedir. Kesin sonuçlara ulaşmak için normal dağılım testleri uygulanmıştır. Box-whisker grafiği oluşturularak outlier tespiti yapılmıştır (Şekil 4.27.).



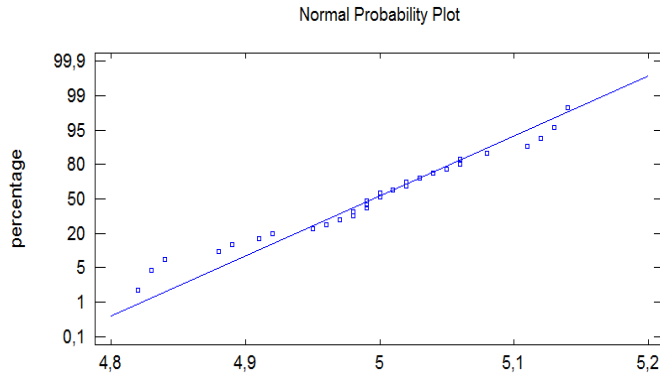
Şekil 4.27. Box-whisker grafiği

Ölçüm sonuçlarının normal dağılıma sahip olup olmadığı tespit edilmiştir. Bunun için normal dağılım testlerinden yararlanılmış, tablosu oluşturulmuştur (Çizelge 4.24.). Tabloda en düşük P değerinin 0,431517 olduğu görülmüştür. Bu değer 0,05'ten büyük olduğu için %95 güven aralığında dağılım normaldir.

Çizelge 4.24. Normal dağılım tespiti için yapılan testlerin tablosu

Test	Statistic	P-Value
Chi-Squared	4,0	0,983437
Shapiro-Wilk W	0,963793	0,431517
Skewness Z-score	0,528959	0,596831
Kurtosis Z-score	-0,265982	0,790249

Şekil 4.28'de normal dağılımın grafiği oluşturulmuştur.

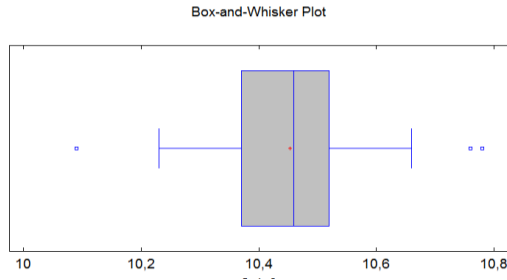


Şekil 4.28. Normal dağılımın grafik ile gösterilmesi

Ölçüm sonuçlarına göre %95 güven aralığında belirsizlik $4,99 \pm 0,03$ ml olarak hesaplanmıştır.

4.4.2.2. Damla sayısı ile 10 ml numune almak için yapılan ölçüm sonuçlarının istatistiksel olarak değerlendirilmesi

Düzenek 10 ml numune almak için çalıştırılmış, 30 adet ölçüm yapılmış, bu ölçüm sonuçları istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. İstatistiksel sonuçlar Çizelge 4.23'de verilmiştir. Standart skewness ve kurtosis değerleri olması gereken aralık içinde bulunduğundan ölçüm sonuçları normal dağılım göstermektedir. Kesin sonuçlara ulaşmak için normal dağılım testleri uygulanmıştır. Box-whisker grafiği oluşturularak outlier tespiti yapılmıştır (Şekil 4.29.).



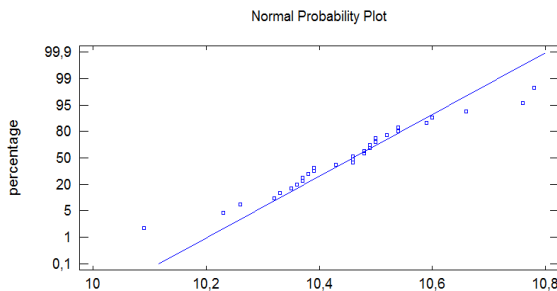
Şekil 4.29. Box-whisker grafiği

Ölçüm sonuçlarının normal dağılıma sahip olup olmadığı tespit edilmiştir. Bunun için normal dağılım testlerinden yararlanılmış, tablosu oluşturulmuştur (Çizelge 4.25.). Tabloda en düşük P değerinin 0,219367 olduğu görülmüştür. Bu değer 0,05'ten büyük olduğu için %95 güven aralığında dağılım normaldir.

Çizelge 4.25. Normal dağılım tespiti için yapılan testlerin tablosu

Test	Statistic	P-Value
Chi-Squared	13,0	0,369041
Shapiro-Wilk W	0,97276	0,658448
Skewness Z-score	0,14485	0,884824
Kurtosis Z-score	1,22821	0,219367

Şekil 4.30'da görüldüğü gibi normal dağılımın grafiği oluşturulmuştur.

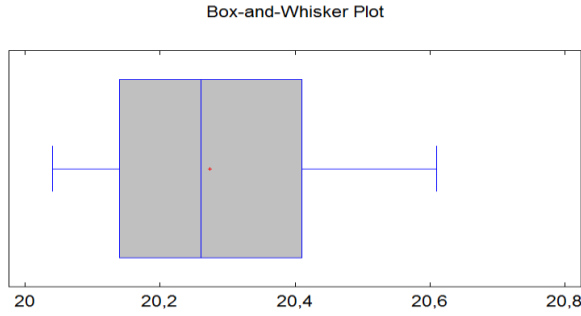


Şekil 4.30. Normal dağılımın grafik ile gösterilmesi

Ölçüm sonuçlarına göre %95 güven aralığında belirsizlik $10,45 \pm 0,05$ ml olarak hesaplanmıştır.

4.4.2.3. Damla sayısı ile 20 ml numune almak için yapılan ölçüm sonuçlarının istatistiksel olarak değerlendirilmesi

20 ml numune almak için düzenek çalıştırılmış 30 adet ölçüm yapılmış, bu ölçüm sonuçları istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Yapılan ölçümlerin istatistiksel sonuçları Çizelge 4.23'de verilmiştir. Standart skewness ve kurtosis değerleri olması gereken aralık içinde bulunduğundan ölçüm sonuçları normal dağılım göstermektedir. Kesin sonuçlara ulaşmak için normal dağılım testleri uygulanmıştır. Box-whisker grafiği oluşturularak outlier tespiti yapılmıştır (Şekil 4.31.).



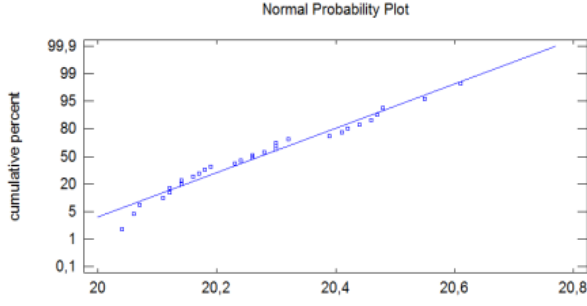
Şekil 4.31. Box-whisker grafiği

Ölçüm sonuçlarının normal dağılıma sahip olup olmadığı tespit edilmiştir. Bunun için normal dağılım testlerinden yararlanılmış, tablosu oluşturulmuştur (Çizelge 4.26.). Tabloda en düşük P değerinin 0,26615 olduğu görülmüştür. Bu değer 0,05'ten büyük olduğundan, %95 güven aralığında dağılım normaldir.

Çizelge 4.26. Normal dağılım tespiti için yapılan testlerin tablosu

Test	Statistic	P-Value
Chi-Squared	11,0	0,528919
Shapiro-Wilk W	0,955053	0,26615
Skewness Z-score	0,73199	0,464172
Kurtosis Z-score	-0,953836	0,340165

Şekil 4.32'de görüldüğü gibi normal dağılımın grafiği oluşturulmuştur.

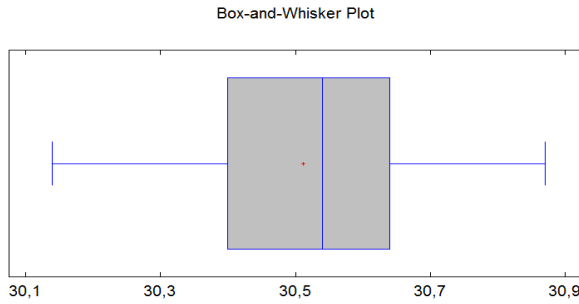


Şekil 4.32. Normal dağılımın grafik ile gösterilmesi

Ölçüm sonuçlarına göre %95 güven aralığında belirsizlik $20,27 \pm 0,06$ ml olarak hesaplanmıştır.

4.4.2.4. Damla sayısı ile 30 ml numune almak için yapılan ölçüm sonuçlarının istatistiksel olarak değerlendirilmesi

30 ml numune almak için düzenek çalıştırılmış 30 adet ölçüm yapılmış, bu ölçüm sonuçları istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Yapılan ölçümlerin istatistiksel sonuçları Çizelge 4.23'de verilmiştir. Standart skewness ve kurtosis değerleri olması gereken aralık içinde bulunduğundan ölçüm sonuçları normal dağılım göstermektedir. Kesin sonuçlara ulaşmak için normal dağılım testleri uygulanmıştır. Box-whisker grafiği oluşturularak outlier tespiti yapılmıştır (Şekil 4.33.).



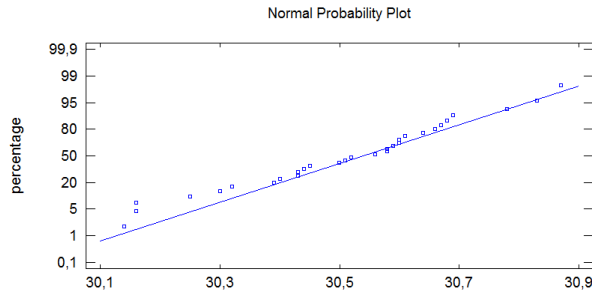
Şekil 4.33. Box-whisker grafiği

Ölçüm sonuçlarının normal dağılıma sahip olup olmadığı tespit edilmiştir. Bunun için normal dağılım testlerinden yararlanılmış, tablosu oluşturulmuştur (Çizelge 4.27.). Tabloda en düşük P değerinin 0,44568 olduğu görülmüştür. Bu değer 0,05'ten büyük olduğu için %95 güven aralığında dağılım normaldir.

Çizelge 4.27. Normal dağılım tespiti için yapılan testlerin tablosu

Test	Statistic	P-Value
Chi-Squared	12,0	0,44568
Shapiro-Wilk W	0,966122	0,485873
Skewness Z-score	0,51645	0,605537
Kurtosis Z-score	-0,251039	0,80178

Şekil 4.34'de normal dağılımın grafiği oluşturulmuştur.



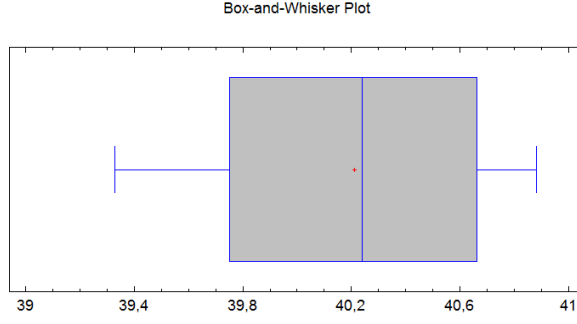
Şekil 4.34. Normal dağılımın grafik ile gösterilmesi

Ölçüm sonuçlarına göre %95 güven aralığında belirsizlik $30,51 \pm 0,07$ ml olarak hesaplanmıştır.

4.4.2.5. Damla sayısı ile 40 ml numune almak için yapılan ölçüm sonuçlarının istatistiksel olarak değerlendirilmesi

40 ml numune almak için düzenek çalıştırılmış 30 adet ölçüm yapılmış, bu ölçüm sonuçları istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Yapılan ölçümlerin istatistiksel sonuçları Çizelge 4.23'de verilmiştir. Standart skewness ve kurtosis değerleri olması gereken aralık içinde bulunduğundan ölçüm sonuçları normal dağılım göstermektedir. Kesin sonuçlara ulaşmak için normal dağılım testleri uygulanmıştır.

Box-whisker grafiği oluşturularak outlier tespiti yapılmıştır (Şekil 4.35.).



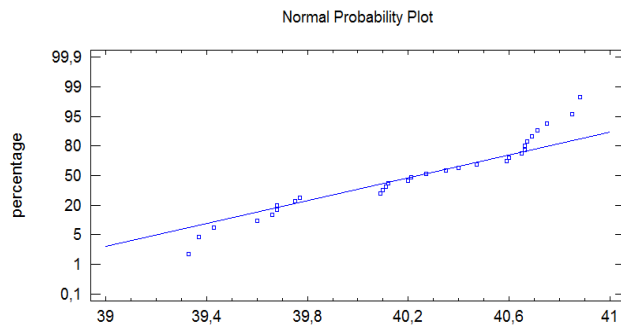
Şekil 4.35. Box-whisker grafiği

Ölçüm sonuçlarının normal dağılıma sahip olup olmadığı tespit edilmiştir. Bunun için normal dağılım testlerinden yararlanılmış, tablosu oluşturulmuştur (Çizelge 4.28.). Tabloda en düşük P değerinin 0,0264469 olduğu görülmüştür. Bu değer 0,05'ten küçük olduğundan, %95 güven aralığında dağılım normal değildir.

Çizelge 4.28. Normal dağılım tespiti için yapılan testlerin tablosu

Test	Statistic	P-Value
Chi-Squared	22,0	0,0375198
Shapiro-Wilk W	0,917841	0,0264469
Skewness Z-score	0,678437	0,497492
Kurtosis Z-score	-2,02757	0,0426035

Şekil 4.36'da görüldüğü gibi normal olmayan dağılımın grafiği oluşturulmuştur.



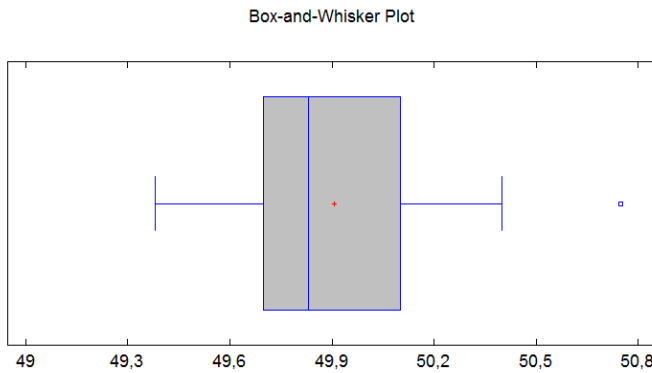
Şekil 4.36. Normal olmayan dağılımın grafik ile gösterilmesi

Ölçüm sonuçlarına göre %95 güven aralığında ölçüm belirsizliği $40,21 \pm 0,18$ ml olarak hesaplanmıştır.

4.4.2.6. Damla sayısı ile 50 ml numune almak için yapılan ölçüm sonuçlarının istatistiksel olarak değerlendirilmesi

50 ml numune almak için düzenek çalıştırılmış 30 adet ölçüm yapılmış, bu ölçüm sonuçları istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. Yapılan ölçümlerin istatistiksel sonuçları Çizelge 4.23'de verilmiştir. Standart skewness ve kurtosis değerleri olması gereken aralık içinde bulunduğundan ölçüm sonuçları normal dağılım göstermektedir. Kesin sonuçlara ulaşmak için normal dağılım testleri uygulanmıştır.

Box-whisker grafiği oluşturularak outlier tespiti yapılmıştır (Şekil 4.37.).



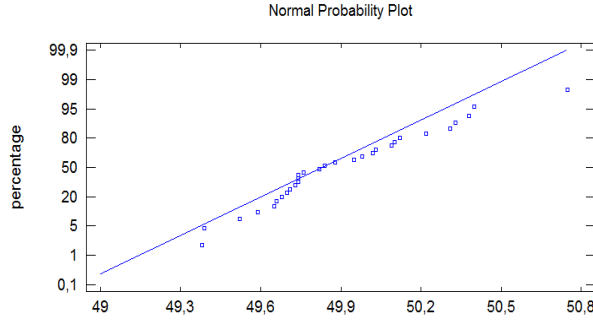
Şekil 4.37. Box-whisker grafiği

Ölçüm sonuçlarının normal dağılıma sahip olup olmadığı tespit edilmiştir. Bunun için normal dağılım testlerinden yararlanılmış, tablosu oluşturulmuştur (Çizelge 4.29.). Tabloda en düşük P değerinin 0,241436 olduğu görülmüştür. Bu değer 0,05'ten büyük olduğu için %95 güven aralığında dağılım normaldir.

Çizelge 4.29. Normal dağılım tespiti için yapılan testlerin tablosu

Test	Statistic	P-Value
Chi-Squared	15,0	0,241436
Shapiro-Wilk W	0,957584	0,307673
Skewness Z-score	1,06971	0,284747
Kurtosis Z-score	0,514862	0,606646

Şekil 4.38'de normal dağılımın grafiği oluşturulmuştur.



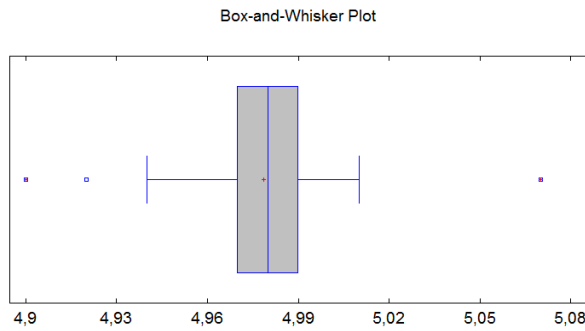
Şekil 4.38. Normal dağılımın grafik ile gösterilmesi

Ölçüm sonuçlarına göre %95 güven aralığında belirsizlik $49,91 \pm 0,12$ ml olarak hesaplanmıştır.

4.4.2.7. Pipet ile 5 ml ölçüm sonuçlarının istatistiksel değerlendirilmesi

Pipet ile yapılan ölçümlerin istatistiksel sonuçları Çizelge 4.23'de verilmiştir. Standart skewness ve kurtosis değerleri olması gereken aralık içinde bulunmadığından sonuçları normal dağılım göstermemektedir. Kesin sonuçlara ulaşmak için normal dağılım testleri uygulanmıştır.

Box-whisker grafiği oluşturularak outlier tespiti yapılmıştır (Şekil 4.39.).



Şekil 4.39. Box-whisker grafiği

Ölçüm sonuçlarına bakıldığında verilerin normal dağılmadığı tespit edilmiştir. Outlier olarak belirlenen 5.07, 4.92, 4.9 değerleri veri setinden çıkarıldığında Şekil 4.40'da görüldüğü gibi outlier görülmemiştir. Fakat bu şekilde de verilerin normal dağılım göstermediği belirlenmiştir.



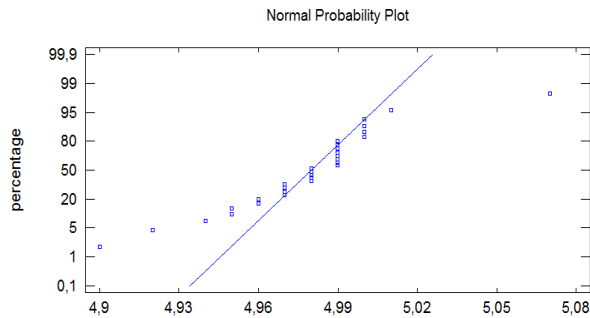
Şekil 4.40. Box-whisker yöntemi ile outlier tespiti

Ölçüm sonuçlarının normal dağılıma sahip olup olmadığı tespit edilmiştir. Bunun için normal dağılım testlerinden yararlanılmış, tablosu oluşturulmuştur (Çizelge 4.30.). Tabloda en düşük P değerinin 0,0000108609 olduğu görülmüştür. Bu değer 0,05'ten küçük olduğundan, %95 güven aralığında dağılım normal değildir.

Çizelge 4.30. Normal dağılım tespiti için yapılan testlerin tablosu

Test	Statistic	P-Value
Chi-Squared	43,0	0,0000108609
Shapiro-Wilk W	0,937174	0,114159
Skewness Z-score	1,00908	0,312937
Kurtosis Z-score	0,0544548	0,956567

Şekil 4.41'de görüldüğü gibi normal olmayan dağılımın grafiği oluşturulmuştur.



Şekil 4.41. Normal olmayan dağılımın grafik ile gösterilmesi

Ölçüm sonuçlarına göre %95 güven aralığında belirsizlik $4,98 \pm 0,01$ ml olarak hesaplanmıştır. Hesaplamalardan görüldüğü gibi damla sayımı örnekleme düzeneğinde yapılan 5 ml için ölçümler istatistiksel olarak değerlendirildiğinde, pipet ile yapılan ölçümden daha verimli olmuştur.

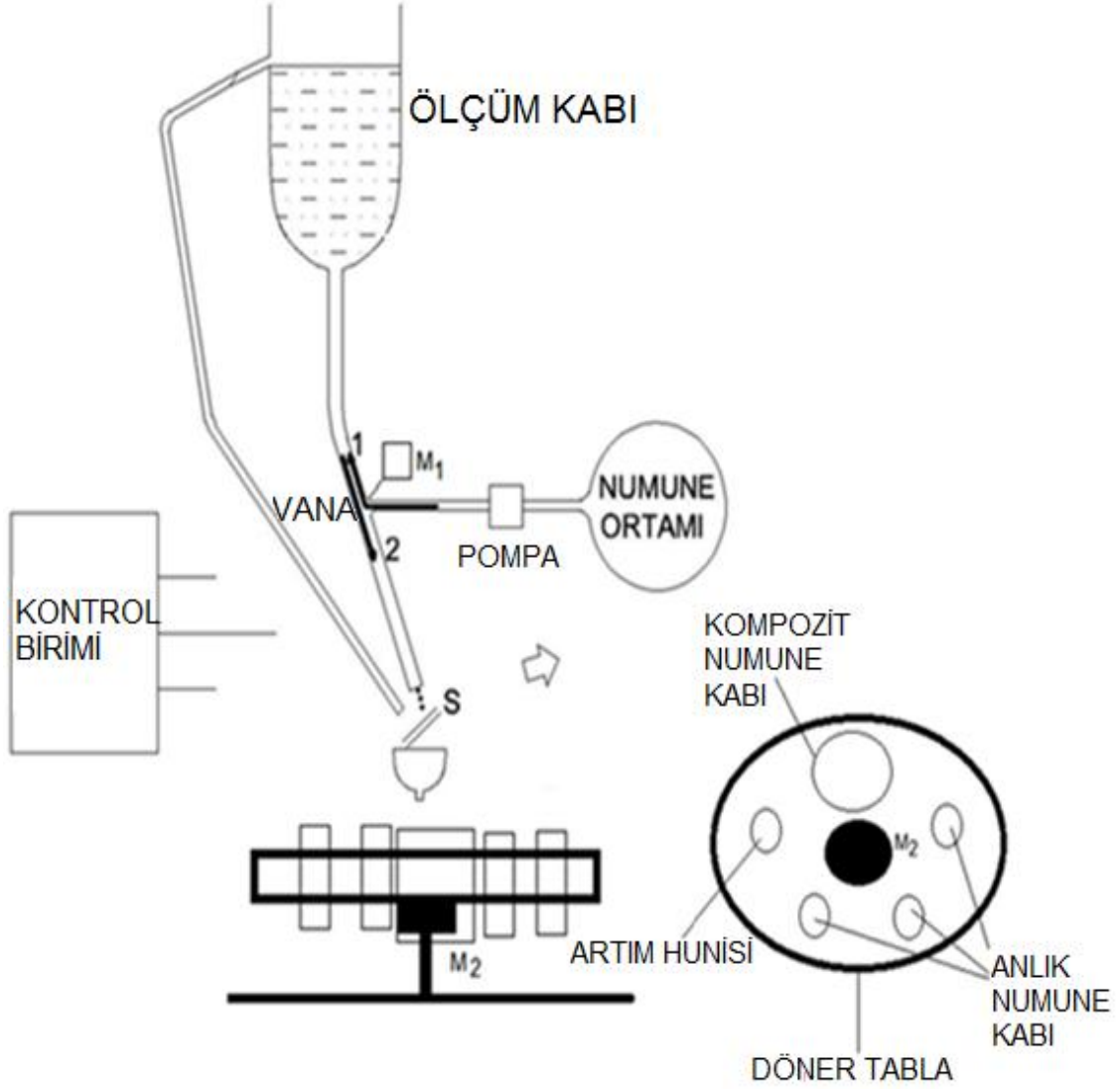
5. TAŞMA KONTROLLÜ SIVI ÖRNEKLEME DÜZENEĞİ KULLANILARAK YAPILAN OTOMATİK NUMUNE ALMA SİSTEMİ

Tez kapsamında gerçekleştirilen üç sıvı örnekleme düzenekleri ile yapılan ölçüm sonuçları istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve sonuçların normal dağılım gösterdiği görülmüştür. Damla sayısı ile yapılan ölçüm sonuçlarında hatanın daha az olduğu belirlenmiştir. Fakat sadece damla sayısı ile numune alımı, işlem süresinin yavaş olması ve kısmi buharlaşmaların olabileceği sebebiyle, taşma kontrollü kap ile oluşturan düzenek ile damla sayısı ile oluşturulan düzenek birleştirilmiştir. İstatistiksel olarak bakıldığında taşma kontrollü kap ile oluşturulan düzeneğin ölçüm sonuçları genel olarak normal dağılım göstermektedir.

Taşma kontrollü kap ile yapılan düzeneğin damla sayısı ile yapılan düzenek ile birleştirilmesi ile istenilen miktarda anlık numuneler ve debi orantılı (akışa bağlı) numune alımı gerçekleştirilmiş olacaktır. Ayrıca taşma kontrollü kap kullanılarak yapılan düzeneğin maliyeti diğerlerine göre daha ucuz ve bakımı da kolaydır. Bu nedenle su kirliliği ve su kalitesi izlenmesinde kullanılacak otomatik numune alma sisteminin taşma kontrollü düzenek ile yapılmasına karar verilmiştir. Sisteme anlık ve kompozit numune kaplarının bulunduğu döner tabla düzeneği yerleştirilmiştir. Oluşturulan sistemin şematik gösterimi Şekil 5.1’de, fotoğrafı ise Şekil 5.2’de verilmiştir.

Örnekleme yapılacak ortamdan pompa ile alınan numune, sisteme gelmektedir (Şekil 5.1). “1” akım yönünü izleyen örneklenecek sıvı, ölçüm kabına dolmaya başlamaktadır. Taşma seviyesini geçtikten sonra, numune, vananın alt tarafında bulunan sensör elektrotuna temas ettiği an, mikro denetleyiciye sinyal gelmekte ve anında pompanın çalışması durdurulmaktadır. Örnekleme kabındaki numune seviyesinin sabitlenene kadar olan (taşma bitimine kadar olan) taşan numune, kompozit ve anlık numune örnekleme şişelerinin bulunduğu döner tablada artım boşluğu olarak kullanılan bir huni yardımı ile dışarı atılmaktadır. Sensör elektrotunun sinyal vermemesi üzerine taşan numune alımının bittiğinin algılanmasının ardından, döner tablada bulunan anlık veya kompozit numune şişeleri adım motor yardımı ile vana boşaltım hizasına getirilir. Ardından mikro denetleyici vana pozisyonunu “2” yönüne çevirerek, sabit hacimdeki sıvı numunesini, kompozit veya anlık örnekleme şişesine boşaltır, böylece numune

alımı gerçekleşir. Bu işlemin tekrarları ile eklenik numuneler alınarak, büyük hacimlerde numune alımları gerçekleştirilmiş olur. Eğer istenen numune hacmi, taşma kontrollü kap hacmi ve onun katları hacimde değil ise, sistemdeki sensör elektrotu ile, damla sayısı programlanarak kalan miktar kompozit veya anlık örnekleme şişesine alınarak tamamlanmaktadır.



Şekil 5.1. Taşma kontrollü sıvı örnekleme düzeneği kullanılarak yapılan otomatik numune alma sisteminin şematik gösterimi



Şekil 5.2. Taşma kontrollü sıvı örnekleme düzeneği kullanılarak yapılan otomatik numune alma sisteminin fotoğrafı

5.1. Sistem Bileşenleri

Sıvı örnekleme sisteminin ana bileşenini, kullanım amacına göre belirlenen, sabit hacimde cam, plastik, metal gibi çeşitli malzeme kullanılarak yapılabilecek ölçüm kabı oluşturmaktadır.

Sistem bileşenleri aşağıda verilmiştir:

- Taşma kontrollü ölçüm kabı
- DC motor kontrollü üç yollu vana
- Sensor elektrotu (S)
- Kontrol birimi
- DC motor (M_1)
- Adım motor (M_2)
- Pompa
- Anlık ve kompozit numune alma şişeleri ve döner tabla.

Sistemde su akışını kontrol etmek amacı ile elektrik kontrollü aktüatörlerin kullanılması gerekmektedir. Bunun için gerçekleştirilen prototipte DC motor kontrollü üç yollu vana kullanılmıştır.

Sistemin alt kısmına anlık ve kompozit numunelerin tutulacağı adım motor kontrollü döner tabla yerleştirilmiştir. Ayrıca döner tabla üzerinde taşan suyun dışarıya tahliyesini gerçekleştirmek amacı ile artım hunisi de bulunmaktadır.

Numune alma sisteminde kontrol devresinden yararlanılmıştır. Elektronik kontrol kartın şematik gösterimi, Şekil 5.3'te, fotoğrafı ise Şekil 5.4'de verilmiştir. Kontrol devrelerinin en önemli bileşenini, bu işlemi yapan MicroChip firmasının üretimi olan PIC 16F877 numaralı denetleyicisi oluşturmaktadır.

Kontrol biriminde örnekleme zamanının belirlenmesi amacıyla bir saat (Real Time Clocks-RTCs) entegresi yerleştirilmiştir. Bu amaçla Dallas Semiconductor firmasının ürettiği DS1302 RTC'si kullanılmıştır. Elektronik kontrol kartında gerek adım motor ve DC motoru sürmek, gerekse pompayı çalıştırmak amacıyla iki adet L293D sürücü entegresinden yararlanılmıştır. Sistemde, sensör elektrotundan gelen verilerin değerlendirilmesi, pompa ve vanaların kontrol edilmesi gerekse verilerin depolanması ve iletiminin sağlanması amacıyla elektronik kontrol devresi kullanılmıştır.

Numune alma sisteminde uyarıcı sensör kullanılmıştır. Sensör devresi Tony Van Roon (<http://www.sentex.net/~mec1995/circ/sensor3.htm>) tarafından tasarlanmıştır. Bu seviye sensör devresinin tercih edilmesinin temel nedeni elektrotlar üzerinde korozyona neden olmaması, ayrıca su içinde çok az çözünmüş iyon bulunması halinde bile mükemmel çalışabilmesidir. Sensör elektrotu olarak 2 cm uzunluğunda bakır tel kullanılmıştır. Elektrota su teması olduğunda mikro denetleyiciye sinyal gönderilmektedir. Bu sinyal sonucunda mikro denetleyici gerekli işlemleri gerçekleştirmektedir.

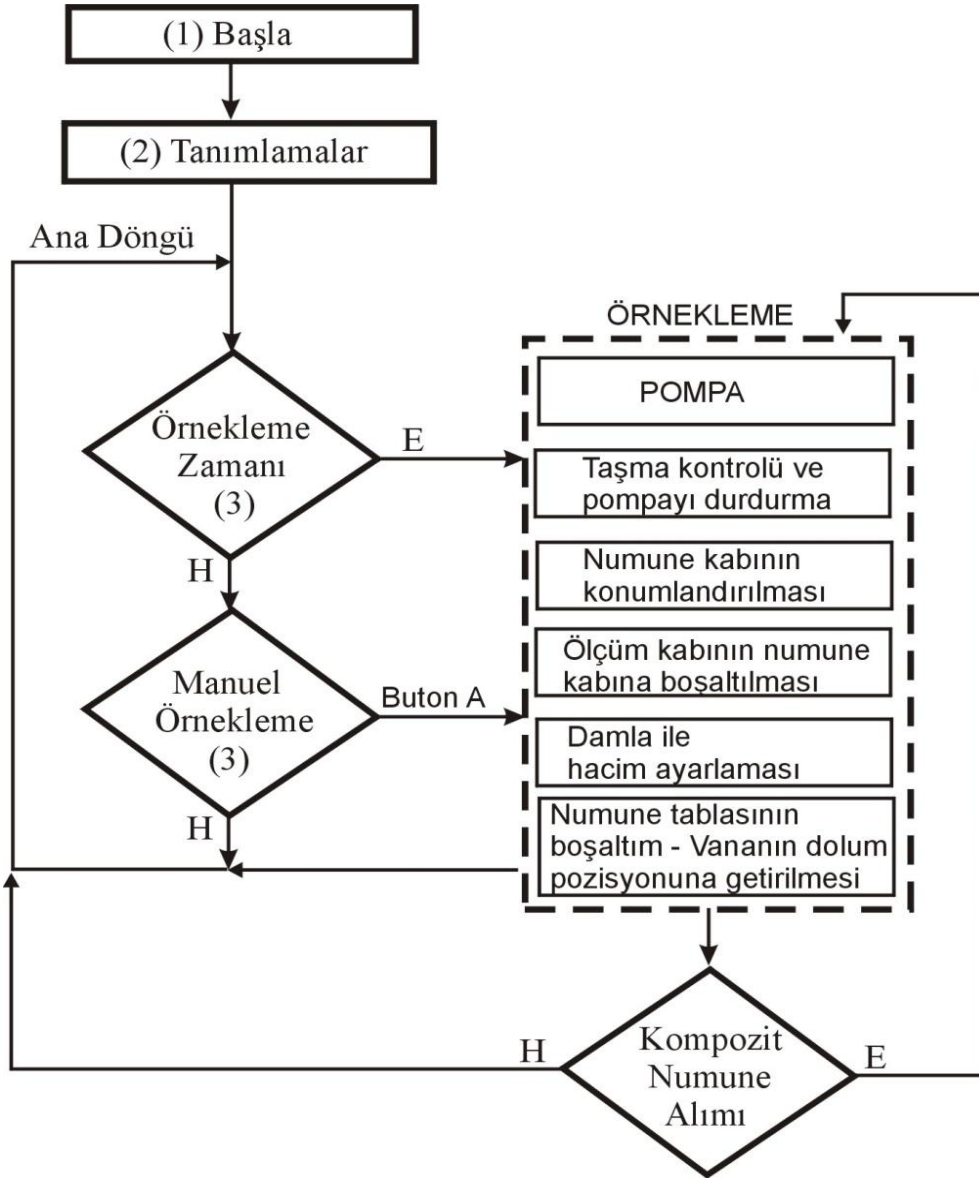
5.2. Sistemin Çalışma Süreci

Otomatik numune alma sisteminin bütün kontrol işlemlerini yapan mikro denetleyicisini programlamak amacıyla Crownhill Associates tarafından PIC Micro denetleyicileri için geliştirilen Proton+ Basic PIC programlama derleyicisinden yararlanılmıştır. Mikro denetleyici için yazılan programın iş akış şeması Şekil 5.5'de verilmiştir.

Sisteme enerji verilmesi ile mikro denetleyici programındaki işlemleri yapmaya başlar. İlk olarak kullanılan değişkenlerin tanımlanmasını yapar, daha sonra ana döngüye girerek örnekleme zamanının gelip gelmediği veya manuel (otomatik olmadan) örnekleme için istek olup olmadığını kontrol eder. Mikro denetleyiciye girilmiş örnekleme zamanının gelmesi veya buton A'dan manuel örnekleme sinyalinin gelmesi ile örnekleme süreci başlar.

Örnekleme süreci pompanın çalışması ile başlar, taşma seviyesini geçtikten sonra, taşan numunenin sensör elektrotuna temas etmesi ile, mikro denetleyiciye sinyal gider ve anında pompanın çalışması durdurulur. Taşan numune artım hunisine gelir. Buradan atılır. Ardından döner tablada bulunan kompozit ve anlık örnekleme şişeleri aralarındaki mesafe sabit olduğu için adım motor yardımı ile mikro denetleyici, numunelerin, bu örnekleme şişelere konumlandırmasını yapar. Mikro denetleyici vana pozisyonunu boşaltma konumuna getirerek, ölçüm kabında bulunan sabit hacimdeki sıvı numunesini kompozit veya anlık numune kabına boşaltır.

Eğer istenen numune hacmi, taşma kontrollü kap hacmi ve onun katları hacimde değil ise, sistemdeki sensör elektrotu ile damla sayısı programlanarak kalan miktar tamamlanmaktadır. Böylece numune alımı gerçekleştirilmiş olur. Numune alma işlemi bittikten sonra mikro denetleyici vanayı kapatma pozisyonuna getirir. Bu işlemler tekrarlanarak, belirlenen zaman aralıklarıyla veya sürekli olarak numune alımları gerçekleştirilir.



Şekil 5.5. Mikro denetleyici için yazılan programın iş akış şeması

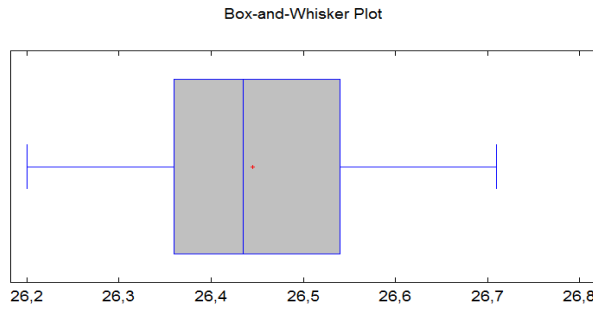
5.3. Otomatik Numune Alma Sistemi Ölçüm Sonuçları

Tez kapsamında gerçekleştirilen otomatik numune alma sisteminde test ölçümleri yapılmıştır. Bu amaçla 30 adet ölçüm yapılmıştır. Yapılan ölçümlerin sonuçları istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. İstatistiksel sonuçlar Çizelge 5.1’de verilmiştir. Standart skewness ve kurtosis değerleri olması gereken aralık içinde bulunduğundan ölçüm sonuçları normal dağılım göstermektedir. Kesin sonuçlara ulaşmak için normal dağılım testleri uygulanmıştır.

Çizelge 5.1. Taşma kontrollü kap ile yapılan ölçüm sonuçlarının istatistiksel sonuçları

Ölçüm sayısı	30
Ortalama	26,45
Ortanca değer	26,435
Mod	
Geometrik ortalama	26,45
Standart sapma	0,13
Varyasyon katsayısı	0,490901%
Standard hata	0,024
Minimum	26,2
Maksimum	26,71
Aralık	0,51
Standart Skewness	0,0427245
Standart. Kurtosis	-0,358316

Box-whisker grafiği oluşturularak outlier tespiti yapılmıştır (Şekil 5.6.).



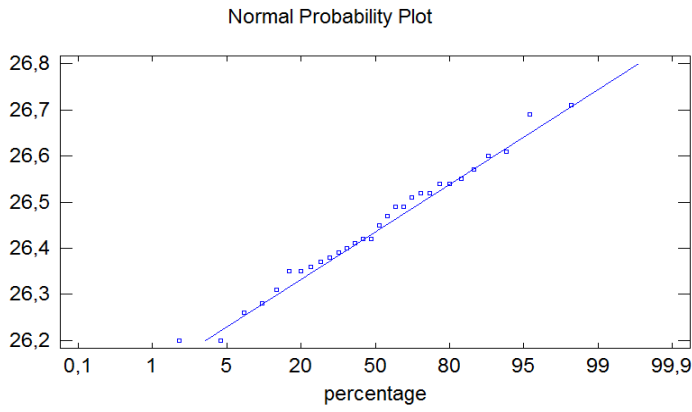
Şekil 5.6. Box-whisker grafiği

Ölçüm sonuçlarının normal dağılıma sahip olup olmadığı tespit edilmiştir. Bunun için normal dağılım testlerinden yararlanılmış ve tablosu oluşturulmuştur (Çizelge 5.2.). Tabloda en düşük P değerinin 0,814165 olduğu görülmüştür. Bu değer 0,05'ten büyük olduğu için %95 güven aralığında dağılımın normal olduğu görülmüştür.

Çizelge 5.2. Normal dağılım tespiti için yapılan testlerin tablosu

Test	Statistic	P-Value
Chi-Squared	4,0	0,983437
Shapiro-Wilk W	0,980504	0,857889
Skewness Z-score	0,0335836	0,973203
Kurtosis Z-score	-0,235051	0,814165

Şekil 5.7'de normal dağılımın grafiği oluşturulmuştur.



Şekil 5.7. Normal dağılımın grafik ile gösterilmesi

Ölçüm sonuçlarına göre %95 güven aralığında belirsizlik $26,45 \pm 0,05$ ml olarak hesaplanmıştır.

Anlık ve kompozit numune alınacağı zaman, taşma kontrollü kap kullanılarak, 25 ml ve katları şeklinde art arda düzenek çalıştırılarak numune alınmış, otomatik olarak mikro denetleyicinin programlanması ile, geri kalan hacim ise damla sayım yöntemi ile tamamlanmıştır.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Tez kapsamında su kirliliği kontrolü ve su kalitesi izlemesinde kullanılmak üzere üç çeşit örnekleme düzeneği oluşturulmuş ve test ölçümleri yapılmıştır. Elektromekanik sıvı seviye ölçüm düzeneği ile adım motor kullanılarak, yüzey alanı küçük numune alma kabı, yüzey alanı büyük numune alma kabı ve özel numune alma kabı kullanılarak yapılan düzenekler ile test çalışmaları yapılmış, bu düzeneklerin sonuçları ile kalibrasyon oluşturulmuş, kalibrasyon denkleminde yararlanılarak adım sayılarına göre tartımlar yapılmış, ölçüm sonuçlarına göre istatistiksel değerlendirmeler (outlier tespiti, normallik tespiti, ölçüm belirsizliği) yapılmıştır. Ölçüm sonuçlarının dağılımlarının genellikle normal olduğu görülmüş ve elektromekanik sıvı seviye ölçüm düzeneğinin sabit hacimde numune almada hassas çalıştığı görülmüştür. Yüzey alanı büyük numune alma kabı kullanılarak oluşturulan düzeneğin, 100, 150 ve 175 ml hedef numune almak için ölçüm sonuçları ortalaması sırasıyla $100,13 \pm 0,99$ ml, $150,42 \pm 0,27$ ml, $176,13 \pm 0,76$ ml olarak bulunmuştur. Yüzey alanı küçük numune alma kabı kullanılarak oluşturulan düzeneğin, 10 ml, 20 ml, 25 ml ve 30 ml hedef numune almak için ölçüm sonuçları ortalaması sırasıyla, $9,81 \pm 0,25$ ml, $19,83 \pm 0,07$ ml, $24,90 \pm 0,21$ ml, $29,89 \pm 0,21$ ml olarak bulunmuştur. Özel numune alma kabı ile yapılan numune alma düzeneğinin ölçüm belirsizliği 250 ml hedef numune için $249,90 \pm 0,07$ ml, 50 ml hedef numune için $50,42 \pm 0,08$ ml, 250 ml seviyesinde elektrotun sabitlenmesiyle ölçüm belirsizliği $249,76 \pm 0,09$ ml olarak bulunmuştur.

Numune alma haznesinin belli hacim seviye düzeylerine sensör yerleştirilmesiyle ikinci bir numune alma düzeneği oluşturulmuş ve ölçümler yapılmıştır. Ölçüm sonuçları istatistiksel olarak değerlendirildiğinde, sonuçların genellikle normal dağılımda olduğu görülmüştür. Fakat pompadan gelen numune, numune alma haznesinin belirlenen seviyelerindeki sensör elektrotlarına gelirken hız değişimlerinden dolayı sensör mikro denetleyiciye erken ya da geç sinyal verebilir. Debiye (akışa) bağlı numune alınırken, alınacak numune hacimlerinin değişmesi durumu söz konusu olduğunda, sensörün sabitlenmesinden dolayı herhangi bir hacim değeri değişikliği istenirse numune alımı yapılamaz, sadece sabitlenen seviyelerde numune alımı yapılabilir. Bu sebeplerden dolayı bu düzenekten vazgeçilmiştir. Eğer sürekli sabit hacimlerde numune alımı yapılacaksa bu sistem

idealdir. Sabit sıvı tespit sensör elektrotları ile yapılan düzeneğin ölçüm belirsizliği 50 ml hedef numune için $59,28 \pm 0,05$ ml, 250 ml hedef numune için $258,21 \pm 0,06$ ml olarak bulunmuştur. Bulunan sonuçların yaklaşık 9 ml fazla çıkması bağlantı borularından kaynaklanmaktadır. Damla sayısı ile yapılan düzeneğin ölçüm belirsizliği; 5 ml hedef numune için $4,99 \pm 0,03$ ml, 10 ml için $10,45 \pm 0,06$ ml, 20 ml için $20,27 \pm 0,06$ ml, 30 ml için $30,51 \pm 0,07$ ml, 40 ml için $40,21 \pm 0,18$ ml, 50 ml için $49,91 \pm 0,12$ ml olarak bulunmuştur.

Gerçekleştirilen tez çalışmasında su kaynaklarından ve bunları tehdit eden atıksulardan numune alımını sağlayan diğer çalışmalardan farklı bir sistem geliştirilmiştir. Bu sistemde, alıcı ortamdan numune alımı taşma kontrollü kap kullanılarak yapılmıştır. İstenilen numune hacmi, taşma kontrollü kap hacmi ve katları şeklinde alınmış, geriye kalan hacim, damla sayısı ile yapılan ölçüm sonuçlarının istatistiksel olarak çok iyi çıkması üzerine, damla sensörü kullanılarak tamamlanmıştır. Taşma kontrollü kap ile yapılan düzeneğin ölçüm sonuçları istatistiksel olarak (outlier tespiti, normallik tespiti, ölçüm belirsizliği vb.) incelenmiş, genel olarak bakıldığında ölçüm sonuçlarının beklenen değerlerde çıkması ile beraber, dağılımlarının normal olduğu görülmüştür. Normal dağılım ölçüm sonuçlarının tek bir ortalama etrafında toplandığını ifade eder bu da istenilen miktarda ölçüm yapılabileceğini göstermektedir. Taşma kontrollü kap ile oluşturulan ilk düzeneğin ölçüm belirsizliği, 20 ml hedef numune için $21,04 \pm 0,06$ ml, taşma kontrollü kap ile oluşturulan ikinci düzeneğin ölçüm belirsizliği 30 ml hedef numune için, $29,96 \pm 0,08$, 90 ml hedef numune için, $89,71 \pm 0,18$, 180 ml hedef numune için $178,07 \pm 0,27$, 240 ml hedef numune için $236,60 \pm 0,21$ olarak bulunmuştur. Taşma kontrollü kap ile oluşturulan son düzeneğin ölçüm belirsizliği ise $26,45 \pm 0,05$ olarak bulunmuştur.

Numune almak amacıyla yapılacak olan otomatik sistemin, taşma kontrollü kap ve damla sensörünün olduğu sistem olmasına karar verilmiştir. Bu sistem ile anlık, kompozit ve akışa bağlı (debi orantılı) numune alınması yapılmış olacaktır.

Tez çalışmasında hedeflenen bir diğer amaç ise tasarlanan sistemin ucuz maliyet ile yapılabilmesidir. Taşma kontrollü kap kullanılarak yapılan numune alma sisteminin üretim maliyeti Çizelge 6.1’de verilmiştir.

Çizelge 6.1. Üretim maliyeti

Malzeme	Fiyat (TL)
Ölçüm kabı	20
Vana	50
Pompa	75
DC motor	25
Adım motor	35
Elektrik Kontrol Devresi (Kablo Vs)	50
Toplam	255

Üretilen sistem, internetteki numune alıcıları maliyet olarak ile kıyaslandığında daha ucuz olduğu görülmüştür. Örneğin, bir numune alıcısı (Şekil 6.1) ile karşılaştırıldığında, 2500 Euro değerinde olan bu numune alıcısının, tez kapsamında üretilen sisteme göre 15 kat daha pahalı olduğu görülmüştür.



Şekil 6.1. MJK 780 numune alma cihazı

(<http://www.ertek.com/urunlers.aspx?RELID=2045>)

Otomatik sistemler, teknolojinin gelişmesi ve ileri teknoloji ürünlerinin ucuzlaması ile gündelik hayatımıza girmiştir. Çevre mühendisliği ve genel mühendislikler kapsamında otomatik sistemler, ülkemizde üretim pek yapılmadığı için genellikle diğer ülkelerden ithal gelmektedir. Yapılan tez çalışması bu kapsamda bir öncü konumda olacaktır. Çünkü maliyet olarak ucuzdur ve diğer cihazlara göre kullanımı kolaydır.

Otomatik sistemlerin tasarlanması ve prototip olarak üretilmesi zor değildir. Fakat toplum olarak yerli malına karşı ön yargı olduğu için, tüketiciler bu cihazları dışarıdan getirmekte ve herhangi bir sorun olduğunda ya da garanti süresi bittiğinde çok fazla servis bedeli ödemektedir.

Tez kapsamında yapılan taşma kontrollü sisteme, kullanım amacına göre harici eklemeler yapılabilir. Bu eklemelere örnek olarak, filtreleme, bulanıklık ölçme probu, pH ölçme probu, debimetre, iletkenlik probu, çözülmüş oksijen probu, klor ölçme (klorimetre) cihazı, ortam ve su sıcaklığı ölçüm cihazı eklenebilir. Ayrıca sisteme ek olarak atıksuyun veya alıcı ortamın özelliğine göre nötrleme için asit veya baz dozajlama sistemi yapılabilir. Kullanılacak asit ya da bazın hacim ayarlaması mikro denetleyici program ile yapılır, damla düzeneği ile numune alınmasından önce veya sonra örnekleme şişelerine eklenebilir.

Yapılan örnekleme sisteminde numune ve sensör arasında herhangi bir kimyasal reaksiyon durumu olacaksa bakır tel, altın ile kaplanmalıdır. Böylece hem iletkenliği artmış hem de kimyasal tepkimeler önlenmiş olur.

Yapılan otomatik numune alma sistemi doğa şartlarında bulunacağı için, yalıtımı ve elektrik bağlantılarının korunması çok önemlidir. Bu yüzden üretilecek sistem kullanılmadan önce bunlara dikkat edilmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Akdağ, İ., 2005, ISO 17025 Laboratuvar akreditasyonu teknik kriterleri. http://uzmanakreditasyon.com/dosya/sunular/Akreditasyon_Teknik_2005_Seminer_W.pdf
- Akman, Y., Ketenoğlu, O., Kurt, L., Dzenli, S., Guneş, K., ve Kurt, F., 2004, Çevre Kirliliği - Çevre Biyolojisi, Palme Yayınevi, ISBN:975-7477-73-7, Ankara, 312s.
- Altınışık, M., 2008, Analitik ölçüm yöntemlerinin laboratuvara kurulması ile ilgili hesaplamalar. <http://www.mustafaaltinisik.org.uk/78-uzm-03.ppt>
- Altuğ, F., 1990, Çevre Sorunları, Uludağ Üniversitesi Yayınları, ISBN : 975-7657-32-8, 152s.
- Avcı, S., 2007, Sulardaki Organik Madde Miktarının Belirlenmesi İçin Otomatik Analiz Sisteminin Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 135s.
- Belirsizlik, http://uzmanakreditasyon.com/dosya/belirsizlik_5nk.pdf
- Bell, S., 1999, A Beginner's Guide To Uncertainty Of Measurement, Good Practice Guide, The National Physical Laboratory, No. 11, ISSN 1368-6550, No.11, 2, 33p.
- Bisesi, M.S., Koren, H., 2002, Handbook Of Environmental Health: Pollutant Interactions In Air, Water And Soil, Lewis Publishers, ISBN: 1566705479 9781566705479 / 1-56670-547-9, 2, 904p.
- Broadwell, M., 2000, A Practical Guide To Particle Counting For Drinking Water Treatment, Lewis Publishers, ISBN: 9781420033038, 240p.
- Brown, L.C., Berthouex, P.M., 2002, Statistics For Environmental Engineers Second Edition, CRC Press, ISBN: 978-1-4200-5663-1, 489p.
- Cengizhan, C., 2001, İstatistik Hakkında Temel Kavramlar ve Bazı Örnekler, Ders Notları. <http://mimoza.marmara.edu.tr/~cahit/Yayin/belge/ista/index.html>

- Çetiner, Ö., 2006, Baca gazında Nem Miktarının Belirlenmesi İçin Otomatik Ölçüm Sisteminin Geliştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 93s.
- Çevre ve Orman Bakanlığı, 2007, Çevresel Kirlilik İzleme Rehberi, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ölçüm ve Denetim Dairesi Başkanlığı, Ankara, ISBN: 978 – 975 – 8273 – 99 7, 68s.
- Çınar, Ö., 2008, Çevre Kirliliği ve Kontrolü, Nobel Yayınevi, ISBN:978-605-395-128-5, Ankara, 201s.
- Çoban, M.T., 2011, Makine Laboratuvarı I Ders Notları, Ege Üniversitesi Makine Mühendisliği. http://www.yto.com.tr/turhan_coban/kitap/olcum.pdf
- Enacar, A.E., 1987, Su Kalitesi Gözlem Yıllığı, İçme Suyu Kanalizasyon Daire Başkanlığı, DSİ Genel Müdürlüğü, Ankara, 510s.
- Ertek havuz ve atıksu arıtma ekipmanları,
<http://www.ertek.com/urunlers.aspx?RELID=2045>
- Duncan, D., Harvey, F., Walker, M., Australian Water Quality Centre, Epa Guidelines Regulatory Monitoring and Testing Water and Wastewater Sampling, 2007, ISBN 978-1-921125-47-8, 35p.
- Getz, T., 1994, Surface water sampling,
<http://www.epa.gov/region4/sesd/fbqstp/Surfacewater-Sampling.pdf>
- Global water instrumentation resource book, 2010.
<http://www.globalw.com/downloads/Catalog/Sampling.pdf>
- Gözet, A., 2007, Evsel Atıksulardan Kaynaklanan Kirliliğin İzlenmesi İçin Otomatik Bir İzleme Sisteminin Geliştirilmesi ve Van Gölü'nde Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 113s.
- Gülal, E., Deniz, R., 2005, Elektronik Ölçme Aletlerinin Kontrol ve Kalibrasyonu Gerekli mi?, 2. Ulusal Mühendislik Ölçmeleri Sempozyumu, İstanbul, 213-224.http://www.ins.itu.edu.tr/muholc/Bildiri_Ozetleri.pdf,

Güler, Ç., Çobanoğlu, Z., 1994, Su kirliliği, Çevre Sağlığı Temel Kaynak Dizisi, No. 12, Sağlık Bakanlığı Temel Sağlık Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Aydoğdu Ofset, ISBN 975-7572-60-8, Ankara, 112s.

Helsel, D.R., Hirsch, R. M., 2002, Statistical Methods In Water Resources Techniques Of Water Resources Investigations, Techniques Of Water-Resources Investigations Of The United States Geological Survey(USGS), Book 4, chapter A3, 522p.

İstanbul Hıfzıssıhha Enstitüsü Müdürlüğü, İnsani tüketim amaçlı sulardan numune alımı, taşınması ve analizine ilişkin el kitabı, 2008, http://istanbul.rshm.gov.tr/yayinlar/insani_tuketim_amacli_sulartr-2.pdf

Kalibrasyon, On soru on cevap, 2008, TSE Kalibrasyon Merkezi Başkanlığı. <http://www.tse.org.tr/Turkish/kalibrasyon/onsoruoncevap.pdf>

Liman, B.C., 1998, Atıksulardan Kaynaklanan Çevre Sorunları, Kayseri 1.Atıksu Sempozyumu, 451s

Madrid,Y., Zayas, Z. P., 2007, Traditional Methods and New Approaches in Water Sampling Strategy, Trends in Analytical Chemistry, No.4, 26, pp 293-299

M. Baran, 2010, Sözlü görüşme, Hach Lange Su Analiz Sistemleri Ltd. Şti., İlkbahar Mah. Galip Erdem Cad. 616 Sok No:9, 06550 Oran-Çankaya/ANKARA, bilgi@hach-lange.com.tr, <http://www.hach-lange.com.tr>

McBean, E.A., Rovers, F.A., 1998, Statistical Procedures For Analysis Of Environmental Monitoring Data And Risk Assessment, ISBN 0-13-675018-4, 3, 336p

Mortimer, M., Müller, J.F., Liess, M., 2006, Handbook Of Water Analysis, Sampling Methods In Surface Waters, Crc Press, ISBN 9780849370335, 769p

Motorcu, A.R., 2009, Üç Boyutlu Koordinat Ölçme ve Cihazları, 28s.

Onacak, T., 2006, Fluid Level Sensor Controlled, Fully Automatic Spectrophotometry System: Instrumentation Science and Technology, No.3, 34, pp.347-357.

Onacak, T., 2007, Micron Resolution Electromechanical Liquid Level Measurement System: Instrumentation Science and Technology, No.5, 35, pp.563-569

Onacak, T., Yürür, M.T., 2007, A new high precision pluviometer system: Instrumentation Science and technology, Vol. 35, issue 5, pp. 551-56

Onacak, T., 2008, Sıvı örnekleme sistemi, patent başvurusu

Salchow, F., 2003 Mikrobiyolojide belirsizlik ölçümü, Resmi akredite kuruluşu Hannover.<http://twinning.vet.gov.tr/announcements/Meetings/linked/Measurement%20uncertainty%20TR.ppt>

Solmaz, A.S., 2010, Çöl Topraklarında İndirgenmiş Demir Üretim Kapasitesinin İncelenmesi ve Geliştirilen Yarı Otomatik Sistemin Kullanılabilirliğinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Ankara, 79s.

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Numune Alma ve Analiz Metotları Tebliği, 2010, Sayı: 27579, 11s.

Tabuman, F.C., 1995, Endüstriyel, Evsel Atıksuların ve Alıcı Ortamların İzlenmesi, İller Bankası Genel Müdürlüğü, No.48, Bölüm 6-9-12.

TS EN ISO 5667-1, Su kalitesi, Numune Alma, Bölüm 1: Numune Alma Programlarının ve Numune Alma Tekniklerinin Tasarımına Dair Kılavuz, 2008, 26s.

TS EN ISO 5667-3, Su Kalitesi, Numune Alma, Bölüm 3: Su Numunelerinin Muhafaza, Taşıma ve Depolanması İçin Kılavuz, 2007, 26s.

TS ISO 5667-10, Su Kalitesi, Atıksulardan Numune Alma Kılavuzu, 2002, 11s

TS ISO 5667-14, Su Kalitesi, Numune Alma - Bölüm 14: Çevresel Sudan Numune Alma Ve Hazırlamada Kalite Güvenlik Kılavuzu, 1999, 19s.

Uzol, N. S, 2009, Ölçme ve değerlendirme temel kavramlar, Teknik terimler, TOBB ETÜ Makine Mühendisliği Bölümü.<http://nsezeruzol.etu.edu.tr/courses/MAK411/docs/MAK411-3-TemelKavramlar.pdf>

Yücel, D., 2007, Ölçüm belirsizliği ve laboratuvar. <http://archive.kayabek.net/standartlar/OlcumBelirsizligi.pdf>

Wurl, O., 2009, Practical Guidelines For The Analysis Of Seawater Chapter 1: Sampling And Sample Treatments, CRC Press, ISBN: 978-1-4200-7307-2, 408p

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Remziye KARACA

Doğum Yeri : Denizli

Doğum Yılı : 1986

Medeni Hali : Bekar

Lise 2000-2004 Denizli Anafartalar Lisesi

Lisans 2004-2008 Selçuk Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü

Yabancı Dil : İngilizce