

**T.C.  
TUNCELİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BASINÇ SENSÖRÜ SİNYALLERİNİN LABVIEW TABANLI İŞLENMESİ VE  
TOPRAK PARÇACIK BÜYÜKLÜK DAĞILIMI  
ÖLÇÜMÜNDE KULLANILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Duran ANAYURT**

**Anabilim Dalı: Elektrik-Elektronik Mühendisliği**

**DANIŞMAN  
Doç. Dr. Oğuz TEKELİOĞLU**

**ŞUBAT 2014**

**T.C.  
TUNCELİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BASINÇ SENSÖRÜ SİNYALLERİNİN LABVIEW TABANLI İŞLENMESİ VE  
TOPRAK PARÇACIK BÜYÜKLÜK DAĞILIMI  
ÖLÇÜMÜNDE KULLANILMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Duran ANAYURT**

**0921031010**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih: 18 ŞUBAT 2014**

**Tezin Savunulduğu Tarih : 29 ŞUBAT 2012**

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Oğuz TEKELİOĞLU (T.Ü.)**

**Diğer Jüri Üyeleri: Yrd. Doç. Dr. Ömer ÇELİK (T.Ü.)**

**: Doç. Dr. Bilal ALATAŞ (T.Ü.)**

**ŞUBAT 2014**

Duran ANAYURT tarafından hazırlanan BASINÇ SENSÖRÜ SİNYALLERİNİN LABVIEW TABANLI İŞLENMESİ ve TOPRAK PARÇACIK BÜYÜKLÜK DAĞILIMI ÖLÇÜMÜNDE KULLANILMASI adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Oğuz TEKELİOĞLU  
Tez Yöneticisi

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. Bu tez, Tunceli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygundur.

Başkan : Doç. Dr. Oğuz TEKELİOĞLU (T.Ü.)

Üye : Yrd. Doç. Dr. Ömer ÇELİK (T.Ü.)

Üye : Doç. Dr. Bilal ALATAŞ (T.Ü.)

Tarih : 18 ŞUBAT 2014

## ÖNSÖZ

Yüksek lisans eğitimim boyunca çalışmalarında bilgi ve yardımlarını esirgemeyen, her türlü konuda destek olan danışman hocam Doç. Dr. Oğuz TEKELİOĞLU'na çok teşekkür ederim.

Bilimin ve bilim insanının destekçisi olan TÜBİTAK'a maddi katkılarından dolayı teşekkür ederim.

Deney çalışmalarında yardım ve ilgilerini esirgemeyen değerli arkadaşım yüksek lisans öğrencisi Serkan ERKAN'a teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca her zaman maddi manevi yanımda olan, sevgi ve desteklerini esirgemeyen canım aileme; anlayış, destek ve yardımlarını esirgemeyen sevgili eşime çok teşekkür ederim.

Son olarak desteklerinden dolayı Tunceli Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı öğretim üyeleri; Yrd. Doç. Dr. Zeki OMAÇ'a, Yrd. Doç. Dr. Ömer ÇELİK'e, Yrd. Doç. Dr. Hüseyin ERİŞTİ'ye çok teşekkür ederim.

**DURAN ANAYURT**

**TUNCELİ 2014**

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	I
İÇİNDEKİLER.....	II
ÖZET.....	IV
SUMMARY.....	V
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	VI
KISALTMALAR LİSTESİ.....	VIII
SEMBOLLER LİSTESİ.....	IX
1. GİRİŞ.....	1
2. PARÇACIK BÜYÜKLÜĞÜ ANALİZİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER.....	2
2.1. Mevcut Hidrometre Yöntemiyle Karşılaşılan Sorunlar.....	2
2.2. Basınç Sensörüyle Parçacık Büyüklük Dağılımı Ölçüm Yöntemin Esasları.....	4
2.3. Toprak Parçacıklarının Çökmesi ve Parçacık Büyüklük Dağılımı Ölçümü.....	4
2.4. Tekstür Silindrinde Yüksekliğe ve Sıvının Yoğunluğuna Göre Basınç Değişimi.....	13
2.5. Basınç.....	14
2.6. Basınç Farkı.....	14
2.7. Sedimentasyon Sonucu Oluşan Basınç Farkının Ölçümü.....	15
3. MATERYAL ve METOT.....	18
3.1. Materyal.....	18
3.1.1. Sinyal Ölçümünde Kullanılacak Basınç Sensörü.....	19
3.1.2. Veri Kazanım Sistemi.....	20
3.1.3. Hardware.....	20
3.1.4. BNC 2120 Terminal Board.....	22
3.1.5. Güç Kaynağı (Keithley 2410 Source Meter).....	23
3.1.6. Veri Kazanım Programı - Labview (Virtual Instrumentation).....	23
3.1.7 Programlama Dili (Labview).....	24

3.1.8. Sanal Enstrüman (Virtual Instrument-VI ) kavramı.....	24
3.1.9. Labview Programlama Ortamı.....	26
3.1.10 Ön Panel.....	26
3.1.11. Blok Diyagram.....	27
3.1.12. Kontrol Paleti.....	28
3.1.13 Fonksiyon Paleti.....	29
3.1.14 Araç Paleti.....	30
3.1.15. Labview Uygulamaları.....	30
3.2. Metot.....	32
3.2.1. Dispersiyonun Hazırlanması.....	32
3.2.2. Elektromanyetik Gürültü ve Filtrelenmesi.....	35
3.2.3. Gürültü Kaynakları ve Tipleri.....	35
3.2.4. Gürültünün En Düşük Seviyeye İndirilmesi.....	36
3.2.5. Gürültünün Filtrelenmesi.....	37
3.2.6. Filtrelerin Çalışma Prensibi.....	38
3.2.7. Süzdükleri Frekanslara Göre Filtre Tipleri.....	38
3.2.8. Bant Söndüren Filtre (Band Stop Filter-Notch Filter).....	39
3.2.9. Alçak Geçiren Filtre (Low Pass Filter).....	40
4. BULGULAR .....	43
4.1. Sensörlerden Gelen Sinyallerde Labview Ortamında Filtre Kullanılması ve Veri Okuma Sıklığına Bağlı Olarak RMS Değerlerindeki Değişimin Karşılaştırılması .....	46
5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	50
6. ÖNERİLER.....	52
KAYNAKLAR	
ÖZGEÇMİŞ	

## ÖZET

Bu çalışma TÜBİTAK tarafından desteklenen 108O773 adlı projenin bir bölümü olarak yürütülmüştür. Günümüze kadar toprak Parçacık Büyüklük Dağılımı (PBD) ölçülmesi için birçok metot kullanılmıştır. Bu metotlar Hidrometre, Pipet, Lazer Kırınım ve Elek Analizi yöntemleridir. Bu çalışmada yaygın olarak kullanılan Hidrometre yöntemi ile yeni geliştirilen basınç sensörüyle PBD ölçümü yapabilen yöntem karşılaştırılmıştır.

Hidrometre yöntemine alternatif olarak geliştirilen yöntemde, basınç sensörlerinden alınan sinyallerin Labview tabanlı olarak analizi gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada sistemden ve çevreden kaynaklı elektromanyetik gürültülerin yazılım ile filtrelenmesi detaylı bir şekilde incelenmiştir. Geliştirilen yöntem hidrometre ile yapılan karşılaştırma sonucunda toprak PBD ölçümünde %99'dan ( $R^2=0,996$ ) daha yüksek güven seviyesinde uygulanabilir bulunmuştur. Deneysel veriler basınç ölçüm yöntemiyle toprak PBD ölçümünün sağlıklı bir şekilde yapılabileceğini göstermiştir. Labview programının kullanıcıya sunduğu sinyal analiz yöntemleri elektromanyetik gürültülü sinyallere uygulanmış ve sonuçlar her bir parametre için karşılaştırılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Hidrometre, Toprak PB, Labview, Basınç Sensörü, Filtreleme

## SUMMARY

This study has been carried out as a part of the TUBITAK Project numbered 108O773. Until today, lots of methods have been utilized to measure Particle Size Distribution (PSD). These methods are Hydrometer method, Pipette method, method of Lazer diffraction and Sieving analysis method. In this study, commonly used hydrometer method is compared with a recently developed a new PSD measurement technique utilized pressure sensors.

In the developed method as an alternative to hydrometer technique, Labview based analysis implemented on signals received from pressure sensors. In this study a detailed investigation has been carried out on filtering of electromagnetic noise originated from system and environment by digital filters. When comparison has been made on the developed technique with hydrometer method, new technique has been found to be applicable for monitoring soil PSD with more than 99% reliability under the specified conditions. Experimental results showed that the new developed technique could be healthfully used to measure soil PSD. Signal analysis methods served by Labview have been applied to signals with electromagnetic noise and the results compared for each parameter.

**Keywords:** Hydrometer, Soil PSD, Labview, Pressure Sensor, Filtering



## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Küre Şeklindeki Bir Tanenin Durgun Bir Sıvı İçerisinde Çöküşü .....	7
Şekil 2.2. ASTM 151 H Tipi Hidrometre.....	12
Şekil 2.3. Sensörle Ölçüm Sisteminin Çalışma Şeması.....	17
Şekil 3.1. Mikser ve Sedimentasyon Silindiri.....	18
Şekil 3.2. Bouyoucos Hidrometresi.....	19
Şekil 3.3. Honeywell 0,5 PSİ Pressure Sensor.....	19
Şekil 3.4. Labview Tabanlı Data Kazanım Sisteminin Fonksiyonel Grafiği.....	21
Şekil 3.5. NI USB 6289 Multifunction DAQ kartı.....	21
Şekil 3.6. NI BNC-2120 Terminal Bordu.....	22
Şekil 3.7. Keithley 2410 Source Meter.....	23
Şekil 3.8. Örnek Kullanıcı Ara Yüzü.....	25
Şekil 3.9. Labview Programlama Ortamı.....	26
Şekil 3.10. Ön Panel.....	27
Şekil 3.11. Blok Diyagram.....	28
Şekil 3.12. Kontrol Paleti.....	29
Şekil 3.13. Fonksiyon Paleti.....	29
Şekil 3.14. Araç Paleti.....	30
Şekil 3.15. Manyetik Karıştırıcı ve Kum Tanelerinin Yükselişi.....	34
Şekil 3.16. Basınç Sensörüyle Tekstür ve Parçacık Büyüklüğü Ölçüm Tekniği.....	34
Şekil 3.17. Gürültü Kaynakları ve Tipleri .....	35
Şekil 3.18. Sensör ve Sinyal Kablolarının Alüminyum Folyo İle Kaplanması ve Isı İzolasyonunun Yapılması.....	37
Şekil 3.19. Notch Filtrenin Şematik Görünümü.....	39
Şekil 3.20. Notch Filtrenin ve Low Pass Filtrenin Yerleştirildiği Metal Kutu.....	40
Şekil 3.21.Devrede Kullanılan 50 Hz'lik Notch Filtrenin Farklı Frekanslarını Gösterdiği Tepki.....	40
Şekil 3.22. Low-Pass Filtre.....	40

Şekil 3.23. Low-Pass filtre.....	41
Şekil 3.24. Cutoff Frequency .....	41
Şekil 4.1. Labview Programından Low Pass Filtre Kullanılmadan Elde Edilen Sinyal Grafiği.....	43
Şekil 4.2. Labview Programından Low Pass Filtre Kullanılarak Elde Edilen Sinyal Grafiği.....	44
Şekil 4.3. Hidrometre ve Sensörle 24 Saate Kadar Belirli Aralıklarda Alınan Ölçüm Değerleri.....	44
Şekil 4.4. Hidrometre Değerleri İle Drift Düzeltmesi Yapılmamış Basınç Sensör Değerlerinin Karşılaştırılması.....	45
Şekil 4.5. Sıcaklık Düzeltmeli Hidrometre Değerleri İle Drift Düzeltmesi Yapılmış Basınç Sensör Değerlerinin Karşılaştırılması.....	46
Şekil 4.6. Dijital Low -Pass Filtre Kullanılmadan Elde Edilen Gürültü Sinyalinin Genliği.....	47
Şekil 4.7. Dijital Low-Pass Filtre Kullanıldığında Elde Edilen Gürültü Sinyalinin Genliği.....	48
Şekil 4.8. Filtreli ve Filtresiz Sinyallerin Veri Okuma Sıklığına Bağlı Olarak Elde Edilmiş RMS Değerlerinin Karşılaştırılması.....	48

## **KISALTMALAR**

**vb.** : Ve Benzeri

**vd.** : Ve Diğerleri

**NASA** : National Aeronautics and Space Administration

**PVC** : Polivinil Klorür

**URL** : Uniform Resource Locator

**PC** : Personality Computer

## SEMBOLLER LİSTESİ

**N** : Newton

**Cm** : Santimetre

**Pa** : Paskal

**S** : Saniye

**ml** : Milimetre

$\pi$  : Pi Sayısı

**r** : Yarıçap

$^{\circ}\text{C}$  : Santigrat Derece

**mm** : Milimetre

**cm<sup>3</sup>** : Santimetre Küp

**g** : Gram

**mV** : Milivolt

**pH** : Hidrojen gücü

**%** : Yüzde

**V** : Volt

**Hz** : Hertz

**dB** : Desibel

$\mu\text{V}$  : Mikrovolt

**R<sup>2</sup>** : Korelasyon Katsayısı

**p** : Önemlilik Faktörü

## 1. GİRİŞ

Toprak Parçacık Büyüklük Dağılımı, genellikle toprak nem içeriği ve hidrolik iletkenlik (Bittelli vd., 1999) bitki besin elementi gereksinimi ve toprak sınıflaması (Eshel vd., 2004) gibi parçacık büyüklük dağılımı ile ilgili toprak özelliklerinin tahmininde kullanılmaktadır. Özellikle son yıllarda fazlaca çalışılan toprak parçacık büyüklüğünün fractal boyutunun tahmini ki “Bu tahminlerin doğruluğu parçacık büyüklüğünün ne kadar doğru ölçüldüğüne bağlıdır” buradan elde edilen sonuçlar tarım ve çevre alanında yaygın olarak kullanılmaktadır. Toprak tekstür sınıfı ve parçacık büyüklük dağılımının belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan birçok dezavantajları olan “hidrometre” yöntemine alternatif olabilecek daha hızlı ve güvenilir bir analiz yönteminin geliştirilmesini zorunlu hale getirmiştir (Tekelioğlu, 2009). Tekelioğlu çalışmasında birden çok toprak örneğini, hassas, daha güvenilir ve daha zahmetsiz bir şekilde analiz edebilecek otomatik (on-line) bir yöntemin geliştirilmesi hedeflemiştir.

## 2. PARÇACIK BÜYÜKLÜĞÜ ANALİZİNDE KULLANILAN YÖNTEMLER

Parçacık büyüklüğü analizi temelde üç yöntemle yapılmaktadır. Bunlar: eleme, pipet ve hidrometre yöntemleridir. Parçacık analiz metotlarından 'eleme' metodunun pek çok sınırlamalarının oluşu ve bu tekniğin güvenilirliğinin de belirli aralıklarda kalması çok iyi bilinmektedir (Day, 1965). Eleme yöntemiyle sadece 2000 µm ile 50 µm arasındaki parçacıkların büyüklükleri belirlenebilmektedir (Gee ve Bauder, 1986). 'Pipet yöntemi' de güvenilir bir yöntem olmasına rağmen 'Hidrometre yöntemi' parçacık büyüklüğü analizinde hatalar oluşsa da kullanımının çok kolay oluşu ve Pipet yöntemine oranla daha az çaba harcanma gereksiniminden dolayı bu tekniği her zaman ön plana çıkarmıştır (Dick, 2002). Bu iki yöntem özellikle çoklu testlerde yorucu ve uzun çalışmalar gerektirmektedir.

Erşahin'e (2005) göre, toprak tekstürü nitel ve nicel olmak üzere iki şekilde belirlenebilir. Nitel olarak nemli toprak materyalinin parmaklar arasında bıraktığı his değerlendirilir ve o toprağın tekstürü hakkında bir yargıya varılır. Kumlu bir toprak parmaklar arasında daha çok zımpara hissi verirken, siltli bir toprak pudra hissi verir, killi bir toprak ise içermekte olduğu kilin cinsine göre parmaklar arasında kaygan bir his bırakır ya da parmaklara yapışır. Deneyimli bir uzman bu yöntemle toprak tekstürünü kısa bir sürede gayet doğru olarak belirleyebilir.

Bu tekniklerin dışında X-Ray zayıflama tekniği (URL-10, 2011), Ultrasonik zayıflama tekniği (Splet vd., 1999), Di-elektrik yöntem (Starr vd., 2000), Laser difraksiyon (LD) tekniği (Jonasz, 1987) gibi yöntemler belirli sınırlar arasında çalışıyor olması ve satın alım fiyatlarının yüksek oluşu kullanım alanının yaygınlaşmasını engellemiştir. Yukarıda bahsi geçen geliştirilmiş ve denenmiş bu yeni tekniklerin her biri gerek uygulama tekniğindeki zorluklar ve gerekse fiyatlarının pahalı olması gibi dezavantajlara sahip olduklarından bunların hiçbiri günümüze değin hidrometre, pipet yönteminin yerini alamamıştır.

### 2.1. Mevcut Hidrometre Yöntemiyle Karşılaşılan Sorunlar

Tekelioğlu'na (2009) göre toprak parçacık büyüklük dağılımında yaygın olarak kullanılan hidrometre yöntemiyle aynı anda çok sayıda deney düzenekleri üzerinde yapılan ölçümlerde kişiden ve yöntemden kaynaklanan bazı sıkıntılar görülmektedir. Şöyle ki; belirli aralıklarda ibreler üzerinden okuyarak ölçüm yapma zorunluluğu ve okuyucunun

o andaki değer yargısı, rakamları yuvarlama ihtiyacı gibi olumsuzluklar analiz sonuçlarında hatalara neden olmaktadır. Hidrometre okumalarında her seferinde hidrometrenin süspansiyona daldırılması ve çıkarılması süspansiyonun doğal yapısının belli düzeyde bozulmasına neden olurken, bu ise sonuçların hatalı çıkmasına neden olmaktadır. Hidrometre ile ölçümde ölçümü yapan kişinin tecrübesi ve hassasiyeti sonucu önemli şekilde etkilemektedir. Elle yapılan mekanik karıştırıcı ile analize hazırlanması esnasında meydana gelen kayıplar (sıçrama, dökülme, aletin temizliğinden kaynaklanan sorunlar) sık sık hatalı sonuçlara neden olmaktadır. Hidrometre okuması öncesinde diskle karıştırma esnasında silindirler sık sık kırılabilir. Hidrometre okumaları, özellikle 30 saniye okuması, zaman açısından itina gerektirdiğinden, çoklu; birden fazla örneklerin analizinin tek kişi tarafından bir arada yapılmasını zorlaştırmaktadır. Ölçme zamanındaki küçük bir gecikme, sonuca büyük oranda yansımaktadır. Parçacık büyüklük dağılımının belirlenmesinde, okuma zamanları büyük oranda kişiyi laboratuara bağlamakta ve analiz yorucu ve sıkıcı bir hal almaktadır. Gerek karıştırıcı diskin gerek hidrometre okuması sonrası hidrometrenin durulanması sonucu süspansiyonun hacminin bir miktar artması sonuçları etkilemektedir.

Oysa geliştirilecek olan yeni teknikte durulama suyuna gereksinim yoktur. Kil boyutunun alt fraksiyonlarının belirlenmesi son derece uzun zaman aldığından bunun kişi tarafından takibi zor olmakta, kişiyi uzun bir süre laboratuara bağlamaktadır. Hidrometre yönteminde okuma aralıklarına ilişkin standart bir prosedür henüz geliştirilmiş değildir. Farklı firmalarca üretilen hidrometreler arasında oluşan farklı değer okunması gibi. Toprak Parçacık Büyüklüğü Dağılımı ölçümünde bir otomasyon bulunmamaktadır. Toprak Parçacık Büyüklüğü Dağılım eğrisi elde edilmesinde güçlüklerle karşılaşmaktadır. Toprak Parçacık Büyüklüğü Dağılım analizinde elde edilen dataların sürekli olmayışı ve kesikli veriler üzerine eğri (fitting) uydurulması. Okumalar hidrometre ibresi üzerinden uzmanlar tarafından değil sensör yardımıyla online olarak bilgisayara kaydı gerçekleşecektir. Bu çalışmada bu tür şikâyetlerin ve problemlerin giderilmesi, ancak hidrometrenin yerini alabilecek bir hassas sensör yardımıyla verileri direk olarak belirlenen aralıklarla bilgisayara aktarılmasıyla gerçekleşecektir.

## 2.2. Basınç Sensörüyle Parçacık Büyüklük Dağılımı Ölçüm Yönteminin Esasları

Tekelioğlu'na (2009) göre, basınç sensörüyle parçacık dağılımı projesi kapsamında geliştirilecek olan (Basınç sensörüyle parçacık büyüklük dağılım ölçümü) yöntem, süspansiyonun ölçüme hazırlanmasında kullanılan diskle karıştırmanın yerine manyetik karıştırıcının kullanıldığı ve okumanın ise tamamen elektronik sensörler ile bilgisayara online olarak data kazanımı esasına dayanmaktadır. Bu çalışmada, toprak tekstürünün mekanik analizinde ve aynı zamanda parçacık büyüklüğü dağılım analizi ölçümlerinde yaygın olarak kullanılan "hidrometre" yöntemine alternatif olabilecek, çözeltilinin doğal yapısını bozmayan (non-intrusive), daha hassas ve güvenilir sonuçlar alabilen, birden çok numuneyi bir arada kolay bir şekilde analiz edebilecek otomatik yeni bir yöntemin geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Tekelioğlu'na (2012) göre, basınç sensörüyle parçacık büyüklük dağılımı ölçme sisteminin avantajları;

- İş yükü büyük bir oranda azaltılarak iş gücü tasarrufu sağlanmıştır.
- Kişiden kaynaklı hidrometre okumalarındaki hatalar giderilmiştir.
- Çözeltideki farklı büyüklükteki kumların fraksiyonu belirlenebilecek olması kum fraksiyonun ayrılmasında kullanılan eleme işlemini ortadan kaldıracağından büyük miktarda iş yükünü azaltmıştır.
- Hidrometre deneylerinde hidrometrenin süspansiyon içerisine daldırılmasıyla oluşan türbülansı elemine edeceğinden daha doğru sonuçlar alınabilmiştir.
- Gerektiğinde bir kişi bütün deneyleri tek başına yürütebileceğinden büyük kolaylık sağlanmıştır.
- Araştırmacının hidrometrenin üzerindeki skalada göremeyeceği en küçük değişimi yüksek çözünürlük özelliği ile ölçerek daha hassas sonuçlar alınabilmiştir.
- Veriler, istenilen sıklıkla toplanabilmiş ve direk olarak bilgisayara kaydolmuştur. Böylelikle, çok daha hassas parçacık dağılım spektrumu elde edilebilmiştir.

## 2.3. Toprak Parçacıklarının Çökmesi ve Parçacık Büyüklük Dağılımı Ölçümü

Hidrometre yönteminde, daha önce kalibre edilmiş bir hidrometre sedimentasyonun olduğu kap içerisine bırakılır. Zamanla parçacıklar büyükten küçüğe doğru çöktükçe



süspansiyonun yoğunluğu da düşer ve hidrometre süspansiyon içine doğru gittikçe batar. Hidrometrenin pozisyonu bir kalibrasyon eğrisi ile birlikte kullanılarak herhangi bir zamanda kabın belli bir derinliğindeki çözeltinin yoğunluğu ve dolayısıyla çözeltide ölçüm anına karşılık gelen parçacık büyüklüğünün altındaki parçacıkların yüzde miktarları hesaplanabilir (Demiralay, 1993).

Kendi halinde bulunan katı bir cisim, boşlukta düştüğü zaman yer çekimi nedeniyle gittikçe hızını arttırarak düşmeye devam eder. Eğer bu cisim bir h yüksekliğinden düşmüş ise, düşüş sonunda eriştiği hız,  $v=\sqrt{2gh}$  formülü ile belirlenir (Yıldız, 2007).

Boşlukta düşmede cismi etkileyen sadece yer çekimidir. Boşluk yerine akışkan bir ortamda düşme halinde, cisim bu ortam hareketine karşı bir direnç görür. Bu direnç, bir yandan ortamın özelliklerine, parçaya ve parça hızına bağlıdır. Hız arttıkça bu direnç de artar. Direnç = yer çekimi olunca parça hızı sabit kalır. Bu sabit hıza “*terminal hız*” denir. Parçanın ortamdaki gördüğü direncin şekli de değişiktir. Hız yavaş iken sadece parça civarındaki ortam hareket eder ve bir karışıklık (türbülans) olmaz. Bu andaki direnç sadece ortam viskozitesinden doğar, bunun için de “*viskoz direnç*” adını alır. Hız yükselince esas direnç parçanın yolundaki ortamın yer değiştirmesinden doğar. Ortama böylece verilen kinetik enerji, “*eddy’e*” ve “*türbülans’a*” harcanmış olur. Bu durumlarda viskozitenin etkisi oldukça küçüktür. Parçanın bu durumda gördüğü dirence “*eddy direnci*” ve “*türbülans direnci*” denir (URL- 1, 2011).

İster alçak isterse yüksek hızlarda olsun, parçanın terminal hıza erişmesi oldukça çabuk gerçekleşir ve bundan sonra ortam içerisinde sabit bir hızla çökmesine devam eder. Akışkan ortamda çökmeyi inceleyen bilim adamları Stokes ve Newton, kendi adlarının verildiği birer yasa ortaya koymuşlardır. Bunlardan Stokes daha çok viskoz direnç bölgesini incelemiş ve buna ait formülü vermiştir. Stokes’a göre akışkan bir ortamda düşen küresel bir cismin bu ortamdaki göreceği direnç (Yıldız, 2007), Viskoz Basınç Direnci: Akıntı yönünde hareket eden girdabın oluşmasındaki enerji kaybıyla ilgili bir kuvvettir. Tamamen su içine batmış cisimlerde basınç direncine eşittir (URL- 1, 2012).

$$R=3\pi d n v \quad (1)$$

formülü ile belirlenir. Burada;

R=Ortamın direnci (N)

d=Küre çapı (cm)

n=Ortam viskozitesi (Pa.s)

v=Parça hızı (cm/s) gösterir.

Newton ise, türbülans direnci bölgesini inceleyerek bu direncin,

$$R=K.p.d^2.v^2 \quad (2)$$

formülü ile belirlenebileceğini ortaya koymuştur (Yıldız, 2007). Burada;

R=Ortamın direnci (N)

d=Küre çapı (cm)

p=Ortam dansitesi (g/cm<sup>3</sup>)

v=Parça hızı (cm/s)

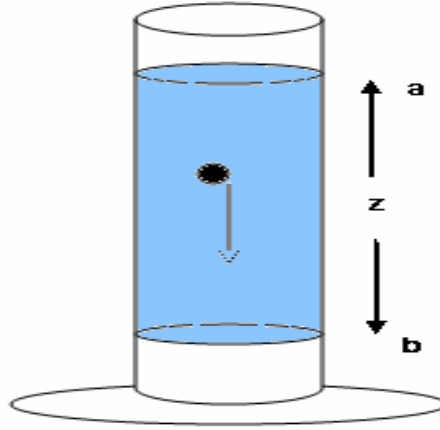
K=Bir katsayı ifade etmektedir.

Her iki formül ile bulunan değerler ait oldukları alçak ve yüksek hız bölgelerinde deneylerle elde edilenlere uymakta ise de ara yerdeki hızlar için geçerli sonuçlar vermemektedir.

Sınıflandırmayla ilgili genel yasaların yazılı ifadeleri şöyledir (Bayraktar, 1979);

- Akışkan bir ortamda şekil ve özgül ağırlıkları aynı olandan büyük olanı, küçük olana kıyasla daha hızlı çöker.
- Eğer parçalar aynı şekil ve boyutta ise, çökme hızları özgül ağırlıkları ile doğru orantılıdır.
- Eğer parçalar aynı ağırlıkta fakat farklı şekillerde iseler, çökme hızları büyük olasılıkla farklı olur. Küresel parçalar en çabuk, yassı ve düz parçalar en yavaş çökerler.
- Akışkan bir ortamda çökmeye karşı direnç, parça çöküş hızına bağlıdır ve düşük hızlarda hızın karesi, yüksek hızlarda hızla orantılı, ikisi arasında ise hızın 1. ve 2. kuvvetleri arasında bir kuvvetle orantılı olarak değişir.
- Akışkan bir ortamda çökme hızı, diğer bütün şartlar aynı ise, küçük parçalar için parça çapının karesi, büyük parçalar için parça çapının 1/2. kuvvetiyle, arada ise çapın 2 ile 1/2. kuvveti arasında bir kuvvetle orantılı olarak değişir.
- Çökmeye karşı direnç, ortamın yoğunluğu ile orantılıdır.
- Çökmeye karşı direnç, ortamın viskozitesi ile orantılıdır. Parça büyüdükçe direnç artışı çoğalır.

Bir metal bilyenin sıvı içinde limit düşme hızı ölçülerek viskozluk bulunabilir. Sıvı içinde düşmekte olan bir metal küre yerçekimi kuvveti ile buna ters yönde olan Stokes sürtünme kuvvetinin etkisi altındadır. Bu iki kuvvet eşitliğinde küre limit hıza erişir ve sıvı içinde düzgün doğrusal bir hareketle aşağıya düşer (Megep, 2007).



Şekil 2.1. Küre Şeklindeki Bir Tanenin Durgun Bir Sıvı İçerisindeki Çöküşü

Küre şeklindeki bir tanenin durgun bir sıvı içerisindeki çökme hızı ile tane büyüklüğü arasındaki matematiksel ilişki ilk kez George Gabriel Stokes tarafından ortaya konulmuştur (Stokes, 1891): Şekil 2.1’de görülen belli bir limit hıza ulaşma aralığı geçildikten sonra kürenin a ve b arasındaki z yüksekliğinden limit hızla düşme süresi olan t ölçülür. Buradan  $v=z/t$  limit hızı bulunur.

Küreye etkiyen yerçekimi kuvveti, yani kürenin sıvı içindeki ağırlığı ve Stokes kuvveti eşitlendiğinde viskozite için;

$$\eta = 2 \cdot r^2 \cdot g \cdot (d_c - d_s) \cdot t / 9 \cdot h \quad \text{formülü kullanılır.} \quad (3)$$

r =Parçacığın yarıçapı (cm)

g=Yerçekimi ivmesi (cm/s<sup>2</sup>)

d<sub>c</sub>=Cismin yoğunluğu (g/ml)

d<sub>s</sub>=Saf suyun 20° 'deki yoğunluğu (g/ml)

t= Cismin düşme süresi (s)

h=Cismin düşme yüksekliği (cm)

η=Viskozite (Pa.s=poise)

Akışkanların akmaya karşı gösterdikleri dirence *viskozite* denir. Aynı koşullarda, viskozitesi küçük olan sıvılar, viskozitesi büyük olan sıvılara göre daha hızlı akarlar. Viskozitenin tersine akıcılık denir. Viskozite η, akıcılık ise Ø gösterilir. Aralarında  $\text{Ø} = 1/\eta$  bağıntısı vardır (Megep, 2007).

Sıvıların viskozitesi sıvıların bileşimine bağlıdır. Yoğunluk ve ağır bileşen miktarı arttıkça viskozite de artar. Sıcaklık ve gaz miktarı arttıkça viskozite düşer. SI birim

sisteminde viskozitenin birimi Pascal.Saniye'dir (Pa.s). Sıvıların viskozluğu molekül yapıları ve moleküller arası etkileşmelerle yakından ilgilidir (Üneri, 1968).

Çoğu sıvıların viskozitesi, artan sıcaklıkla azalır. Boşluk (hole) teorisine göre bir sıvı içerisinde boşluklar bulunmaktadır ve moleküller sürekli boşluklara doğru hareket eder. Bu olay akışa izin verir, fakat bir molekülün bir boşluğa taşınması bir aktivasyon enerjisine ihtiyaç duyduğundan enerji gerektirir. Yüksek sıcaklıklarda aktivasyon enerjisi daha kolay temin edileceğinden sıcaklık yükseldikçe sıvı daha kolay akar (Sarıkaya, 1986). Diğer yandan artan basınçla bir sıvının viskozitesi artar, çünkü basıncın artırılması sıvı içerisindeki boşluk sayısını azaltır ve bunun sonucu moleküllerin hareketi zorlaşır.

İri taneli (çakıl ve kum) topraklarda tane boyu dağılımı önceden saptanmış elek serileri ile elek analizi yapılarak tespit edilir. İnce taneli (silt ve kil) topraklarda ise tane boyu dağılımı hidrometre yöntemi kullanılarak bulunur. Elek analizi 200 numaralı elek (0.074 mm) üzerinde kalan numuneler için uygulanırken, hidrometre analizi ise 200 numaralı elek altında kalan numuneler için uygulanmaktadır (Güzel, 2005).

Navier-Stokes denklemleri akışkanın akışını sadece yaklaşık olarak tanımlayabilir ve çok küçük ölçeklerde veya sıra dışı şartlarda, gerçek akışkanlar diğer maddeleri ve molekülleri içeren karışımlardır, Navier-Stokes denklemleri ile homojen ve sürekli akışlar modellenmiş ve bunun üzerinden sonuçlar elde edilmiştir (URL- 2, 2012).

Stok Yasası ile parçacık büyüklük dağılımının belirlenebilmesi için bazı varsayımlar yapılmıştır. Bunlardan en önemlileri aşağıda belirtilmiştir;

- Parçacıklar sıvı moleküllerinin termal hareketinden (Brownian motion) etkilenmeyecek kadar büyüktür.
- Parçacıkların hepsi küreseldir.
- Bütün parçacıkların yoğunluğu aynıdır.
- Süspansiyon parçacıklarının her birinin birbirlerinden bağımsız serbest çökmelerine izin verecek kadar seyreltiktir.

Çökmekte olan parçacıkların etraflarındaki sıvı laminardır, yani sıvı içerisinde oluşacak bir türbülans nedeniyle hiçbir parçacığın hızı terminal hızı aşmaz.

Daha öncede belirtildiği gibi toprakta parçacık büyüklük dağılımı mekanik analiz yöntemi ile belirlenir. Bu yöntemde, önce toprak materyali bir süspansiyon içerisinde iyice dağıtılır (dispersiyon). Organik madde, demir ve alüminyum oksitler ve kalsiyum karbonat gibi çimentolayıcı maddeler ile agregatlaşmış olan bireysel toprak partiküllerinin birbirlerinden ayrılması ve killerin deflokule edilmesi gerekmektedir. Organik madde

hidrojen peroksit ile uzaklaştırılabilir, kalsiyum karbonatın ise süspansiyona hidroklorik asit ilave edilerek çözünmesi sağlanabilir. Killerin deflokulasyonu (süspansiyon içerisinde iyice dağıtılması) ise süspansiyona disperse edici madde (örneğin, sodyum heksametafosfat) ilave edilerek ve daha sonra çözelti iyice karıştırılarak sağlanabilir. Dispersiyon yeterince sağlanmadığında silt büyüklüğündeki kil floklarının silt olarak kabul edilmesi hatasına düşülür ki bu durum test sonucunun tamamen yanlış çıkmasına neden olur. Bu durumda toprak materyali içerisindeki kil miktarı olması gereken değer in altında çıkacaktır.

Erşahin'e (2007) göre, toprakta eşdeğer çapları 2 mm'den daha büyük materyal toprak olarak kabul edilmez. Eşdeğer çapları 2 mm'den büyük materyal ince materyalden, elek aralığı çapı 2 mm olan elekler yardımıyla ayrılabilir. Büyüklükleri 2mm' den daha küçük olan parçacıklar ise bir süspansiyon içerisindeki değişik büyüklükteki parçacıkların çökme hızlarındaki farklılıktan hareket edilerek geliştirilmiş olan sedimentasyon yöntemi ile ayrılabilir. Aşağıda bu sedimentasyon yönteminin teorik analizini ele alacağız.

Herhangi bir sıvı içerisinde çökmekte olan bir parçacık kendisinin çapı, hızı ve içinde çökmekte olduğu sıvının viskozitesinin ortak bir sonucu olan bir dirençle karşılaşır.

Sürtünme nedeniyle ortaya çıkan sürtünme kuvveti ( $F_r$ ), Stocks tarafından

$$F_r = 6\pi\eta rV \quad (4)$$

şeklinde verilmiştir. Eşitlik 4'te  $\eta$  sıvının viskozitesi,  $r$  ve  $V$  ise sırasıyla parçacığın yarıçapı ve çökme hızıdır. Başlangıçta, parçacık çökmeye başladığında parçacığın hızı giderek artar. Parçacığın çökme hızı arttıkça sürtünme kuvveti de artar ve neticede sürtünme kuvvetinin yerçekimi kuvvetine eşit olduğu bir noktaya ulaşılır ki, artık bu noktadan sonra hız artmaz ve parçacık sabit bir hızla çökmeye devam eder. En son ulaşılan bu sabit hız terminal hız ( $V_t$ ) olarak adlandırılır.

Orhan vd.'e (2004) göre, yoğunluğu  $\rho_s$  ve yarıçapı  $r$  olan küre şeklindeki bir parçacık yoğunluğu  $\rho_l$  ve viskozitesi  $\eta$  olan bir sıvı içerisinde çökmeye bırakıldığında; yerçekimi, sıvının kaldırma kuvveti (buoyancy) ve suyun viskozitesinin neden olduğu sürtünme kuvvetlerinin etkisinde kalır. Yerçekimi kuvveti  $F_g$  Newton Yasası kullanılarak,

$$F_g = m_s g = \rho_s [4/3(\pi r^3)]g \quad (5)$$

şeklinde hesaplanır. Eşitlik 5'te  $[4/3(\pi r^3)]$  küresel parçacığın hacmidir. Sıvının kaldırma kuvveti nedeniyle parçacığa ters yönde uyguladığı kuvvet (buoyancy), Arşimet tarafından

ifade edildiği gibi, parçacık tarafından yer değiştirilen sıvının ağırlığına eşittir. Dolayısıyla bu kuvvet,

$$F_b = \rho_l [(4/3)\pi r^3]g \quad (6)$$

şeklinde hesaplanır. Eşitlik 6 'da  $F_b$  parçacığa ters yönde uygulanan kaldırma kuvveti (buoyancy) dir. Stokes yasasına göre durgun bir sıvı içerisinde sabit hızla çöken küre şeklindeki bir taneye üç farklı kuvvet etki etmektedir (Bardet, 1997). Bu kuvvetler; sürtünme kuvveti veya direnci, sıvının kaldırma kuvveti ve yerçekimi kuvvetidir.

Bardet'e (1997) göre, parçacığa etkiyen bu üç kuvvet: yerçekimi kuvveti, sürtünme kuvveti ve kaldırma kuvveti kısa zamanda birbirlerini dengelediklerinde parçacığa etkiyen kuvvetlerin toplamı sıfır olur ve parçacık sabit bir hızla çökmeye devam eder. Yani,

$$\sum F_i = 0 = F_g - F_b - F_d \quad (7)$$

koşulu sağlanmış olur. Eşitlikler 4, 5, 6; Eşitlik 7'de yerlerine konulduğunda ve gerekli sadeleştirmeler yapıldığında, sabit çökme hızı (V);

$$V = [(\rho_s - \rho_l) d^2 g] / 18\eta \quad (8)$$

şeklinde ifade edilir (Bardet, 1997). Eşitlik 8 'de d parçacığın çapıdır. Terminal hıza işlemin hemen başlangıcında ulaşıldığını varsaydığımızda parçacığın herhangi bir h yüksekliğinden çökmesi için gerekli süre (t);

$$t = 18h\eta / d^2 g (\rho_s - \rho_l) \quad (9)$$

şeklinde hesaplanır (Bardet, 1997).

Eşitlik 9 kullanılarak parçacık çapı d;

$$d = [18h\eta / tg (\rho_s - \rho_l)]^{1/2} \quad (10)$$

şeklinde hesaplanır (Bardet, 1997).

İnce taneli toprakların (siltler ve killer) tane çapı dağılımını deneysel olarak saptamak için, bir süspansiyon içindeki küresel katı maddelerin çökme hızlarının, onların tane çapına bağlı olarak değiştiğini gösteren Stokes yasasından yararlanmak mümkün olmaktadır. Stokes yasasının küresel taneler için geçerli olması, buna karşılık toprak içindeki ince tanelerin plaka şeklinde olmaları nedeni ile çökeltme analizinin ancak yaklaşık sonuçlar verdiği bilinmektedir. Daha doğru ve pratik yöntem geliştirilmiş olmadığı için, uygulamada çökeltme analizi kullanılmaya devam edilmektedir (Özaydın, 1989).

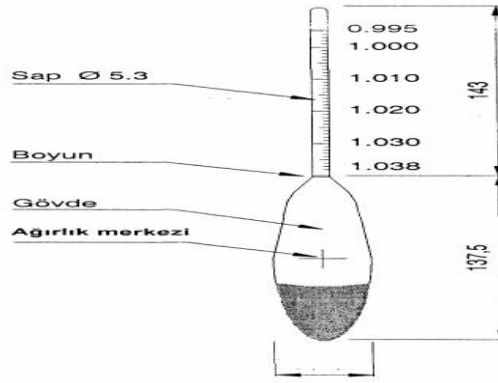
Stokes yasası yalnız küresel taneler için doğrudur. Bu sebepten, hakiki toprak parçacıkları şekil bakımından küresel olmadıklarından, tane çapları, bu tanelerin suda

çökelme hızlarını ve aynı topraktan mamul fiktif (varsayılan) bir küreye ait Efektif Çap olarak tarif edilirler. 0.2 µm Efektif Çaptan daha küçük taneler, Stokes yasasına göre çökmezler ve bu sebepten mekanik analizin çökeltme metodu, bu çaptan daha küçük tanelerin boyutları hakkında bir bilgi vermez (Kumbasar, 1992).

151 H tipi yoğunluk hidrometreleri, 20 °C sıcaklığındaki saf suyun yoğunluğunu 1.0 g / ml (veya g/cm<sup>3</sup>) olarak ölçecek şekilde tasarlanarak imal edilmiştir. Hidrometre deneyi sırasında da zemin - su karışımının sıcaklığının 20°C olması istenir. Suyun yoğunluğu sıcaklıkla birlikte değiştiğinden dolayı (suyun sıcaklığı ile yoğunluğu ters orantılıdır), hidrometre okumasının yapıldığı anda karışımın sıcaklığı 20 °C' den farklı ise, sıcaklık düzeltilmesinin yapılması gerekir (URL- 3, 2012).

Hidrometre, sıvıların özgül ağırlığını ölçmeye yarayan alete verilen isimdir. Genelde camdan yapılan hidrometrenin bir ucunda sıvı içinde dik durmasını sağlamak üzere ağırlık, diğer ucunda ise silindirik bir sap bulunmaktadır (Şekil 2.2.). İnce uzun bir kaba ölçülmek istenen sıvı konur, hidrometre içine serbestçe yüzecek şekilde yavaşça bırakılır. Sıvı yüzeyi ile temas eden sap seviyesi not edilir. Daha önceden kalibre edilmiş ölçek hizasındaki değer g/cm<sup>3</sup> olarak sıvının özgül ağırlığını verir (URL- 4, 2012).

Çalışma prensibi Arşimet'in yüzen cisimlerin ağırlığının, kapladıkları hacim kadar sıvının ağırlığına eşit olması ilkesine dayanır. Saf suyu 1 g/cm<sup>3</sup> ile referans alan alet; benzin, gaz ve alkol gibi hafif sıvılarda daha derine iner; süt, tuzlu su, asit gibi yoğun sıvılarda yükselir. Genelde hafif ve yoğun sıvılar için farklı hidrometreler kullanılır; hafif sıvılar için skala 1'de son bulurken, yoğun sıvılarda 1'den başlar. Süt testinde kullanılan laktometre denmektedir. Sütün özgül ağırlığı 1.027 ile 1.035 arasında değişmektedir; dolayısıyla laktometrede skala son iki sayı ile belirtilir ve 20-40 bölme sayımı arası değişir. Sıvıların alkol yoğunluğunu ölçmek için kullanılanlara alkol metre, solüsyondaki şeker yoğunluğunu belirtmek için kullanılanlara da sakkarometre denmektedir. Aynı alete termometre eklenmesi ile termohidrometre ismini alır (URL- 4, 2012).



Şekil 2.2. ASTM 151 H Tipi Hidrometre (Orhan vd., 2004).

Hidrometre deneyinde okuma yapılırken yüzey gerilim kuvvetlerinden dolayı suyun hidrometrenin sapında ve çöktürme silindirinin çeperlerinde yukarıya doğru bir kavis meydana getirmektedir bu kavise menüsküs denmektedir ( Layık, 2006).

Stokes yasası, küre şeklinde olan taneler için geçerli olduğundan, Stokes eşitliğine göre zeminlerin tane boyutunun belirlenmesinde, zemin tanelerinin şeklinin de küre olduğu kabul edilmektedir. Buna göre özgül ağırlığı, zemin tanelerinin özgül ağırlığı ile aynı olan ve su içerisinde zemin taneleri ile aynı hızda çöken kürenin çapı, zemin tanelerinin çapı olarak belirlenmektedir. Buna eşdeğer Küre Teorisi’de denilmektedir. Çöktürme analizinde toprak taneleri, içi su ile dolu olan bir silindirin içerisinde kendi ağırlığı ve yerçekiminin etkisi ile çökmeye bırakılmakta ve belirli zamanlarda hidrometre adı verilen camdan yapılmış bir gereçle tanelerin çökme mesafeleri ve zemin-su karışımının yoğunluğu ölçülmektedir. Analizi yapılan zemin tanelerinin hepsinin aynı özgül ağırlığa sahip olduğu kabul edilmek koşuluyla, büyük boyutlu tanelerin daha hızlı, küçük boyutlu tanelerin ise daha yavaş çökecekleri bilinmektedir (Orhan vd., 2004).

Hidrometrenin sap kısmının hacmi, gövde kısmının hacmi ile karşılaştırıldığında çok daha küçük olduğundan, esasında hidrometreyi dengeleyen kaldırma kuvvetinin hidrometrenin gövdesinin batan hacmi kadar süspansiyonun ağırlığına eşit olduğunu söylemek yanlış olmayacaktır (Baret, 1997).

Toprakların tane büyüklüğü dağılımı yani % kum, % mil ve % kil fraksiyonları hidrometre yöntemi uygulanarak belirlenir (Bouyoucos, 1951). Tane Büyüklüğü Dağılımı ise 2 mm’ lik elekten geçirilmiş bozulmuş toprak örneklerinde hidrometre metoduna göre belirlenir (Gee ve Boudier, 1986).

Sur vd’e (1977) göre, tane büyüklük dağılımı analizinde Day ve Bouyoucos hidrometre yöntemlerini karşılaştırmak amacıyla yaptıkları bir araştırmada, söz konusu yöntemler



arasında önemli ( $P < 0.01$ ) fark tespit etmişlerdir. Ayrıca, ince fraksiyonların belirlenmesinde Day hidrometre yönteminin, Bouyoucos hidrometre yöntemine göre daha az hataya neden olabileceğini belirtmişlerdir.

Elonen'e (1971) göre, çalışmasında toprağın organik karbon içeriği % 0.4-% 0.9 arasında değiştiğinde,  $H_2O_2$  (Hidrojen Peroksit) muamelesiz ve muameleli örneklerin kil fraksiyonlarında bir değişim belirleyememiştir. Ancak, % 2.5-%19.7 arasında organik karbon içeren toprakların,  $H_2O_2$  uygulanması ile organik karbonun oksidasyonu sonucunda kil fraksiyonunda artışlar saptanmıştır.

Özer'e (2006) göre, Lazer kırınım ve Hidrometre yöntemleriyle belirlenen tane büyüklüğü dağılım eğrilerinin farklı olmasının başlıca nedenlerinin, tane şekli ve tane mineralojisi olduğu ortaya konmuştur. Layik'e (2006) göre, % kil miktarı 0–10 arasında bulunan 22 adet farklı numune için korelasyon katsayısı  $r = 0,9857$  bulunmuştur. Hidrometre deneyi sonucundan pipet yöntemi sonucuna ya da pipet yöntemi sonucundan hidrometre deneyi sonucuna ulaşabilmek için;  $Hidrometre = 0,9737 (Pipet) + 2,402$  bağıntıları bulunmuştur.

Bozulmuş toprak örnekleri, açılan profillerin aynı derinliklerinden alınmış, naylon torbalara konularak etiketlenmiş ve laboratuara getirilmiştir. Örnekler Irmak (1954), tarafından verilen esaslara göre oda sıcaklığında kurutularak merdanelenmiş ve 2 mm'lik elekten geçirilmek suretiyle analizlere hazırlanmıştır.

#### 2.4. Tekstür Silindirinde Yüksekliğe ve Sıvının Yoğunluğuna Göre Basınç Değişimi

Tekstür silindiri içerisinde kullanılacak toprağın standart ağırlığı 40 gramdır. Öncelikle silindire konulacak toprak ve su karışımının yoğunluğu aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$\rho$ =yoğunluk,  $\gamma$ =ağırlık,  $V$ =hacim, olarak verildiğinde;

Toprağın ağırlığı:

$$\rho_{\text{toprak}} = \gamma_{\text{toprak}} / V_{\text{toprak}} \quad T_{\text{toprak}} = 40 \text{ gr} / 2.65 \text{ gr/cm}^3 = 15,09 \text{ cm}^3 \quad (11)$$

Suyun hacmi

$$V_{\text{su}} = V_{\text{toplam}} - V_{\text{toprak}} \quad V_{\text{su}} = 1000 \text{ cm}^3 - 15,09 \text{ cm}^3 = 984,91 \text{ cm}^3 \quad (12)$$

Suyun ağırlığı:

$$\gamma_{\text{su}} = V_{\text{su}} \times \rho_{\text{su}} \quad \gamma_{\text{su}} = 984,91 \text{ cm}^3 \times 1 \text{ gr/cm}^3 = 984,91 \text{ gr} \quad (13)$$

Toplam ağırlık:

$$\gamma_{\text{toplam}} = \gamma_{\text{su}} + \gamma_{\text{toprak}} \quad \gamma_{\text{toplam}} = 984,91 \text{ gr} + 40 \text{ gr} = 1024,91 \text{ gr} \quad (14)$$

olarak bulunur.

Su ve toprak karışımının yoğunluğu:

$$\rho_{\text{toplam}} = \gamma_{\text{toplam}} / V_{\text{toplam}} \quad \rho_{\text{toplam}} = 1024,91 \text{ gr} / 1000 \text{ cm}^3 = 1,02491 \text{ gr/cm}^3 \quad (15)$$

şeklinde hesaplanır.

## 2.5. Basınç

Basınç; genel anlamda sıvının silindirin iç yüzeylere uyguladığı basınç kuvvetinin, basıncın uygulandığı alana bölümü olarak ifade edilebilir ve aşağıdaki eşitlikteki gibi yazılabilir.

$$p = \frac{dF}{dA} \quad (16)$$

eğer kuvvet belirli bir alana üniform bir şekilde dağılıyorsa, bu durumda

$$P = \frac{F}{A} \quad (17)$$

şeklinde gösterilebilir (Umur, 1998).

## 2.6. Basınç Farkı

Bir sıvı içerisinde herhangi iki farklı (yükseklikte) seviyedeki noktalar arasındaki basınç farkı aşağıdaki gibi verilir.

$$P_2 - P_1 = \gamma \cdot (h_2 - h_1) \quad (18)$$

$\gamma$  = sıvının ağırlık birimi ve  $h_2 - h_1$  = iki farklı noktalar arasındaki yükseklik farkıdır.

Eğer bir nokta atmosferik basıncın maruz kaldığı sıvı yüzeyi ve  $h$  sıvı yüzeyinden aşağıya doğru pozitif bir yükseklik ise bu durumda yukarıdaki eşitlik;

$$P = \gamma \cdot h \quad (19)$$

şeklini alır ve bu eşitlikle elde edilecek değer karışımın sahip olduğu ağırlık nedeniyle silindir içerisinde belirli bir derinlikte ölçülen değer olacaktır. Bu değer aynı zamanda tekstür silindiri üzerinde belirli bir  $h$  derinliğine yerleştirilen sensörden okuyacak olduğumuz değer olacaktır. Not: Ağırlık = Kütle x Yer çekim ivmesidir.

Kütle; bir cismin özündeki niceliklerin ölçüsüdür. Kütle her yerde aynı değere sahiptir. Yani cismin bulunduğu ortamın yerçekimine göre değişmez. Kütlenin SI birim dizgesindeki birimi kilogram veya gramdır. Dolayısıyla, eşitlik 16'da belirtilen ifade aşağıdaki şekliyle de yazılabilir.

$$(P = \gamma.h) \rightarrow (P = \rho.g.h) \quad (20)$$

1 cm<sup>3</sup> su ve toprak karışımının ağırlığı 1,02491 gr'dır ve bu ağırlık değeri aynı zamanda bu 1 cm<sup>3</sup>'lük kütle için 1cm<sup>2</sup>'lik tabanına uyguladığı kuvvet anlamına gelir ki bu da bize basıncı verir. Yani, 1 cm<sup>3</sup>'lük karışımın, 1cm<sup>2</sup>'lik tabanına uyguladığı basınç değeri 1,02491 gr/cm<sup>2</sup>'dir.

Bu durumda örneğin; yüzeyden 25 cm derinlikte oluşacak basınç değeri;

$$P = 25,6227 \text{ gr/cm}^2 \cdot 25 \text{ cm} = 2512,73 \text{ (Pa)-(N/m}^2)$$

25,6227 gr/cm<sup>2</sup> = 25,12734 mbar = 10,0876199 inch H<sub>2</sub>O = 25,6228460 cmH<sub>2</sub>O'na karşılık gelir.

Silindirin saf su ile dolu olduğu düşünülürse, saf suyun aynı noktaya yapmış olduğu basınç: (Saf suyun yoğunluğu 1 gr/cm<sup>3</sup> olarak alındığında) P = 25 gr/cm<sup>2</sup> olmalıdır.

Başlangıçtan itibaren toprak partikülleri zamana bağlı olarak çökeldikçe, yani zaman ilerledikçe bu noktadaki basınç 25,6227 gr/cm<sup>2</sup>'den 25 gr/cm<sup>2</sup>'ye kadar yaklaşacaktır. 25 gr/cm<sup>2</sup> lik basınç suyun saf halinde elde edilen basınç idi. Fakat suyun saflığı kaybolacağı için basınç hiçbir zaman tam olarak 25 gr/cm<sup>2</sup> değerini pratik anlamda hiçbir zaman alamaz.

t=0 anındaki maksimum yoğunluk ile tüm partiküllerin çökmesi sonucu oluşabilecek en düşük yoğunluk değeri arasındaki basınç farkı:

$P_{\text{fark}} = P_{\text{süspansiyon}} - P_{\text{saf s}} \quad P_{\text{fark}} = 25,6227 \text{ gr/cm}^2 - 25 \text{ gr/cm}^2 = 0,6227 \text{ gr/cm}^2$  şeklinde olmalıdır.

Bu durumda, deney başlangıcı ile sonu arasındaki gözlemleyeceğimiz (karışımın konsantrasyonundaki azalmadan dolayı) toplam basınç değişim miktarı 0,6227 gr/cm<sup>2</sup> kadar olacaktır.

## 2.7. Sedimentasyon Sonucu Oluşan Basınç Farkının Ölçümü

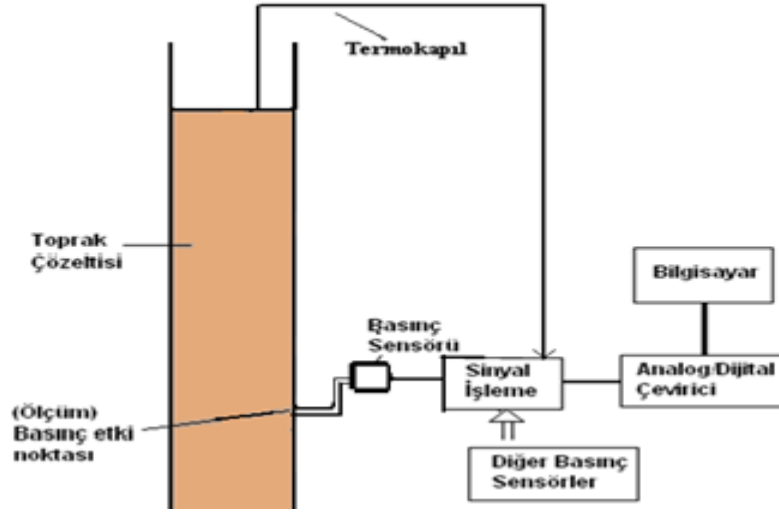
Oluşan bu fark değeri ( $P_{\text{fark}} = 25,6227 \text{ gr/cm}^2 - 25 \text{ gr/cm}^2 = 0,6227 \text{ gr/cm}^2$ ) sedimentasyonun başlangıcında ve sonucunda su yüzeyinden 25 cm altında ölçülen

basınçların farkıdır. Örn: eğer 25 cm H<sub>2</sub>O çalışma aralığı olan 5 Volt üretebilen bir sensör, karışımın yüzeyinden itibaren sensörün çalışma aralığını (0-25 cm H<sub>2</sub>O) aşmayacak şekilde 24.3 cm derinliğe yerleştirdiğimizde parçacık büyüklük dağılımının belirlenmesinde deneyin başlangıcı ve sonu arasında sensörden alınan sinyaldeki maksimum değişim 122 mV'luk bir değişim gözlemleyebiliriz (Tekelioğlu, 2009).

Stokes eşitliğinde açıklandığı gibi kum, silt ve kil parçacıkları büyüklüklerine ve içinde buldukları ortamın yoğunluğuna göre terminal hıza ulaştıktan sonra, teorik anlamda, kararlı hızda çökmeye devam ederler. Bu çökme işleminde kum parçacıkları daha yüksek hızlara ulaşarak daha erken çökerken kil tanecikleri ise terminal hızlarının çok düşük olmasından dolayı çok uzun süre sıvı içerisinde asılı kalarak yavaş yavaş çöklerler. Bu olay bize deneyin başlamasıyla beraber sıvının yoğunluğunun zamanla birlikte sürekli değiştiğini azaldığını gösterir. Tekstür silindirindeki karışım (toprak+su); silindir içerisindeki bütün yüzeylerde bir basınç etkisi oluşturur. Eğer sıvı yoğunluğu belirli bir derinlikteki noktadan bir basınç sensörüyle ölçülürse, o noktanın üst kısmında parçacıkların sedimentasyonundan (çökmesinden) kaynaklanan sıvının yoğunluğunda azalma gözlemlenebilecektir.

Tekelioğlu'na (2009) göre, zamanla sıvı yoğunluğundaki oluşacak bu değişimin neden olduğu basınç azalması, çok hassas basınç sensörlerinin yardımıyla gözlemlenebilecektir. Deneyin başlangıcından itibaren maksimum olan basınç, zaman ilerledikçe giderek azalacak ve nihayetinde en düşük değerini alacaktır. Bu koşullarda, istenilen zaman aralıklarında basınç değişimi gözlemleneceği için süspansiyondaki parçacıkların büyüklük dağılımı hakkında son derece sağlıklı bilgiler elde edilebilecektir. Sensörün üzerine gelen basınç etkisi sensör içerisinde elektriksel sinyale dönüştürülür.

Basınç; sürekli bulunduğundan, basınç sensör çıkış hattında elektriksel sinyale dönüşür. Basınçta zaman içerisinde oluşacak değişim elektriksel sinyalin büyüklüğünün değişmesine neden olacaktır. Elde edilen bu analog sinyal, uygun analog/dijital çeviriciler aracılığı ile bilgisayara online olarak bağlanarak istenilen sıklıkta ve istenilen sayıdaki basınç sensöründen (15-20 deneyin aynı anda analog yürütülebilmesi) verilerin okunmasını sağlanabilecektir. Bilgisayara basınç sensörleriyle birlikte silindirlerin sıcaklığının ölçümünde kullanılan termokapıllar bağlanarak eş zamanlı olarak basınç ve sıcaklık değerleri bilgisayara kaydolacaktır. Şekil 2.3'te şematik olarak gösterilmiştir. Deney süresince sıcaklık değişimi gözlenmiş ise, daha sonra sıcaklık düzeltmeleri yapılabilecektir.



Şekil 2.3. Sensörle Ölçüm Sisteminin Çalışma Şeması (Tekelioğlu, 2009)

### 3. MATERYAL ve METOT

#### 3.1. Materyal

Mikser	Etüv
Termometre	Elektro-manyetik filtre devresi
Özel tasarlanmış ölçü silindiri (1000 ml'lik)	Pipet
Ucu plastik kaplı cam baget	Klima
Hassas terazi	Manyetik karıştırıcı
Saat	Dispersiyon kabı
Kimyasallar Hidrojen Peroksit, Asetik Asit,-	PC
Sodyum Asetat, Sodyum Hegza Metafosfat	Plastik borular
Basınç sensörü	Ölçü propları
Bouyoucos hidrometresi	Güç kaynağı (Keithley 2410 Source Meter)
Veri kazanım sistemi (NI USB 6289 Multifunction DAQ kart)	
Software (Labview)	

Dispersiyon kabı: Toprak parçacıklarının su içerisinde homojen bir şekilde dağıtılması işleminde kullanılan karıştırma kabıdır (Şekil 3.1.).

Sedimentasyon kabı (1130 ml): Şekil 3.1'de gösterildiği gibi Bouyoucos hidrometresi toprakların bünye analizinde kullanılan, 71 mm çapında, 458 mm yüksekliğinde ve 1205 ml hacminde, üzerinde 1000-1205-1130 ml taksimatları bulunan çökelme silindiridir.



Şekil 3.1. Dispersiyon Kabı ve Sedimentasyon Silindiri

Bouyoucos Hidrometresi: Sıvı haldeki maddeleri özgül ağırlıklarını ölçmeye yarayan alete hidrometre denir ve Şekil 3.2’de gösterilmiştir. Bouyoucos Hidrometre, G.J Bouyoucos tarafından geliştirilen ve toprakların özgül ağırlıklarını ölçmede kullanılan içi boş bir cam tüp ve cam tüpün alt kısmının içinde ağırlık bulunan kısımdan ibarettir. Cam tüpün boru şeklinde üst kısmı derecelere bölünmüştür (URL- 5, 2011).



Şekil 3.2. Bouyoucos Hidrometresi

### 3.1.1. Sinyal Ölçümünde Kullanılacak Basınç Sensörü

Her türlü fiziki kuvvet ve basınç değişimini algılayan ve bu değişimi elektriksel sinyale çeviren elemanlara basınç sensörü denir. Bu amaçla sıvı içerisinde basınç değişimini ölçmek amacıyla, ölçümlerde aşağıda şekli “Şekil 3.3.” gösterilen ve teknik özellikleri verilen basınç sensörü kullanılmıştır.



Şekil 3.3. Honeywell 0,5 PSİ Pressure Sensor (Basınç Sensörü)

Honeywell 0,5 PSI pressure sensörü ve teknik özellikleri

0.1 % doğrulu

0.0025 % F.S./°F sıcaklığın etkisi

1 psig/a to 60000 psig/a range

mV/V, 4 mA to 20 mA, 0 Vdc to 5 Vdc, or 0 Vdc to 10 Vdc Çıkış

çelik bir yapıya sahiptir.

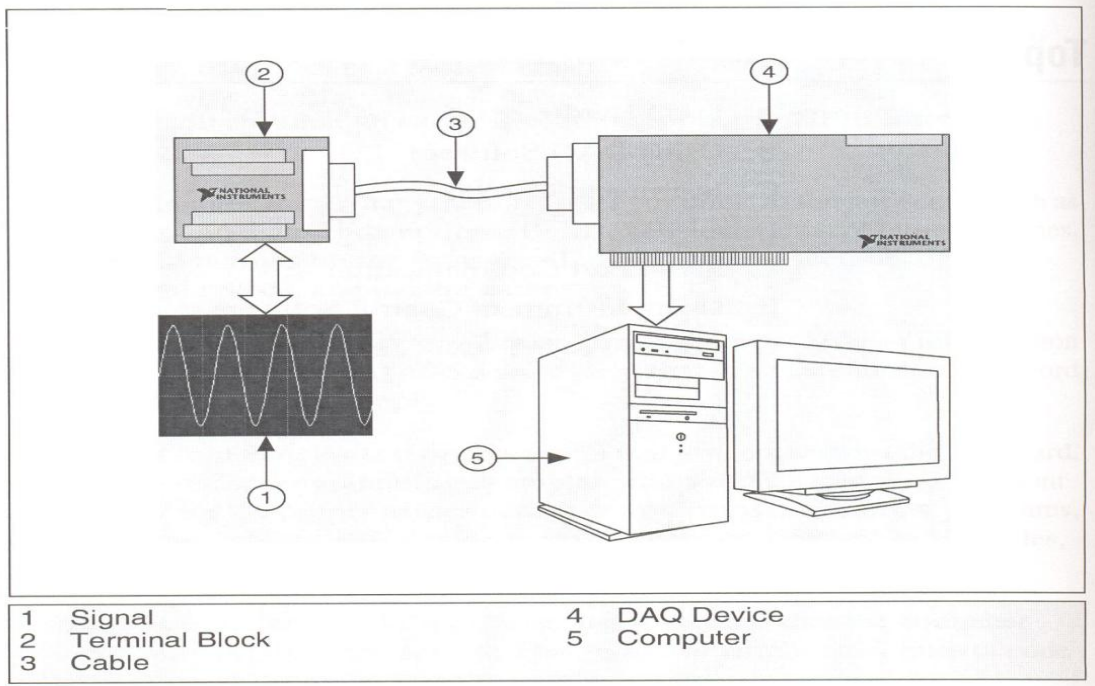
### **3.1.2. Veri Kazanım Sistemi**

Çökeltme işlemi süresince oluşan yoğunluk değişimi, kesintisiz olarak basınç sensörüyle izlenmiştir. Aynı zamanda yerleştirilmiş termokapıllarla sıcaklık değerleri eş zamanlı olarak ölçülmüştür. Sinyalin işlemesi; elektromanyetik gürültüden arındırılmasıdır. Yükseltilebilen analog sinyal, analog/dijital çevirici yardımıyla dijitale çevrilir. Dijitale çevrilen sinyal bilgisayara kurulu veri kazanım programı yardımıyla doğrudan bilgisayara rakamsal olarak kaydolur. Veri kazanım ünitesi (hardware seti) 32 ayrı sensörden (32 ayrı silindir) gelen sinyali aynı anda işleyebilecek özelliktedir. Kullanılan program verileri online olarak grafik şeklinde gösterilmektedir. Zaman içerisinde oluşan grafiksel değişim, istenirse bilgisayar ekranından takip edilebilmektedir. Sensörlerden sinyal işleme ünitelerine ve sinyal işleme ünitelerinden data kazanım kartlarına izolasyonlu kablolar kullanılmıştır.

### **3.1.3. Donanım (Hardware)**

Veri kazanımı (veri toplama) fiziksel bir büyüklüğün bir bilgisayar tarafından işlenmesi, analiz edilmesi ve saklanması için ölçülen ve sayısal bir biçime dönüştürülen elektrik sinyallerine dönüştürüldüğü süreçtir. Veri toplama kartı, A/D dönüştürücüleri kullanarak bir sistemden ölçülen veriyi işlenmesi, “Şekil 3.4.” sayısal biçime dönüşümü, görüntülenmesi, saklanması ve analiz edilmesi için bilgisayara iletir. Bunun tersi olarak bilgisayarda işlenmiş sinyalleri dijital analog (D/A) dönüştürücüleri kullanarak bir sistemi kontrol edebilir (Park ve Mackay, 2008).





Şekil 3.4. Labview Tabanlı Data Kazanım Sisteminin Fonksiyonel Grafiği (Tunçalp, 2005)

Ölme sisteminde NI USB 6289 Multifunction DAQ kart kullanılmıştır (Şekil 3.5.).



Şekil 3.5. NI USB 6289 Multifunction DAQ Cihazı.

32 analog giriş (18-bit), 625 kS/s, tek kanallı (500 kS/s toplam)

4 analog çıkış (16-bit 2.8 MS/s), 48 dijital I/O (32 saat hızına sahip), iki adet 32-bit sayaç

NI sinyali sürekli yüksek hızda veri akışları USB üzerinden aktarılır.

Veri kazanım kartının 18 bit'lik özelliği 5000 mV aralığında çalıştırıldığında bu değer ( $2^{18}$ ) yani 262144'e bölünür. Bu bize bu kartla en fazla 0-5V aralığındaki ölçümde  $19\mu V$

aralıklarla ölçüm yapabileceğini gösterir. Yani bu durumda deney başlangıcı ile sonu arasındaki oluşan toprak parçacıklarının neden olduğu toplam basınç değişimini yaklaşık 5000 kademedeki gözlemleyebileceğiz demektir. Böyle bir sistemle çok hassas ölçüm yapılabilmesi bize hidrometre ile belirlenemeyen kil dağılımının tam anlamıyla olmasa da belirli bir dereceye kadar belirlenmesine de yardımcı oldu. Çünkü sedimentasyon tipi ölçme çalışmaları Parçacık Büyüklük Dağılımı ölçümünde sınır çözümü üretebilmektedir.

### 3.1.4. BNC 2120 Terminal Board

Bu çalışmamızda sensörlerle ADC arasında NI BNC-2120 terminal bordsu kullanılmıştır. Terminal bord Şekil 3.6'da gösterilmiştir. Sensörler ve termokaplardan gelen sinyaller terminal bord ile iletilirler. Buradan da uygun bir bağlantı sayesinde NI USB 6289 Multifunction DAQ kart'a iletilirler.



Şekil 3.6. NI BNC-2120 Terminal Bordu

NI BNC-2120 Terminal Bordsu;

I/O (Bilgisayar sistemlerine veri transferi) bağlantıları için BNC konektörleri

Fonksiyon jeneratörü ve dörtlü kodlayıcı

Sıcaklık referans ve termokupl konektörü

Çıkış bağlantısı için iki BNC konektörü

Giriş çıkış bağlantı durum göstergeleri için görüntü terminali

Direnç ölçüm görüntü terminali özelliklerine sahiptir.

### 3.1.5. Güç Kaynağı (Keithley 2410 Source Meter)



Şekil 3.7. Keithley 2410 Source Meter

Şekil 3.7’de gösterilen Keithley 2410 Source Meter;

2410 Source Meter bir voltaj kaynağı, akım kaynağı, voltaj ölçümü, bir akımölçer ve ohm ölçer olarak kullanılabilir.

2410 Source Meter bütün DC ölçüm uygulamalarına olanak sağlar.

Source  $\pm 5\mu\text{V}$ -  $\pm 1\mu$  ile 1100 V arasında ölçüm yapar.

Akım için  $\pm 10\text{pA}$ -1A

Dijital I/O

özelliklerine sahiptir.

### 3.1.6. Veri Kazanım Programı Labview (Virtual Instrumentation)

Test, ölçüm, veri oluşturma, işleme ve izlenmesinde kullanılan Labview; içeriğinde bulunan otomasyon ve ölçme devre elemanları fonksiyonlarının ekranda birbirlerine bağlanması şeklinde kullanılır. Geleneksel programlama dillerindeki komut veya değişkenlerin satırlarla yazılması yerine, yapılmak istenen işlem için kullanılabilir sanal enstrümanlar (VI) blok diyagrama yerleştirilip, veriyi iletecek bağlantılar oldukça kolay bir şekilde yapılmaktadır. Çünkü Labview programı esnek, güçlü, kullanımı rahat ve öğrenilmesi kolay olan bir bilgisayar programıdır. Labview iki kısımdan oluşur;

Ön Panel ve Blok Diyagram; Ön panel kullanıcı ara yüzüdür. Labview ile oluşturulacak uygulamayı kullanacak olan operatörün sisteme değerler girmesine ve çıkışları görmesine yardımcı olur. Blok diyagram ise esas işlemlerin yapıldığı yerdir. Ön panelde kullanıcı bir taraftan kontrolü sağlarken, diğer taraftan blok diyagramda sanal enstrümanlar çalışmaktadır. Daha karmaşık geliştirme araçlarına gerek kalmadan bütün

işlemleri tamamlayabilme esnekliğine sahiptir. Eklenen güçlü araçlar ile karmaşık geliştirme işlemlerini basitleştirir. Ölçme yapılan her yerde, veri izleme istenen her yerde Labview kullanılabilir. Endüstride otomotiv sektöründen enerji sektörüne, uzay çalışmalarından su altı çalışmalarına, elektrik ve elektronik teknolojisine kadar birçok alanda çözümler sunar (National Instruments Corp, 2003).

### **3.1.7. Programlama Dili (Labview)**

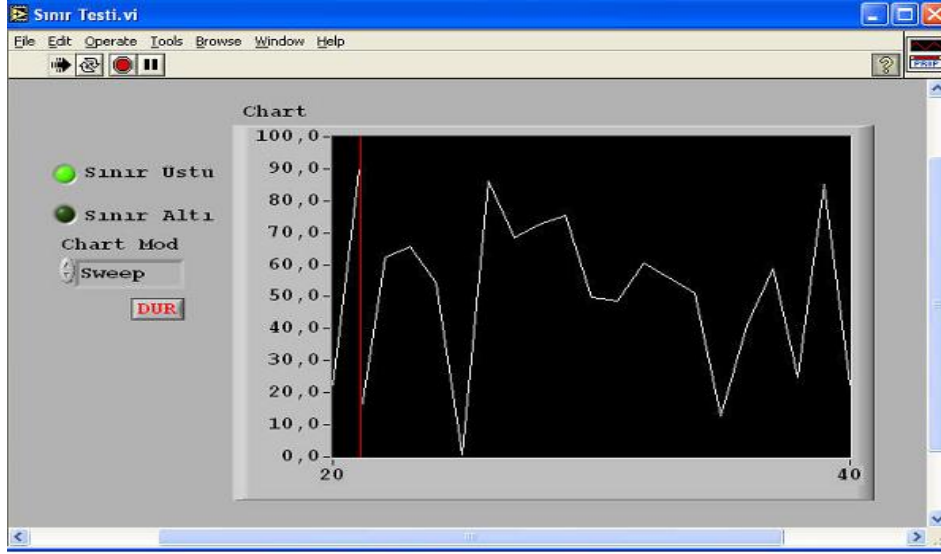
Görsel bileşenlerin yönetimini tamamen grafik tabanlı olarak gerçekleştirebilen ender programlama araçlarının başında, National Instruments tarafından üretilen Labview (Laboratory Virtual Instruments For Engineering Workbench) gelmektedir. Grafikselleştirilmiş Programlama Dili (Graphical Programming Language - GPL) tanımına tamamen uyan bu dilin tasarlamasındaki temel iki amaçtan biri ölçme ve enstrümantasyon problemlerine çözüm sunmak, diğeri ise programlama dillerindeki dil yapısının öğrenilmesi, dile ait komut setinin ezberlenmesi, çok fazla satırlardan oluşan komut yazma konularındaki zorlukların aşılmasıdır (VB, Delphi vb).

### **3.1.8. Sanal Enstrüman (Virtual Instrument-VI ) Kavramı**

Erbil'e (2007) göre, Labview programı temelde iki ana bölümden oluşmaktadır. Bunlardan ilki; oluşturulan uygulama yazılımlarında kullanıcı ara yüzü olarak görev yapan, görsel öğelerin yerleştirildiği "Ön Panel" (Şekil 3.10.), ikincisi ise ön paneli oluşturan görsel nesnelerin fonksiyonlarının kontrol edildiği "Blok Diyagram" (Şekil 3.11.) dir.

Blok diyagramda görsel nesnelerin davranışları ve özellikleri tamamen grafiksel bir ortamda yapılan çalışmalarla denetlenir. Program veri akışı temelli olduğu ve nesnelerin birbirleri ile ilişkileri grafiksel olarak belirlendiği içindir ki, blok diyagram bir tür akış şeması görünümündedir.

Blok diyagramda kullanılan sembol görünümlü bileşenlerin birbiri ile ilişkilendirilmesinde terminal ve node'lar kullanılır. Terminaller ön panelde bulunan nesnelerin blok diyagramdaki karşılıklarını temsil ederken, node'lar diğer programlama dillerindeki alt program ya da fonksiyonları karşılıklar (Uyanık Vd., 2003).



Şekil 3.8. Örnek Kullanıcı Ara Yüzü (Erbil, 2007)

Labview ile hazırlanan programlar istenirse, kolayca laboratuvar ortamında kullanılan fiziksel ölçüm aletlerinin yaptıkları işleri bilgisayar ortamında simüle edebilecek görsellikte ve fonksiyonları yerine getirebilecek özellikte tasarlanabilir. Böylesi bir tasarıma sahip programlar dışarıdan gelen verileri alabilmek için giriş noktalarına, sonuçların gösterilimi için ekranlara ve elde edilen sonuçları başka birimlere aktarabilecek çıkışlara sahiptirler. Kısaca fiziksel aletlerin yerini alabilecek sanal bir cihaz yapısındaki bu programlar “Sanal Cihaz VI” olarak adlandırılırlar. Aşağıda kısaca açıklanan üç bileşen tasarlanan bir VI için temel elemanlardır (National Instruments, 1998).

Ön Panel: Kullanıcı ara yüzü olarak kullanılacak tasarımı içeren bölümdür.

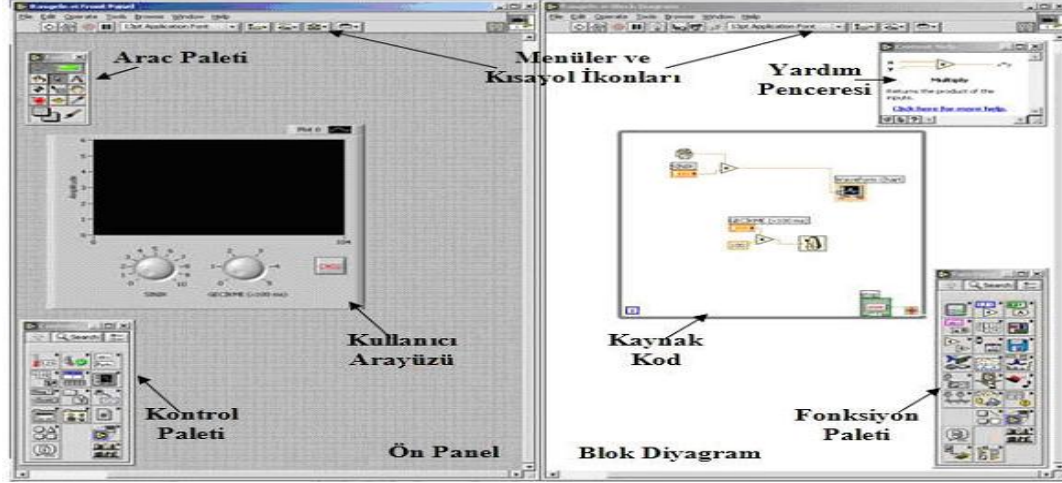
Blok Diyagram: VI’ın fonksiyonlarının tanımlandığı grafiksel kaynak kodları içeren bölümdür.

Icon ve Bağlantı Noktaları: Bir VI içinde kullanılabilen diğer VI’ları tanımlar.

Bir VI içinde bulunan diğer VI’lar AltVI (subVI) olarak adlandırılır. AltVI’lar metin tabanlı programlama dillerindeki çağırılabilen fonksiyonlara karşılık gelir. C tabanlı olarak geliştirilen Labview dilindeki hemen hemen tüm komutlar semboller (icons ) haline getirilerek modüler bir yapı oluşturulmuştur. Programlama mantığı veri akışı yapısına dayandığı için kaynak kod yazım sayfası bir akış şemasına benzemektedir.

### 3.1.9. Labview Programlama Ortamı

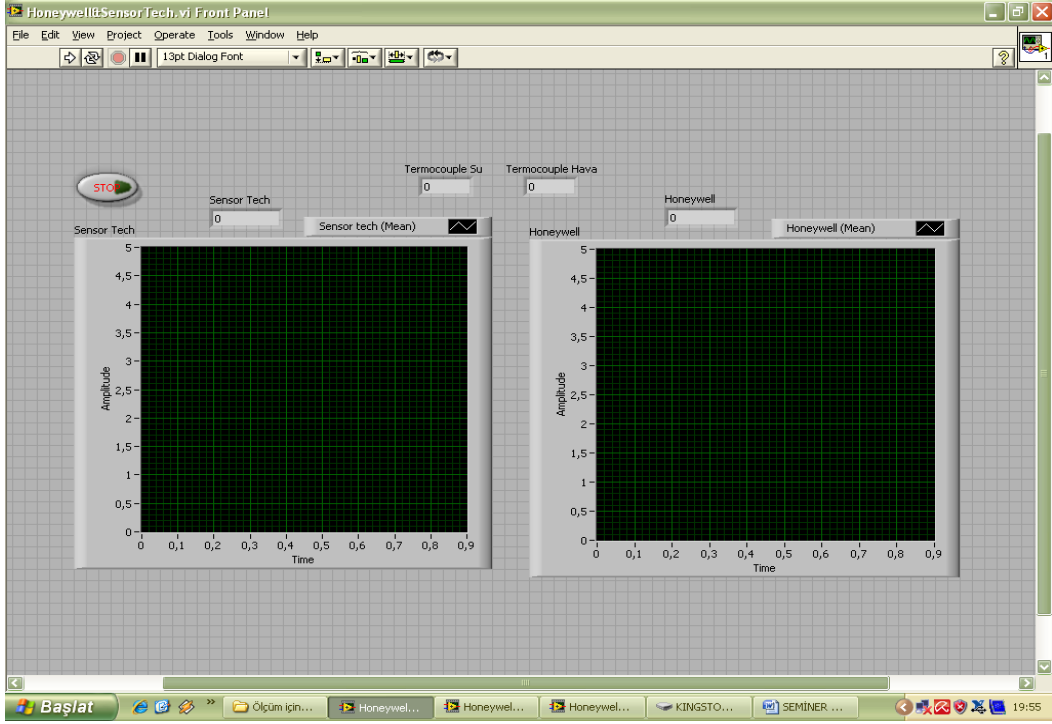
Labview grafiksel programlama dili programlama ortamı; Şekil 3.9’da görüldüğü gibi Ön Panel, Blok Diyagram, Yardım Penceresi, Araç Paleti ile Fonksiyon ve Kontrol Paletlerinden oluşmaktadır.



Şekil 3.9. Labview Programlama Ortamı. (Erbil, 2007)

### 3.1.10. Ön Panel

Erbil’e (2007) göre, kullanıcı arayüzlerinin tasarlandığı bölüm olan ön panel, diğer görsel programlama dillerinde form olarak bilinen bileşenin karşılığıdır. Kullanıcı ya da başka kaynaklardan programa aktarılması gereken verilerin girişinin yapılabileceği, girilen verilerin işlendikten sonra sonuçlarının görüntülenebileceği yada başka birimlere aktarılabilen giriş/çıkış terminaller bu birim üzerine yerleştirilir. Veri giriş işlemlerinde kullanılacak nesnelere olan butonlar, ayar düğmeleri, metin kutuları gibi bileşenler “kontrol (Control)”, işlenen sonuçların gösterilebileceği nesnelere olan ledler, grafikler, etiketler gibi bileşenler ise “gösterge (Indicator)” adıyla bilinirler. Diğer bir ifadeyle, kontroller; enstrümanın giriş aygıtlarını simüle ederek blok diyagrama veri sağlarlarken göstergeler; enstrümanın çıkış aygıtlarını simüle ederler ve blok diyagramın ürettiği verileri ön panelde görüntülenir. Ön panel Şekil 3.10’da verilmiştir.

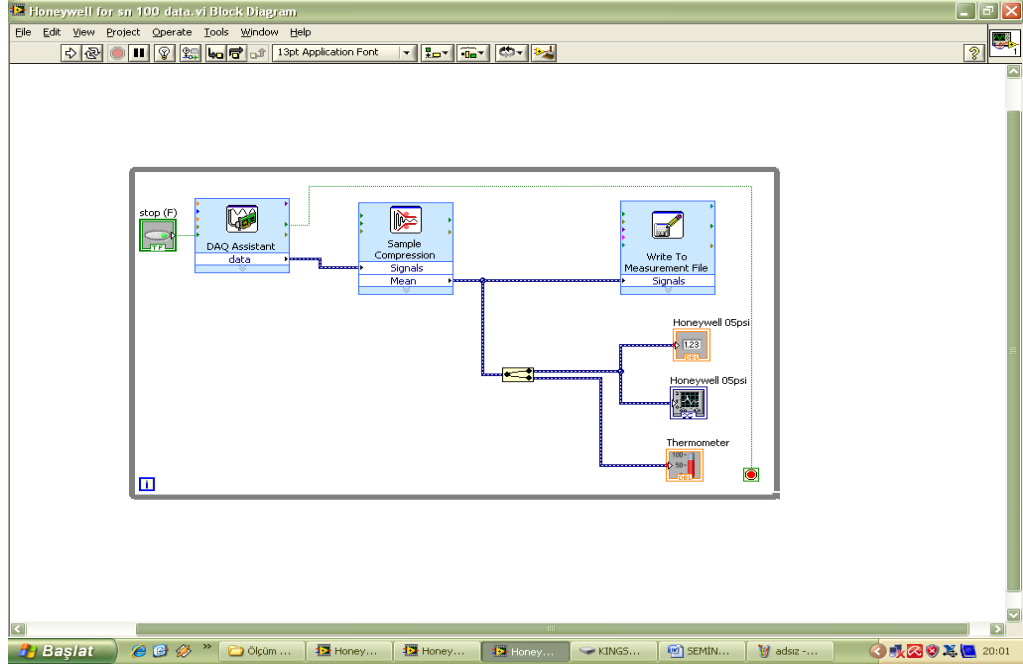


Şekil 3.10. Ön Panel

### 3.1.11. Blok diyagram

Başka programlama dillerindeki kod penceresinin görevini yerine getiren “Blok Diyagram”, programın grafiksel kaynak kodlarını içerir. Ön panel dizaynı tamamlandıktan sonra, nesnelerin fonksiyonları bu bölüm aracılığıyla kontrol altına alınır (Erbil, 2007).

Ön panel nesnelere blok diyagramda terminaller olarak görünmektedir. Terminaller blok diyagram ile ön panel arasındaki bilgi alışverişini sağlayan giriş-çıkış portlarıdır. Veri ön paneldeki kontrol elemanlarına girildiğinde blok diyagrama kontrol terminallerinden geçer. Derleme boyunca veri blok diyagramın çıkışı olan göstergelerine doğru akar, blok diyagramın sonunda tekrar ön panele geçer ve ön panel göstergelerinde görüntülenir (Erbil, 2007).

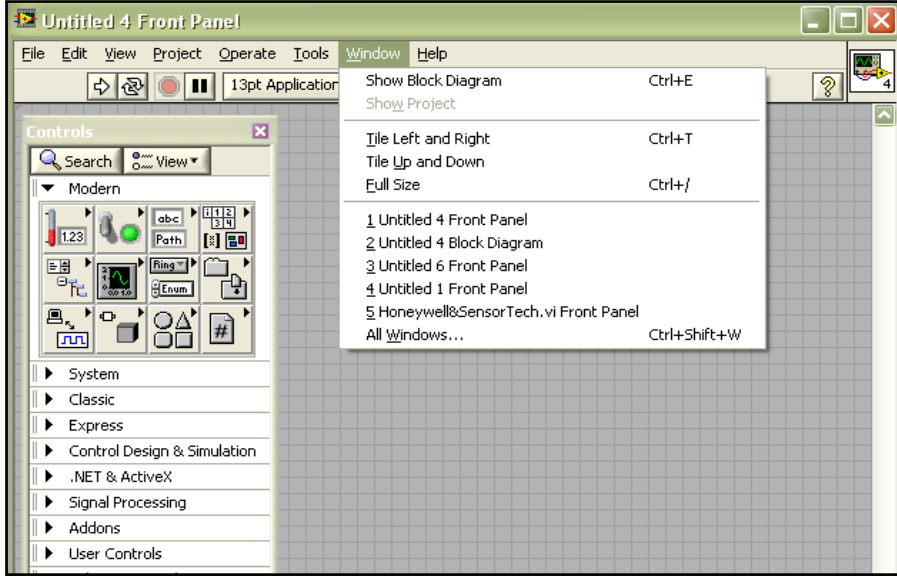


Şekil 3.11. Blok Diyagram

### 3.1.12. Kontrol Paleti

Yalnızca ön panelde kullanılmak üzere tasarlanmış bir yapı olan kontrol paleti, Şekil 3.12’de gösterilmiştir. Ön panelde kullanılması mümkün olan tüm gösterge ve kontrollerin bir arada tutulduğu araç kutusudur. Bu palet Window=>Show Controls Palette menüsü aracılığıyla ya da farenin sağ tıklanması sonrasında görüntülenebilir. Konumu ve boyutu istenildiği gibi ayarlanabilir bir pencere görünümündedir (Erbil, 2007).

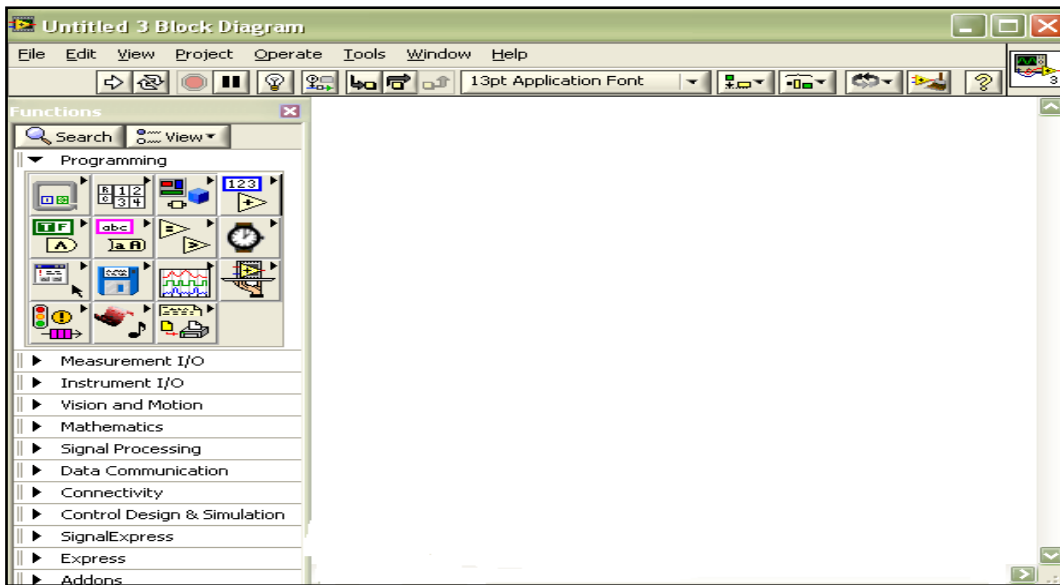




Şekil 3.12. Kontrol Paleti

### 3.1.13. Fonksiyon Paleti

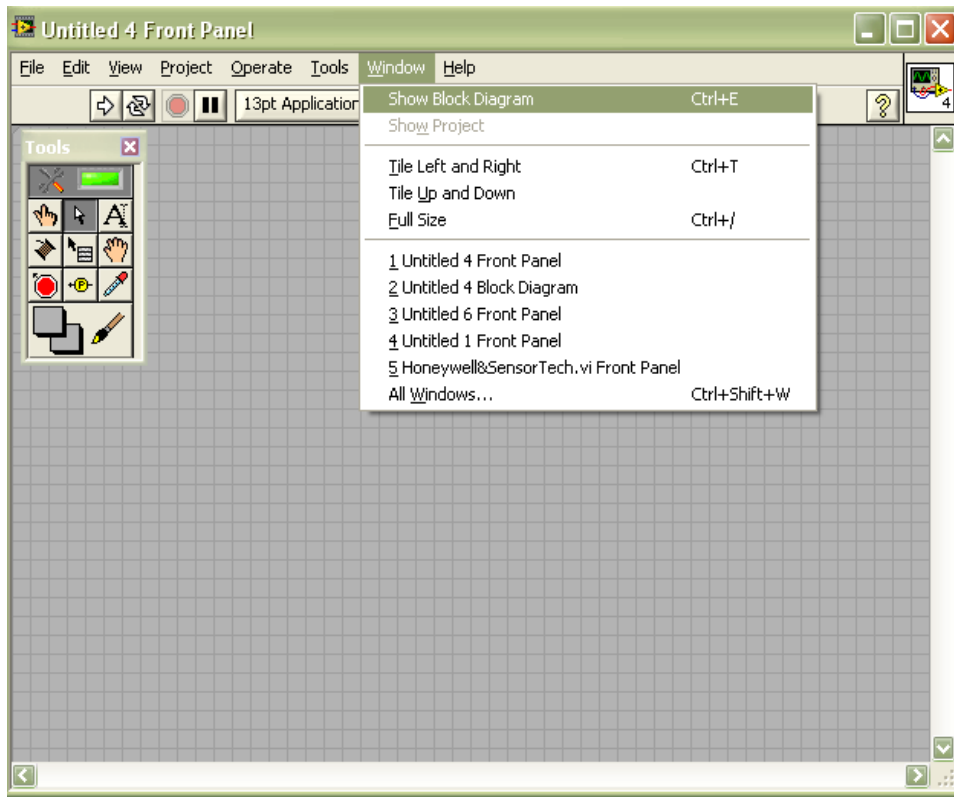
Sadece blok diyagramda kullanılmak üzere tasarlanmış bir yapı olan fonksiyon paleti, blok diyagramı oluşturmakta kullanılacak tüm fonksiyon ve alt VI'ları bünyesinde toplayan bir araç kutusudur. Şekil 3.13'te gösterilen bu palet Window=>Show Functions Palette menüsü aracılığıyla ya da farenin sağ tıklanması sonrasında görüntülenebilir. Konumu ve boyutu istenildiği gibi ayarlanabilir bir pencere görünümündedir.



Şekil 3.13. Fonksiyon Paleti

### 3.1.14. Araç Paleti

Şekil 3.14’te gösterilen araç paleti hem ön panelde hem de blok diyagramda kullanılmaktadır. Buradaki araçlar fare işaretçisinin özel işlem biçimleridir. Fare işaretçisi araç paletinden seçilen ikona dönüşür. Buradaki araçlar blok diyagramdaki ve ön paneldeki nesnelerin düzenlenmesinde ve işletilmesinde kullanılır (Erbil, 2007).



Şekil 3.14. Araç Paleti

### 3.1.15. Labview Uygulamaları

Test, ölçüm, veri oluşturma, işleme ve izlenmesinde kullanılan Labview, içeriğinde bulunan otomasyon ve ölçme devre elemanları fonksiyonlarının ekranda birbirlerine bağlanması şeklinde kullanılır. Geleneksel programlama dillerindeki komut veya değişkenlerin satırlarla yazılması yerine, yapılmak istenen işlem için kullanılabilir sanal enstrümanların (VI) blok diyagrama yerleştirilip, veriyi iletecek bağlantılar oldukça kolay

bir şekilde yapıldığından çalışmamızda Labview'i kullandık. Çünkü Labview programı esnek, güçlü, kullanımı rahat ve öğrenilmesi kolay olan bir bilgisayar programıdır.

Güner'e (2005) göre, Labview programı birçok sektörde dünya üzerinde kullanım alanına sahiptir. Birçok çözüm uygulaması geliştirmiş olan Labview, ölçüm ve otomasyon yazılımları, veri depolama donanımları, sinyal koşullama donanımları, görüntü işleme ve hareket kontrol donanımları, GPIB ve enstrüman kontrolü ve endüstriyel ve haberleşme donanımları gibi ürünleri sunmaktadır. Bu ürünleri kullanarak eşzamanlı hızlanan görüntü elde etme, yer çekimi olmayan bir NASA araştırma aracında sıcaklık verileri okumak ve analog gerilim elde etmek için ortam şartlarına dayanıklı bir bilgisayar içinde bir DAQ kart ve Labview kullanılmıştır. Bir başka uygulamada yol üstündeki motorun, sürücü ve test görevlisinin denemeleri sırasında durma süresi, fren sıcaklığı ve daha birçok veri hakkında bilgi verecek fren testleri için bir veri elde etme sistemi geliştirilmiştir. Bahsedilen problemler ve Labview çözümleri uygulamalarından sadece birkaçıdır.

### 3.2. Metot

Sinyallerin filtrelenerek işlenmesine kadar olan proje kapsamında takip edilen tüm aşamalar aşağıda verilmiştir.

- Parçacık Büyüklük Dağılımında kullanılacak olan cam silindirin enstrumante edilmesi
- Süspansiyon karıştırıcı sistemin geliştirilmesi
- En uygun sensörün seçilmesi
- Elektromanyetik filtrenin tasarımı
- Ölçme sisteminin kurulması
- Analiz edilecek toprakların hazırlanması
- Sinyallerin işlenmesi,
- Sinyallerin incelenmesi, analizi ve kalibrasyonu

#### 3.2.1. Dispersiyonun Hazırlanması

Tekstür silindirinde su içerisine 40 gr fırın kuru toprak yerleştirildiğimizde, toprak su içerisinde katı kısmının hacmi kadar yer kaplayacaktır. Literatürlerde, organik madde toprakta fazla olduğu zaman katı kısmın yoğunluğu  $2,40 \text{ gr/cm}^3$ 'e kadar düşebilir. Birçok mineralli toprakta parçacıkların yoğunluğu  $2,60 - 2,70 \text{ gr/cm}^3$  arasında değişmektedir. Aşırı ağır bünyeli ve demir gibi ağır metal içeren topraklarda katı kısmının yoğunluğu ise  $2,85 \text{ gr/cm}^3$ 'e kadar çıkabilmektedir (Hillel, 1980). Basınç hesabında, ortalama bir değer olarak  $2.65 \text{ gr/cm}^3$  değeri kullanılabilir ki bu mineral topraklar için yaygın olarak kabul edilen ortalama değerdir (URL- 5, 2011).

Süspansiyon silindir içerisine konmadan önce dispersiyon için gerekli olan aşağıdaki standart uygulanan prosedürler yerine getirildi.

- a) 40 gr fırın kuru toprak tartıldı.
- b) Toprağı yaklaşık 400 ml'lik behere koyarak üzerine 100 ml 50g/l kalgon çözeltisi (sodyum hegzametafosfat) ve 250 ml saf su koyuldu ve karıştırıldı.
- c) Beherin üzeri bir örtü ile kapatıldı ve karışımın en az 18 saat beklemesi sağlandı.
- d) Karışım dispersiyon kabına aktarıldı. Behere yapışan toprak parçacıklarını dispersiyon kabına aktarabilmek için behere saf su ile dispersiyon kabına, süspansiyonun yüksekliği dispersiyon kabının ağzına yaklaşık 5 cm yaklaşacak şekilde aktarıldı.

e) Dispersiyon kabındaki örnek, Bouyoucos dispenseri ile kum için 6, kumlu tın için 10 ve diğer toprak sınıfları için 15 dakika karıştırıldı.

f) Dispersiyon kabındaki toprak-su karışımını 1000 ml'lik bünye silindirine aktarıldı. Daha sonra silindir 1000 ml. çizgisine kadar saf su ile tamamlandı.

Her bir deneyde organik madde ve kirecin uzaklaştırılması için ön muameleler yapıldı. Bu ön muamelelerde hidrojen peroksit ile organik madde ve pH'sı 5'e ayarlanmış Sodyum Asetat ile  $\text{CaCO}_3$  uzaklaştırıldı. Ön muamelelerden sonra ise toprağın daha iyi disperse edilebilmesi için her bir örnek kalgon (sodyum hegzametafosfat) ile muamele edildi. Bu işlemler standart olarak kullanılan hidrometre ve pipet yönteminde kullanıldığı gibi bu çalışmada da kullanıldı. Deney süresince sıcaklık değişimlerinden sakınmak için dereceli mezürler, radyatör, güneş ışığı ve açık pencere gibi sıcaklık kaynaklarından uzak tutuldu. Süspansiyon özgül ağırlığını ölçmek için derecelendirilmiş hidrometrelerde, okumalar, hidrometre ince boyun kesiminden ve virgülden sonraki 4. rakamda kestirilerek alındı. Hidrometre uzun süre süspansiyonda bırakılacak olursa şişkin kesimin üzerine çöken malzeme nedeniyle önemli büyüklükte yanlış okumalar alınmış olabilmektedir. (URL- 6, 2006).

Deneyi başlatmadan önce toprağı son kez elle karıştırmak amacıyla kullanılan diskli karıştırıcının yerine bu yöntemde bir manyetik balık yardımıyla manyetik karıştırıcı kullanıldı. Manyetik karıştırıcı ve süspansiyonun yükselişi Şekil 3.15'te gösterilmiştir. Manyetik karıştırıcı kullanarak silindir içerisindeki süspansiyon iyice karıştırıldı. Süspansiyonun iyice karıştığından emin olduktan sonra, manyetik karışmayı sağlayan manyetik balık silindir içerisinde bırakıldı. Bu şekilde zaman kaybı önlenmiş ve çoklu deney eş zamanlı olarak başlatılabilmiş oldu. Fakat manyetik karıştırıcının sisteme en büyük katkısı; elle karıştırmada karşılaşılan sıkıntıları ortadan kaldırmasıyla birlikte birçok silindirdeki çözeltinin ölçümünün yorulmaksızın aynı anda başlatılıp aynı anda sonlandırmasına yardımcı olmasıdır (Tekelioğlu, 2012).



Şekil 3.15. Manyetik Karıştırıcı ve Kum Tanelerinin Yükselişi



Şekil 3.16. Basınç Sensörüyle Tekstür ve Parçacık Büyüklüğü Ölçüm Tekniği

Bu ince tüpün içerisi saf su ile doludur. Tekelioğlu'na (2009) göre, diferansiyel basınç sensörünün bir ucundaki su sütunu yüksekliği silindir ile aynı seviyede olması sağlandı. Eğer silindir içindeki sıvı saf su olmuş olsaydı, her iki taraftaki basınç eşit olacağından ve yoğunlukları eşit olduğundan basınç farkı sıfır olacaktı. Fakat silindir içerisine karışım (toprak ve su) doldurulduğu için, karışımın yoğunluğu sensörün diğer koluna bağlı olan

tüpteki saf sudan daha yoğun olacağı için yoğunluğun büyüklüğüne bağlı olarak basınç farkı oluşacaktır. Deney düzeneği Şekil 3.16'da gösterilmiştir.

### 3.2.2. Elektromanyetik Gürültü ve Filtrelenmesi

Bir devrede bulunan istenmeyen sinyallere gürültü denir. Girişim ise gürültünün istenmeyen etkisidir. Bir gürültü gerilimi, devrenin çalışmasını aşırı şekilde etkilerse girişim olarak adlandırılır. Fiziksel bir niceliğin ölçüldüğü ve çok küçük sinyallerin kullanıldığı veri toplama sistemlerinde gürültü tamamen yok edilemez. Ancak daha fazla girişime neden olmayacak şekilde azaltılır (Park ve Mackay, 2008).

### 3.2.3. Gürültü Kaynakları ve Tipleri

Herhangi bir gürültü oluşum probleminde üç bileşenden söz edilebilir.

Gürültü Kaynakları ve Tipleri Park ve Mackay'e (2008) göre gürültü kaynakları ve tipleri Şekil 3.17'de gösterilmiştir.



Şekil 3.17. Gürültü Kaynakları ve Tipleri (Park ve Mackay, 2008)

İletken kuplaj, iki veya daha fazla sinyalin ortak bir sinyal geri dönüşünü paylaştıkları zaman ortaya çıkar. Kapasitif kuplaj elektrik alanlarından kaynaklanır. Bir gürültü kaynağı ve alıcı devre arasındaki karşılıklı ve kaçak kapasitanslarından dış gürültünün iletilmesidir. Kablolar en uzun devre elemanları olduklarından, kapasitif kuplaj, sinyal kaynağı ile ölçme sistemi arasındaki iletkenlerde oluşmaktadır. Manyetik alan kuplajı ise, bir gürültü

kaynağındaki değişen akımlar tarafından oluşturulan zamanla değişen manyetik alanların, alıcı devrelerin akım döngüleriyle bağ kurduğu mekanizmadır. Tellerin bükülmesiyle manyetik gürültü kuplajı azaltılabilir (Park ve Mackay, 2008).

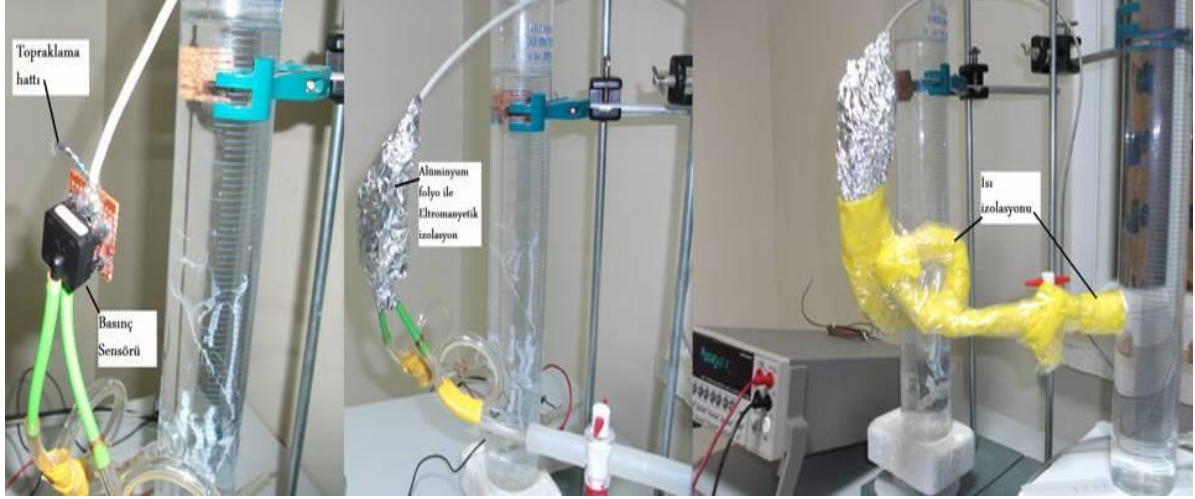
### **3.2.4. Gürültünün En Düşük Seviyeye İndirilmesi**

Kapasitif kuplaj sebebiyle oluşan gürültünün etkileri, sinyal taşıyan iletkenin etrafına yerleştirilecek silindirik bir metal koruyucunun kullanılmasıyla azaltılabilir. Ayrıca aynı kabloda bulunan damarların ekranları, birbirlerinden elektriksel olarak ayrılmalıdır. Kapasitif korumada topraklama konum ve sayısı da önem taşımaktadır. Bir devrenin her iki ucundaki sinyal hatlarının topraklanması, önemli toprak akımlarının akmasına neden olacaktır. Bu sebepten dolayı, eğer herhangi bir sorumluluk bulunmuyorsa, koruyucular sadece bir noktadan topraklanmalıdır. Kaynağın topraksız ve sinyal yükseltecinin topraklı olduğu durumda, giriş koruyucu, yükselteç ortak terminaline bağlanmalıdır. Kaynağın topraklı ve sinyal yükseltecinin topraksız olduğu durumda ise, giriş koruyucu kaynak ortak terminaline bağlanmalıdır. Koruyucu topraklamasının RF akımları için bir yol sağlaması ve statik yük oluşturmalarını engellemesi de avantajlardan birisidir. Sinyal gerilim düşümü sinyalin frekansına, hat akımına ve iletken direncine bağlıdır. Direnç indüktans ve kapasitans kablunun uzunluğu boyunca dağılmıştır.

Bir kablodan en iyi performansı elde etmek için, doğru tipte kablo kullanılmalıdır. Düşük hızda veri iletiminde, düşük frekanslı olan bükmeli çift kablolar kullanılmalıdır. Yüksek gürültülü ortamlarda ise, koruyuculu bakır veya optik fiber kablolar kullanılabilir. Bükmeli çift kablolar, veri iletimi için en ekonomik çözümdür. 300 metreye kadar olan haberleşmelerde, 100 Mbps iletim hızına imkân sağlarlar. Elektromanyetik ve elektrostatik indüksiyonun etkisini azaltmak için, uzunlukları boyunca her metrede yaklaşık 40 kez bükülürler. Bir toprak ekran veya koruyucuda, kapasitans sebebiyle oluşan gürültüyü azaltmak için etrafına yerleştirilir ve PVC kılıf ile kaplanarak mekanik koruma sağlanır. Eşeksenli kablolar, 10 Mbps veri hızına izin vermektedir. Pahalıdırlar ancak uzun mesafelerde yüksek frekanslı analog sinyalleri taşımakta rahatlıkla kullanılabilirler. Aynı eksenlerdeki kaplayıcı bir silindir içinden geçen merkezi bir silindirden oluşur. Kaplayıcı silindir iletken bir malzemeden yapılmıştır ve esnek olması amacıyla örgülüdür. İki iletkeni ayıran yalıtım maddesi, kablo kapasitansını ve sinyalin yayılma hızını etkiler. Bu tipteki kabloların sonlandırmaları gürültü azaltmak amacıyla önem taşımaktadır.



Ortamda bulunan elektromanyetik gürültüden ve oluşabilecek ani ısı değişiminden korumak amacıyla yapılmış izolasyon çalışması Şekil 3.18’de verilmektedir.



Şekil 3.18. Sensör ve Sinyal Kablolarının Alüminyum Folyo İle Kaplanması - Isı İzolasyonunun yapılması

### 3.2.5. Gürültünün Filtrelemesi

Aykaç’a (2010) göre, sinyal filtreleme genellikle birçok haberleşme ara sistem tasarımının temelini oluşturmaktadır. Belirli frekans aralıklarında taşınan bilgilerin izolasyonu ya da engellenmesi büyük önem taşımaktadır. Örneğin basit bir AM (genlik modülasyonu) radyo alıcısında kullanıcı band geçiren filtreleme yöntemiyle tek bir radyo istasyonu seçer. Seçilen istasyonuna yakın olan radyo istasyonlarının bulunduğu frekanslar engellenir. Filtreleme, yükseltilmeden ve A/D dönüştürücüye sunulmadan önce istenmeyen gürültüyü sinyal ölçümlerinden çıkarır. Akıllı sinyal şartlandırma modüllerinde bulunan A/D dönüştürücüleri, girişteki gürültünün ortalamasını almak (filtrelemek) için önemli bir rol oynar. Alternatif olarak, yazılım yolu ile ortalama alınması, elektrik şebeke paraziti gibi periyodik gürültü sinyallerini sayısal olarak filtrelemede kullanılır. Bu yöntemde, istenen sinyali elde etmek için gerekenden daha fazla ölçüm alınarak, istenen tek ölçüm için, alınanların ortalaması hesaplanarak filtreleme yapılmış olur. Analog filtreler en ekonomik filtreleme yöntemi olarak iki çeşittir: Sadece pasif bileşenleri kullanan pasif filtreler ve işlemsel yükselteçleri kullanan aktif filtreler mevcuttur. Günümüzde kararlı direnç ve

kapasitelerle tam ve doğru olarak filtre karakteristiklerinin gerçekleşmesine imkan tanıdıkları için genellikle aktif filtreler kullanılmaktadır (Oktay, 1991).

İdeal olarak filtreler, belirli frekans aralığının dışında bulunan frekanslardaki tüm veriyi elemeli, geçirilen ve filtrelenen frekanslar arasında çok keskin bir geçiş sağlamalıdır. Uygulanabilir filtrelerde bu mümkün değildir ve genelde belirli bir frekans aralığının dışındaki istenmeyen tüm genlik bileşenleri elenmez. İdeal bir filtrede geçiş bandında ekleme kaybının olmaması, sönümlenme bandında sönümlenmenin sonsuz olması, geçiş bandında lineer faz cevabının olması ve giriş ve çıkışının eşlenmiş olması arzu edilir. Fakat böyle bir filtre gerçekleştirmek mümkün değildir (Matzner vd., 2006.).

### **3.2.6. Filtrelerin Çalışma Prensipleri**

Self (inductance) ve kapasite (capacitance) elemanlarının farklı frekanslarda farklı davrandıklarını biliyoruz. Kapasite elemanımız yüksek frekanslarda kısa devre gibi alçak frekanslarda ise açık devre gibi davranırken bobin (self) elemanımız yüksek frekanslarda açık devre gibi, alçak frekanslarda kısa devre gibi davranır. O zaman bu elemanları çeşitli kombinasyonlarda kullanarak gelen bir işareti frekansına göre geçirebilir, durdurabilir; gelen işaret frekansı için bir alt limit veya üst limit ya da her ikisini birden koyabiliriz. Yani gelen işareti filtreleyebiliriz, gerçekleştirdiğimiz devrede bir filtre olmuş olur. Tabii bunu %100 yapma imkânı yoktur, ancak olabildiğince yaklaşarak bizi idare edecek işareti elde edebiliriz (URL-8, 2011).

### **3.2.7. Süzdükleri Frekanslara Göre Filtre Tipleri**

- 1) Filtre yüksek frekanslı sinyalleri süzüyorsa, Alçak geçiren filtredir. (Low-Pass Filtre, LPF)
- 2) Filtre alçak frekanslı sinyalleri süzüyorsa, Yüksek geçiren filtredir. (High-Pass Filtre, HPF)
- 3) Filtre belli bir frekans bölgesi dışındaki sinyalleri süzüyorsa, Bant geçiren filtredir. (Band-Pass Filtre, BPF)
- 4) Filtre belli bir frekans bölgesindeki sinyalleri süzüyorsa, Bant söndüren filtredir. (Band Stop Filtre, Notch-Filtre) (URL- 6, 2011).

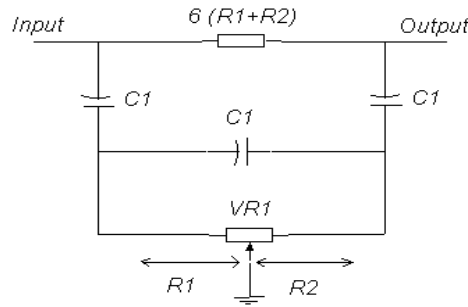
Çalışmamızda analog filtre olarak iki tip filtre kullanılmıştır. Bunlardan birisi; Band söndüren (Band Stop Filtre) filtre ve diğeri Alçak Geçiren (Low-Pass Filtre) filtredir. Band söndüren filtre alçak ve yüksek geçiren filtrelerin paralel olarak seri kola bağlanması ile elde edilir. Bant Söndüren Filtrede alçak geçiren filtre zaman sabiti, yüksek geçiren filtre zaman sabitinden düşük olmalıdır. Normal olarak sensörden gelen analog sinyal üzerinde, laboratuvar ortamında doğal olarak bulunan şebeke frekansı olan 50 Hz'lik bir elektromanyetik bir gürültü ile atmosferde bulunan yüksek frekanslı elektromanyetik bir gürültü bulunmaktadır. Analog sinyalimizdeki değişim frekansı 1 Hz'in çok çok altında olacağı için hem 50 Hz için Band Stop filtre hem de tüm yüksek frekanslı gürültüler için Low-Pass filtre yardımı ile analog sinyalimiz elektromanyetik gürültülerden arındırılabilir. Sinyallerimiz taşınırken ortamdaki elektromanyetik gürültüden az etkilenmesi için geliştirilmiş co-axial kablolar kullanıldı.

### 3.2.8. Bant Söndüren Filtre (Band Stop Filter-Notch Filtre)

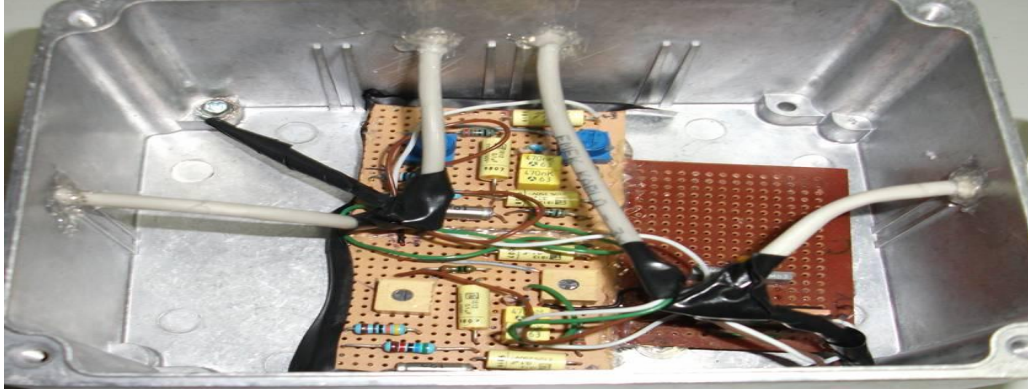
Notch filtrenin teorik olarak frekansa tepkisi Horowitz ve Hill (1989)'e göre;

$$F_{notch} = \frac{1}{2\pi C \sqrt{3R_1 R_2}} \quad (20)$$

Devrede kullanılan notch filtrenin şeması Şekil 3.19'da verilmiştir.

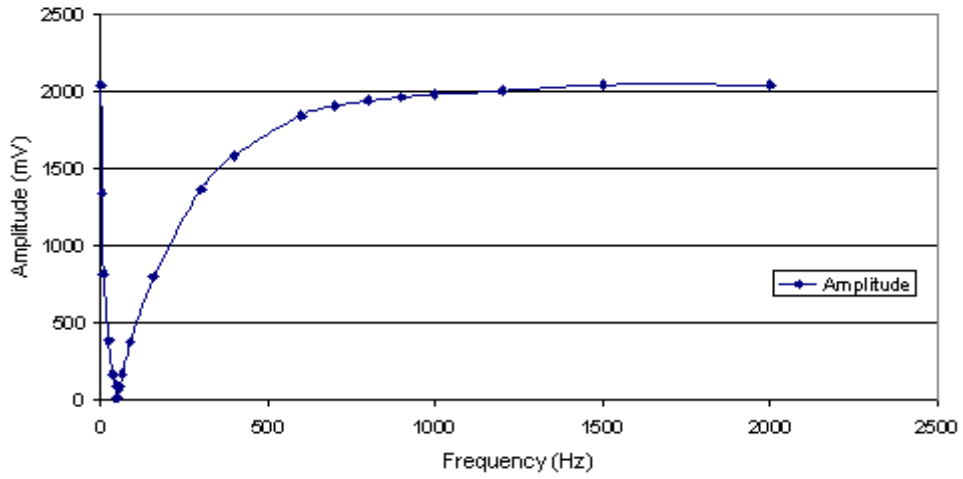


Şekil 3.19. Notch Filtrenin Şematik Görünümü



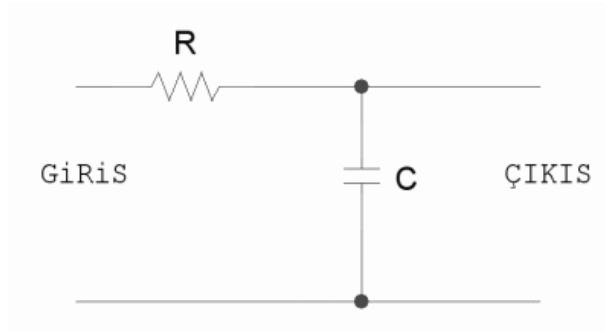
Şekil 3.20. Notch Filtrenin ve Low-Pass Filtrenin Yerleştirildiği Metal Kutu

Devrede kullanılan 50 Hz'lik Notch filtrenin farklı frekanslarını gösteren grafik Şekil 3.21'de verilmiştir.



Şekil 3.21. Devrede Kullanılan 50 Hz'lik Notch Filtrenin Farklı Frekanslarını Gösterdiği Tepki

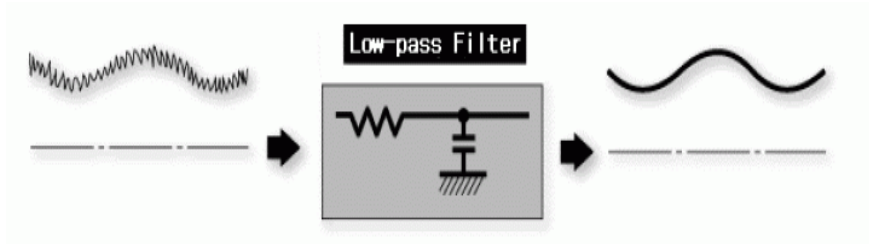
### 3.2.9. Alçak Geçiren Filtre (Low-Pass Filter)



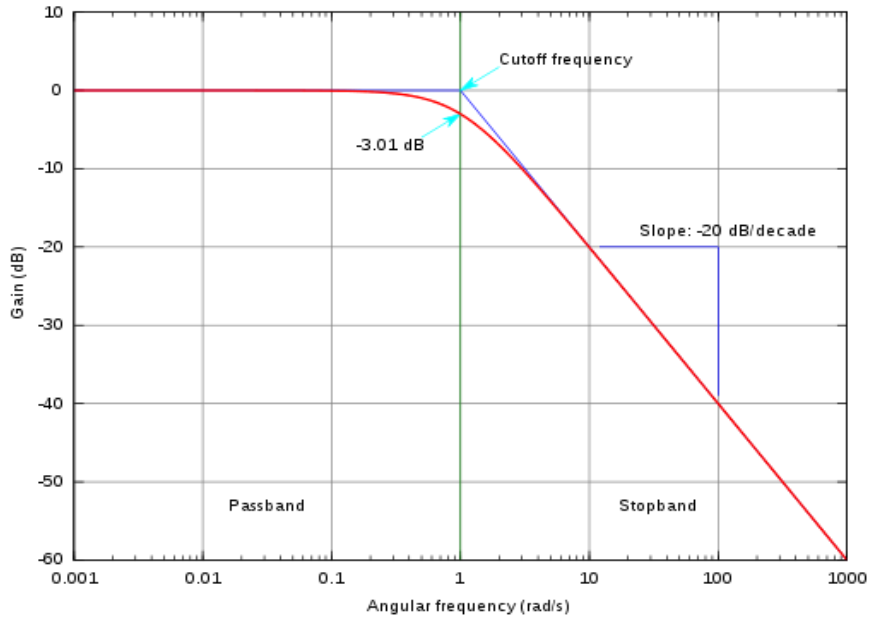
Şekil 3.22. Low-Pass Filter

$$f_c = \frac{1}{2\pi\tau} = \frac{1}{2\pi RC} \quad (21)$$

İdeal bir alt geçiren filtre kesim frekansından yüksek olan tüm frekansları yok etmelidir. Yani frekans cevabı dikdörtgen şeklinde olmalıdır. Fakat ideal filtreyi gerçekleştirmek mümkün değildir. Alt geçiren filtrelerde frekans cevabı kesim frekansından sonra belirli bir eğimle azalan şekildedir. Filtre gerçekleştiğinde genelde -3 dB düşümdeki frekans değeri kesim frekansı olarak alınır. Şekil 3.23'te bir alt geçiren filtre için kazancın açısal frekansa oranını gösteren grafik verilmiştir. Grafiğin altında kalan kesim frekansına kadar olan kısmı geçiş bandı, kesim frekansından sonraki kısım ise sönümlenme bandı olarak belirtilmiştir. Grafiğin sönümlenme bandındaki eğimi ise 20 dB/dekat olarak belirtilmiştir (Aykaç, 2010).



Şekil 3.23. Low-Pass Filter (URL-8, 2012)



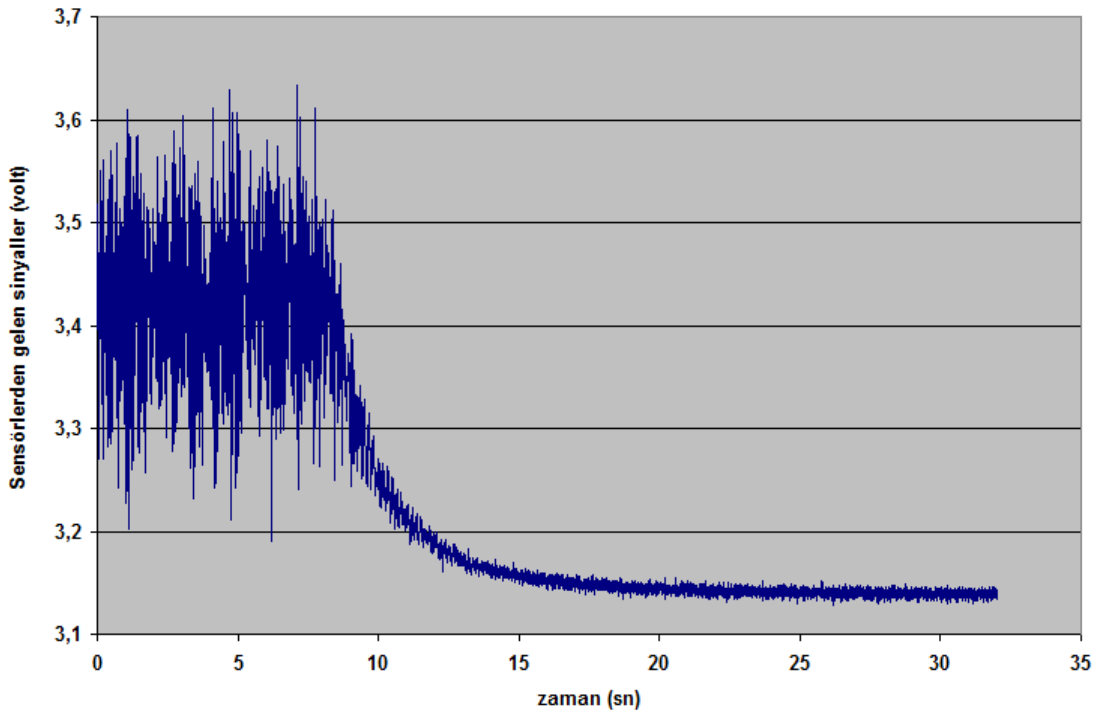
Şekil 3.24. Cutoff Frequency (Aykaç, 2010)

Çoğu kez devrede farklı frekanslarda birkaç sinyal bulunur ve bu sinyallerden istenmeyenlerin süzülmesi gerekir. Burada süzmek sözüyle sinyali bastırmak, yani sinyali toprak ile kısa devre etmek kastedilmektedir. Süzme işlemi için ya aktif devrelerden, ya da pasif devrelerden yararlanılır. Pasif devreler direnç ve kondansatör gibi temel devre elemanlarıyla oluşturulurlar. Aktif devreler ise, çalışması için bir güç kaynağına gereksinim gösteren devrelerdir. Bu gibi devrelerde mikroişlemci yapıda yükselticiler gibi devre elemanları bulunur. Ama bu tür devrelerde de, süzme işini yapan elemanlar pasif elemanlardır. Burada pasif devreler söz konusu edilecektir (URL-9, 2011).

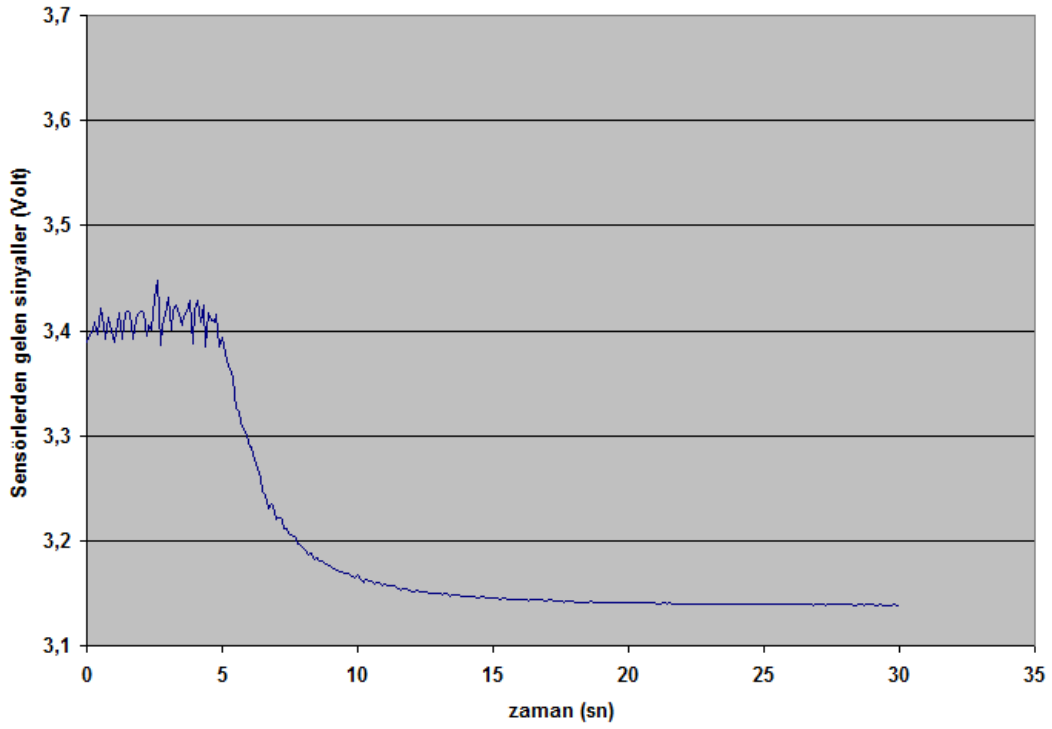
#### 4. BULGULAR

Basınç sensörüyle yapılan Toprak Parçacık Büyüklük Dağılımı ölçümlerinde deney; toprağın çökmeye başlamadan manyetik karıştırıcı ile karıştırılır. Bu karıştırma işleminin sinyalleri Şekil 4.1'in başlangıç kısmında görülebilmektedir. Karıştırma işlemi durur durmaz toprak parçacıklarının çökmesi başlar. Bu çökme işlemi şekil üzerinde dalgalanmanın bittiği yerde başlar ve parabolik bir sinyal şeklinde basınç azalması olarak görülür. Sinyallerdeki hızlı düşen bölümü toprak içerisinde kum miktarına bağlıdır. Kumlar bitince geriye kalan kısmın çökme hızı çok yavaş olduğundan sinyal yatay bir eğimde devam eder.

Aşağıda şekil 4.1 ve şekil 4.2'de verilen grafiklerde Low -Pass filtre kullanılmamış ve Low-Pass filtre kullanılmış sinyallerin karşılaştırılması verilmiştir. Burada, dijital filtre kullanımı istenmeyen gürültü sinyallerini zayıflattığı görülmüştür.



Şekil 4.1. Labview Programından Low-Pass Filtre Kullanılmadan Elde Edilen Sinyal Grafiği



(sn)

Şekil 4.2 Labview Programından Low-Pass Filtre Kullanılarak Elde Edilen Sinyal Grafiği

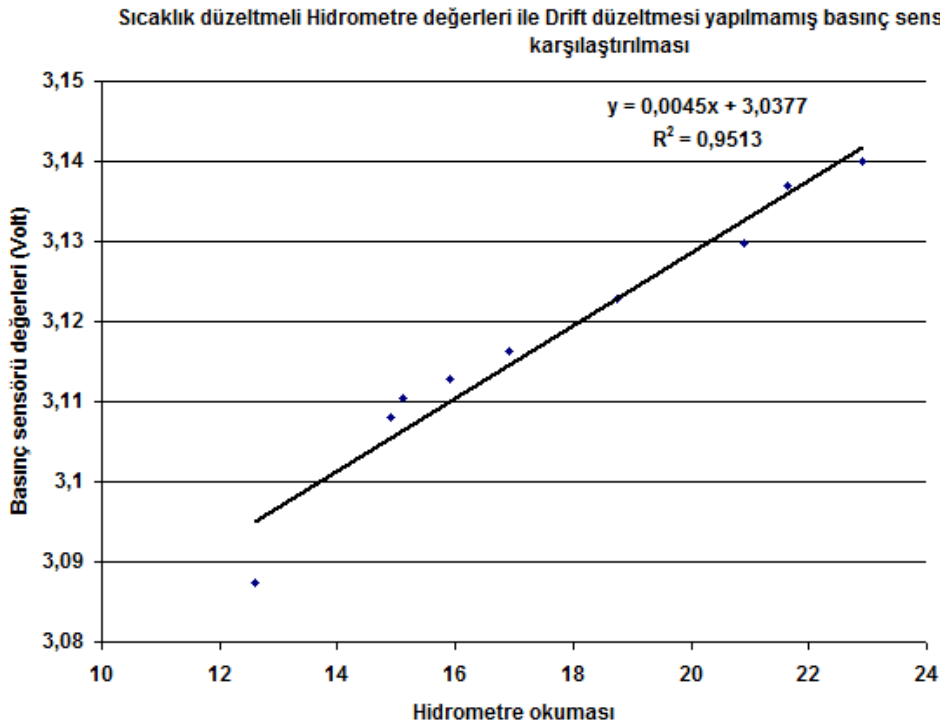
Zaman	Ölçüm1	Temp1	Ölçüm2	Temp2	Ölçüm3	Temp3	Ölçüm4	Temp4	Ölçüm5	Temp5	Ölçüm6	Temp6	Average
0.5	25.1		25.2	27	25	27	25.3	27	25	27	25	27	25.1
1	23.84		23.8	27	23.8	27	23.8	27	23.9	27	23.9	27	23.84
Basınç değerleri(V)													
0.5	3.140572143		3.141276286		3.140849905		3.139368619		3.139141524		3.138971048		3.140029921
1	3.137604976		3.137865585		3.137807829		3.136279073		3.13610722		3.135916146		3.136930138
Kör Noktası Çıkanmış Hidrometre ve Driften Anınlmış Sinyal													
Ham Hidrometre ve Ham Sinyal													
Hidrometre okuma değerleri													
Hidrometre													
Zaman	10dk.Ölçüm	10dk.Temp	10dk.Ölçüm	10dk.Temp	24h.Ölçüm	24h.Temp	Zaman	24h.Ölçüm	24h.Ölçüm	Hidrometre	Basınç-Sinyal		
0.5							0.5	22.9	25.1	22.9	3.140029921		
1							1	21.64	23.84	21.64	3.136930138		
3	23.1	26.5			23.1	26.3	3	20.9	23.1	20.9	3.129875995		
10	21	26.5			20.9	26.2	10	18.75	20.95	18.75	3.122861128		
30					19.1	26.2	30	16.9	19.1	16.9	3.116397462		
60					18.1	26.2	60	15.9	18.1	15.9	3.112791		
90					17.3	26.2	90	15.1	17.3	15.1	3.110351158		
120					17.1	26.2	120	14.9	17.1	14.9	3.10798368		
1440					14.8	26.5	1440	12.6	14.8	12.6	3.087352192		
Basınç değerleri													
Basınç													
Basınç													
For Grafik													
0.5							0.5	3.140034421	3.140029921	Hidrometre	Basınç-Sinyal		
1							1	3.136939138	3.136930138	22.9	3.140034421		
3	3.13013982		3.129612171				3	3.129902995	3.129875995	21.64	3.136939138		
10	3.123488299		3.123034085		3.122061		10	3.122951128	3.122861128	20.9	3.129902995		
30					3.116397462		30	3.116667462	3.116397462	18.75	3.122951128		
60					3.112791		60	3.113331	3.112791	16.9	3.116667462		
90					3.110351158		90	3.111161158	3.110351158	15.9	3.113331		
120					3.10798368		120	3.10906368	3.10798368	14.9	3.111161158		
1440					3.087352192		1440	3.100312192	3.087352192	14.9	3.10906368		
										12.6	3.100312192		

Şekil 4.3. Hidrometre ve Sensörle 24 Saate Kadar Belirli Aralıklarda Alınan Ölçüm Değerleri



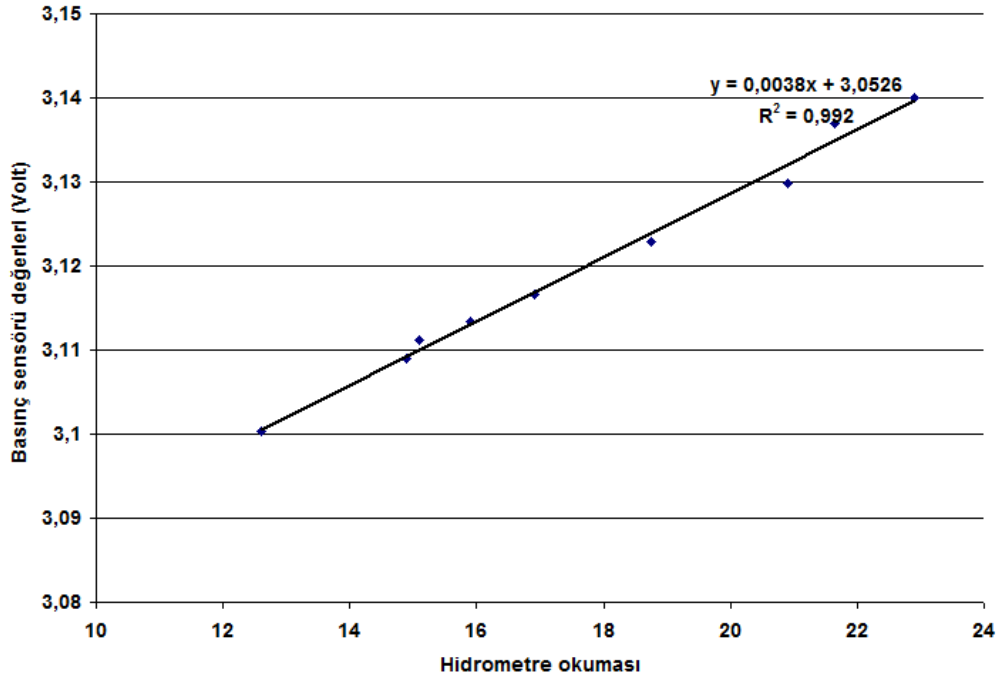
Sıcaklık düzeltmeli hidrometre ile drift düzeltmesi yapılmış ve drift düzeltmesi yapılmamış basınç sensör değerlerinin korelasyon katsayılarını karşılaştırmak amacıyla bu iki ölçüm gerçekleştirilmiştir ve aralarındaki fark Şekil 4.4 ve Şekil 4.5'te gösterilmiştir.

Şekil 4.4'te elde edilen sonuçlara göre toprak PBD ölçümü için basınç sensörü kullanılarak yeni geliştirilen yöntem hidrometre ile karşılaştırıldığında aralarında %1 önem seviyesinde  $R^2=0,992$  gibi yüksek ilişki bulunmuştur. Bu veriler bize yeni geliştirilen yöntemin sinyal işleme tekniği ile birlikte PBD ölçümünde hidrometrenin yerini alabilecek potansiyele sahip olduğunu göstermektedir.



Şekil 4.4. Hidrometre Değerleri İle Drift Düzeltmesi Yapılmamış Basınç Sensörü Değerlerinin Karşılaştırılması

Sıcaklık düzeltmeli Hidrometre değerleri ile Drift düzeltmesi yapılmış basınç sensörü değerlerinin karşılaştırılması



Şekil 4.5. Sıcaklık Düzeltmeli Hidrometre Değerleri İle Drift Düzeltmesi Yapılmış Basınç Sönsörü Değerlerinin Karşılaştırılması

#### 4.1. Sensörlerden Gelen Sinyallerde Labview Ortamında Filtre kullanılması ve Veri Okuma Sıklığına Bağlı Olarak RMS Değerlerindeki Değişimin Karşılaştırılması

Root Mean Square; RMS ya da rms olarak da kullanılır, ayrıca kuadratik ortalama olarak ta bilinir. Değişen miktarların büyüklüğünün ölçülmesinde kullanılan istatistikî bir ölçüttür. Değişimin artı ve eksi yönde olduğu dalgalarda özellikle çok faydalıdır.

Sensörlerden gelen sinyaller yazılım yoluyla fitreli ve filtresiz olarak karşılaştırıldı. Filtrelenmiş sinyallerde sinyalin genliği daha küçük çıkmaktadır. Bu çalışmada donanım içerisindeki Bant-Stop ve Low-Pass filtrelerde analog olarak filtrelenmiş sinyaller dijitalle çevrildikten sonra Labview ortamında yeniden Low-Pass filtre kullanarak yüksek frekanslara ait istenmeyen sinyallerin genlikleri büyük oranda azaltılmış oldu.

Filtreli (Low-Pass filtreli) ve filtresiz veri alımı karşılaştırıldığında aşağıdaki şartlar altında;

Reduction factor: 10

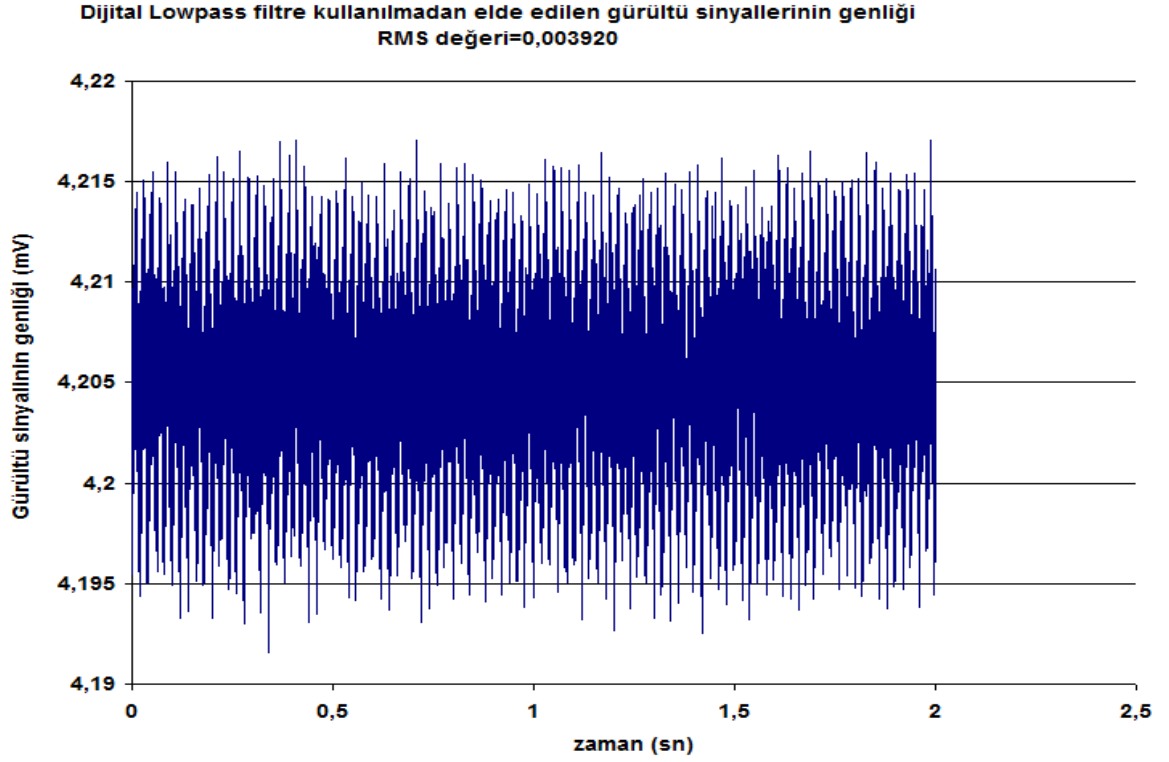
Toplam veri okuma:100k - Rate: 100k

Rate/Reduction Factor- yani; veri toplama sıklığı: 10000 veri/sn kaydolmaktadır.

Aynı sinyale ait aynı veri toplama şartlarında;

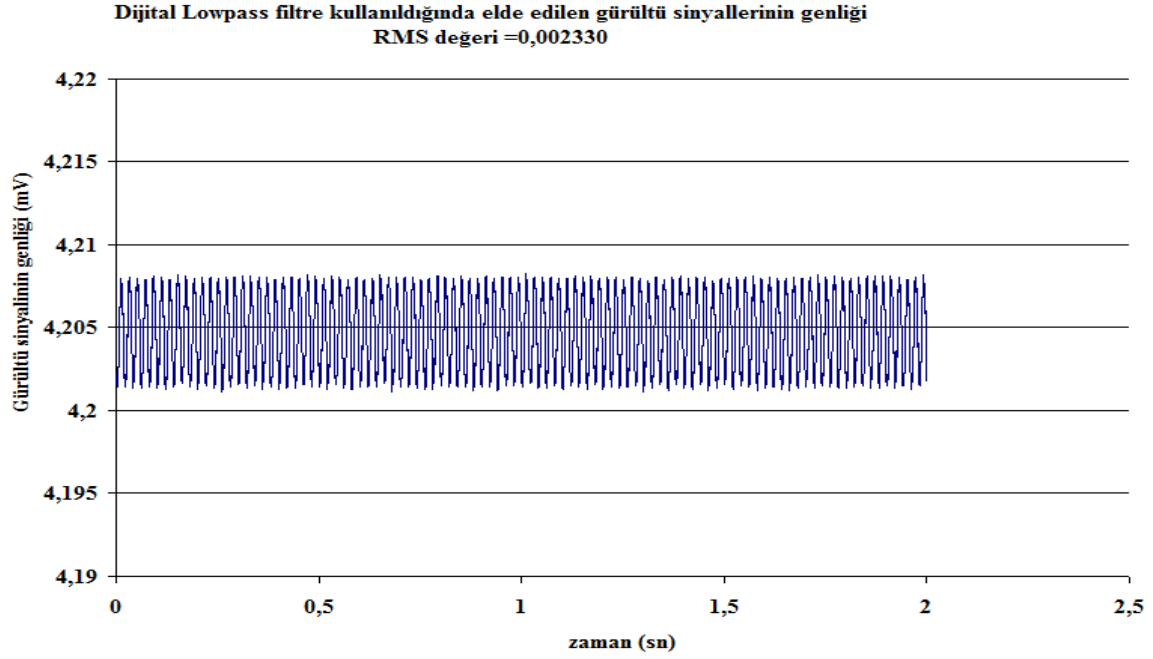
Filtre varken RMS değeri =0,002320

Filtre yokken RMS değeri=0,003920 olarak bulunmuştur.

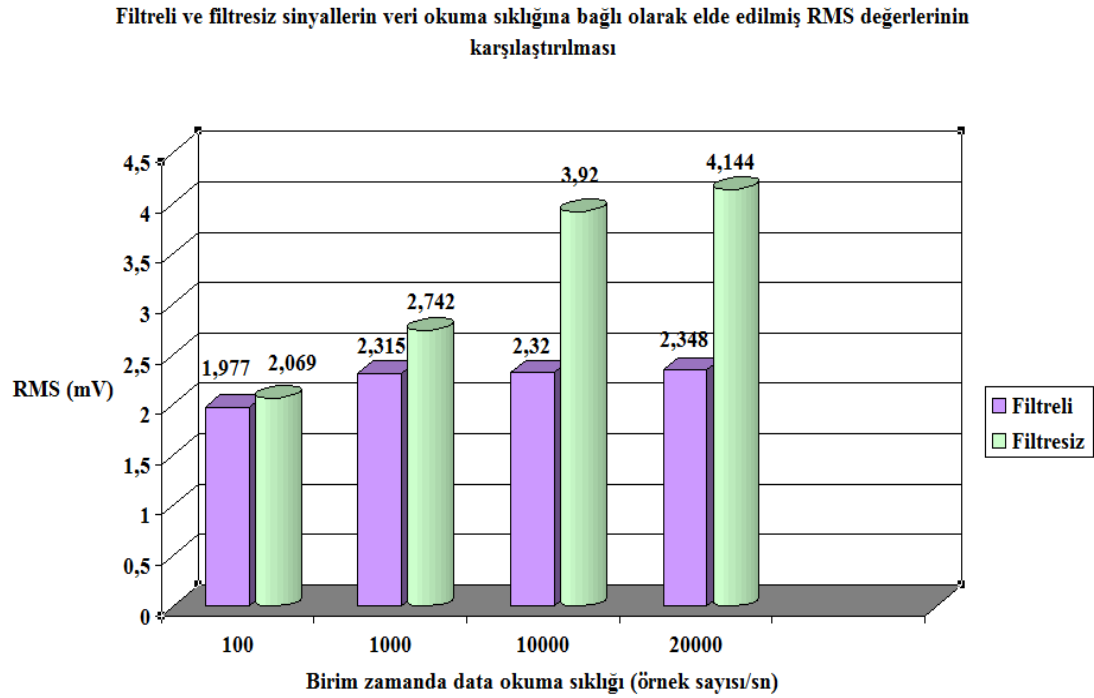


Şekil 4.6. Dijital Low-Pass Filtre Kullanılmadan Elde Edilen Gürültü Sinyalinin Genliği

Şekil 4.6 ve Şekil 4.7’de görüldüğü gibi Labview programının sunduğu Low-Pass filtre özelliği kullanıldığında gürültünün genliğinde belirgin bir azalma olduğu görülmüştür. Filtre uygulanmış bütün sinyallerin RMS değerlerine bakıldığında Low-Pass filtrenin yaklaşık % 60’a kadar gürültünün genliğini zayıflattığı görülmüştür. Low-Pass filtre kullanımı çok hassas ölçümlerin gerektiği ortamlarda çok önem arz edecektir.



Şekil 4.7. Dijital Low-Pass Filtre Kullanıldığında Elde Edilen Gürültü Sinyalinin Genliği



Şekil 4.8. Filtreli ve Filtresiz Sinyallerin Veri Okuma Sıklığına Bağlı Olarak Elde Edilmiş RMS Değerlerinin Karşılaştırılması

Şekil 4.8’de görüldüğü gibi filtresiz veri alımlarında gürültünün filtreli sinyallere göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Hem filtreli hem de filtresiz veri alımlarında birim zamanda elde edilen veri sayısı arttıkça RMS değerlerinin de arttığı görülmektedir. Bununla birlikte sinyallerin RMS değerleri arttıkça Low-Pass filtrenin sinyallerinin RMS değerlerinde daha belirgin bir zayıflatma (attenuation) etkisi olduğu görülmektedir.

## 5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışma, TÜBİTAK tarafından desteklenen 108O773 no'lu proje kapsamında toprakların Parçacık Büyüklük Dağılımının ölçülmesi için geliştirilen ölçme yönteminde kullanılan basınç sensörü sinyallerinde oluşan gürültünün dijital olarak filtrelenmesini ele almaktadır. Labview ortamında programın kullanıcıya sunduğu Dijital filtreleme işlemi olan Low-Pass filtre uygulaması ile ortalamalarının alınarak belirlenen farklı Veri Toplama Sıklığı uygulamalarının etkileri gözlemlenmiştir.

Labview programının sunduğu Low-Pass filtre özelliği kullanıldığında gürültünün genliğinde belirgin bir azalma olduğu gözlemlenmiştir. Filtre uygulanmış bütün sinyallerin RMS değerlerine bakıldığında Low-Pass filtrenin yaklaşık % 60'a kadar gürültünün genliğini zayıflattığı görülmüştür.

Filtresiz veri alımlarında gürültünün filtreli sinyallere göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Hem filtreli hem de filtersiz veri alımlarında birim zamanda elde edilen veri sayısı arttıkça RMS değerlerinin de arttığı görülmektedir. Bunun nedeni, normalde sinyal üzerinde var olan yüksek frekanslı gürültünün birim zamanda alınan verilerin artmasıyla en yüksek ve en düşük genlik seviyelerine yakın bulunan sinyal değerleri örneklenebildiğinden dolayı yüksek veri toplama sıklıklarında RMS değerleri daha yüksek değerlere ulaştığı düşünülmektedir. Ayrıca, gürültü sinyallerin RMS değerleri arttıkça Low- Pass filtrenin, sinyallerin RMS değerleri üzerinde daha belirgin bir zayıflatma (attenuation) etkisi olduğu görülebilmektedir.

Toprak PBD ölçümü için basınç sensörü kullanılarak yeni geliştirilen yöntem hidrometre ile karşılaştırıldığında aralarında %1 önem seviyesinde  $R^2=0,992$  gibi yüksek ilişki bulunmuştur. Bu veriler bize yeni geliştirilen yöntemin sinyal işleme tekniği ile birlikte PBD ölçümünde hidrometrenin yerini alabilecek potansiyele sahip olduğunu göstermektedir.

Hidrometre ve basınç ölçüm yöntemlerinin karşılaştırılması amacıyla farklı örneklerin toprak PBD belirlenmiştir. Hidrometre yönteminde defalarca hidrometrenin örnek içerisine daldırılması örneğin yapısını bozması ve çok örnekli deneylerde deneyi yürüten kişiyi laboratuara deney boyunca bağlaması sonucu deneyin eziyet haline dönüştüğü araştırmacılar tarafından çok iyi bilinmektedir. Oysa basınç sensörüyle ölçümlerde deney başlatıldıktan sonra bitene kadar örnek hiçbir zaman rahatsız edilmez. Böylece çok sağlıklı

ve gerçek sonuçlar elde edilmiş olunacaktır. Ayrıca, araştırmacı deneyin başlamasından sonra tamamen laboratuara bağlı olmaktan kurtulmaktadır. Bunların yanında ölçüm sisteminin çözünlüğünün çok yüksek olması sonucu ölçülen veriler gerçek analog değere çok yakın olacaktır. Hatta hidrometre ile yapılan farklı kişilerin aynı değeri farklı okuması sorunu da veriler bilgisayar tarafından okunmasından dolayı ortadan kalkmış oldu.

## 6. ÖNERİLER

Yeni geliştirilen yöntemde Toprak PBD ölçümü için çok hassas ölçümlerin gerektiği basınç sensörü sinyallerinde Labview dijital Low-Pass filtre uygulaması çok etkin rol oynamış ve benzer hassas ölçümlerde de çok önemli rol oynaması beklenmektedir.

Sonuç olarak, geliştirilen teknikle yaptığımız ölçümler sonucunda basınç sensörleriyle online bilgisayar ile toprak PBD ölçümünün daha pratik ve çok daha zahmetsiz oluşu ve de ölçümlerin hiçbir temas olmadan yapılması bizim daha hassas sonuçları elde etmemize yardımcı olacaktır. Ve özellikle hassas olan bu verilerin tamamen zahmetsiz olarak ölçülmesi, geliştirilen tekniğin yaygınlaşma potansiyeli açısından çok önemlidir.





## KAYNAKLAR

**American Society for Testing and Materials 2000a.** Standard test for classification of soils for engineering purposes. D 2487-98. 2000 Annual book of ASTM standards 04.08:238-247. ASTM, Philadelphia, PA.

**American Society for Testing and Materials 2000b.** Standard test method for liquid limit, plastic limit and plasticity index of soils. D 4318-98. 2000 Annual book of ASTM standards 04.08:546-558. ASTM, Philadelphia, PA.

**Aykaç, R. Erdem.,** 2010, RF Filtre Tasarımları ve Gerçeklenmesi. İstanbul Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği. Mayıs.

**Bardet, J.P** 1997, “**Experimental Soil Mechanics**” Prentice –Hall, Inc., New Jersey, USA, 16,31,39

**Bittelli, M.Campbell, G.S., Flury, M.,** 1999. Characterization of particle-size distribution in soils with a fragmentation model. Soil Sci. Soc. Am. J. 63, 782-788.

**Bayraktar,** 1979 T.C., “**Cevher Hazırlamada Zeng. Öncesi İşlemler**” İTÜ Matbaası.

**Bouyoucos, G.J.** 1951, A recalibration of hydrometer method for making mechanical analysis of soil. Agronomy Journal Vol: 143 No:9

**Day, P.R.,** 1965, Particle fractionation and particle-size analysis. P.545-567. In C.A. Black et al. (ed.) methods of soil analysis. Part 1. Argon. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI.

**Demiralay, İ.,** 1993, “**Toprak Fiziksel Analizleri**”, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi. Erzurum.

**Dick, W.A.,** (ed.) 2002. Methods of soil analysis Part 4. Physical methods. Number 5 in the SSSA book series. Madison, WI.

**Eshel, G., J. Levy, U. Mingelgrin, M. J. Singer.,** 2004, Critical Evaluation of the Use of Laser Diffraction for Particle-Size Distribution Analysis. Soil Sci. Soc. Am. J. 68:736–743.

**Elonen, P.,** 1971, Partical- Size Analysis of Soil. Faculty of Agriculture and Frostry of The Universty of Helsinki (Doctore Thesis).

**Erbil, N.,** 2007, “Uzaktan Kontrol Edilebilen Kalp Cihazına Ait Yazılım Geliştirilmesi” Yüksek Lisans Tezi, Konya.

**Ersahin, S., H. Günal, T. Kutlu, B. Yetgin and S. Çoban.,** 2006, Estimating specific surface area and cation exchange capacity in soils using fractal dimension of particle-size distribution. Geoderma, Volume 136:3-4, 588-597.

**Erşahin, S.,** 2005, Toprak Fiziği-Toprak Tekstürü

**Güzel, H.**,2005, “Evaporitik mineraller içeren killi zeminleri jeoteknik özellikleri” Adana.

**Gee, G.W and Boudier. J.W.** 1986 Particle Size Analysis. Methods of Soil Analysis. PartI Agronomy No: 9 Am Soc. Of Agron. Madison, Wisconsin, USA

**George.G.S.**,1982, “Lazer kırınım yöntemi ile zeminlerin tane büyüklüğü dağılımının belirlenmesi ve hidrometre yöntemi ile karşılaştırılması”.

**Güner, Y.,Tunçalp, K.**, 2005, “**Labview** Programı ile Veri Toplama, Veri İşleme ve, veri izlemenin E-Öğrenme Olarak Hazırlanması”, Marmara Üniversitesi, İstanbul. tez. sdu.edu.tr/Tezler/TF01125.pdf.

**Güzel, H.**, 2005, “Evaporitik Mineraller İçeren Killi Zeminlerin Jeoteknik Özellikleri”,Çukurova Üniversitesi Adana.

**Horowitz and Hill, Paul & Winfield** (1989), *The Art Of Electronics, 2nd Ed.*, Cambridge University. pp. 53.

**Irmak, A.**, 1954, “Arazide ve Lab. Toprağın Araştırılması Metotları” İ.T Yayınları No: 559 İstanbul.

**Jonasz, M.**, 1987, Nonsphericity of suspended marine particles and its influence on light scattering. *Limnol. Oceanogr.* 32: 1059–1065.

**Kumbasar, V.**, 1992,“**İnşaat Mühendisliği Zemin Mekaniği**”, Çağlayan Kitapevi.

**Layık, E.**, 2006, “Pipet İle Hidrometre Deneyleeri Arasındaki Bağlıntıların Bulunması” Eylül.

**Matzner, H. Levy, S., Moalem, H.**, 2007, “Microwave Laboratory Manual” Ocak, 2006, 2001

**National Inseruments Corp., 2000**, Sound and Vibration Toolset User Manual” ,Part Number 322194B-01, Texas USA.May.

**National Inseruments Corp.** 2003, “LabVIEW User Manual”, Part Number 320999E-01, Teksas, ABD April.

**National Instruments**, NI /B, 1998, Labviw Online yardım dosyaları, Corporation.

**Oktay, O.**, 1992, “Biyolojik işaretlerin elde edilip işlenmesi”, Y. Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri.

**Orhan, M. Özere, M. Işık, N.**, 2004, “**Zemin Mekaniği Laboratuar Deneyleeri**” Cilt 1.

**Özaydın, Kutay.**, 1989, “**Zemin Mekaniği**”, Birsen Yayınevi.

**Özer, M.**,2006, “Lazer Kırınım Yöntemi İle Tane Büyüklüğü Dağılımının Belirlenmesi ve Hidrometre Yöntemi İle Karşılaştırılması”, Ocak.

**Park, J. Mackay, S.**, 2003, “Practical Data Acquisition for Instrumentation and Control Systems”, 28. July, Butterworth-Heinemann, Australia

**Sarıkaya, Y.** 1986, “**Fizikokimya ve Uygulamaları**” Ocak.

**Splet, P.D.M, M.A. Norato, A.S. Snagani, and L.A. Tavlarides.** 1999, Determination of particle11:1065-1080

**Starr, G.C, P. Barak, B. Lowery, and M. Avila-Segura.** 2000. Soil particle concentration and size analysis using a dielectric method. Soil Sci. Soc. Am. J. 64:858-866.

**Sur, H.S., S.S., Kukal.**, 1992 A. Modified Hydrometer Preceture For Particle Size Analysis Soil Sci. Vol.153.,No:1

**Tekelioğlu, O.**, 2009, 108 O 772 nolu Tübitak Proje Önerisi

**Tekelioğlu, O.**, 2012, 108 O 772 nolu Tübitak Proje Sonuç Raporu.

**Umur, H.**, 1988, Uludağ Üniv. Makine Müh, “**Akışkanlar Mekaniği**”, 2. baskı, İstanbul.

**Uyanık, H. Hemirel H. Tunç E.**, 2003, “Labviw ile Simulasyon ve Eğitim Kullanılması”, Marmara Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Elektrik Eğitimi Bölümü-Lisans Tezi; İstanbul.

**Üneri, S.**, 1968, “**Kolloit Kimyası**”, Ankara Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları.

**Yıldız, N.**, 2007, “**Cevher Hazırlama**” Ankara.

**URL-1**, [www.yildiz.edu.tr/guner/dersnotu/1.pdf](http://www.yildiz.edu.tr/guner/dersnotu/1.pdf) “Gemi Direnci, Gemi Direncinin Bileşenleri” . 20 Aralık 2011.

**URL-2**, F:\Sıvı Mekaniği Navier-Stokes denklemleri Fizik - İstanbul Üniversitesi. “Sıvı Mekaniği-Navier-Stokes denklemleri”, Mht.12 Nisan 2011.

**URL-3**, <http://www.belgeler.com/blg/lz2/> “Pipet ile hidrometre deneyleri arasındaki bağıntının bulunması” [Determination of relationship between hydrometer and pipette experiments]. 7 Haziran 2011.

**URL-4**, <http://tr.wikipedia.org/wiki/Hidrometre> “Hidrometre”. 1 Ekim 2011.

**URL-5**, [http://megep.meb.gov.tr/mte\\_program\\_modul/modul\\_pdf/524LT0037.pdf](http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/modul_pdf/524LT0037.pdf)

“Toprakta Fiziksel Analizler”, Ankara, 12 Eylül 2011.

**URL-6**, [www.kalitekontrol.org/forum/hidrometre-deneyi-t516.0.html](http://www.kalitekontrol.org/forum/hidrometre-deneyi-t516.0.html) “Hidrometre Deneyi”. 18 Temmuz 2010.

**URL-7**, [tip.Harran.edu.tr/perfuzyon\\_sitesi/perfuzyonist\\_che\\_list.html](http://tip.Harran.edu.tr/perfuzyon_sitesi/perfuzyonist_che_list.html) “Basınç Transducerei Tipleri. Ölçme Yöntemleri”. 2 Ocak 2012.

**URL-8**, [http://www.fatiherdem.net/r-ve-c-elemanlarıyla\\_alçak\\_geçiren\\_filtre\\_low-pass-filter-tasarlayalım/](http://www.fatiherdem.net/r-ve-c-elemanlarıyla_alçak_geçiren_filtre_low-pass-filter-tasarlayalım/) R ve C Elemanlarıyla Alçak Geçiren Filtre (Low Pass Filter) Tasarlayalım / 23 Aralık 2011.

**URL-9**, [http://tr.wikipedia.org/wiki/Elektronik\\_Filtre](http://tr.wikipedia.org/wiki/Elektronik_Filtre) “Elektronik Filtre”. 15 Aralık 2011.

**URL-10**, [www.belgeler.com](http://www.belgeler.com) [http://www.belgeler.com/blg/9x8/zeminin\\_oluşumu\\_ve\\_tipleri](http://www.belgeler.com/blg/9x8/zeminin_oluşumu_ve_tipleri) “Zeminin Oluşumu Ve Tipleri” 14 Kasım 2011.

**URL-11**, [http://www.belgeler.com/blg/wxo/lazer\\_kırınım\\_yöntemi\\_ile\\_zeminlerin\\_tane\\_büyük\\_lüğü\\_dağılımının\\_belirlenmesi\\_ve\\_hidrometre\\_yöntemi\\_ile\\_karşılaştırılması](http://www.belgeler.com/blg/wxo/lazer_kırınım_yöntemi_ile_zeminlerin_tane_büyük_lüğü_dağılımının_belirlenmesi_ve_hidrometre_yöntemi_ile_karşılaştırılması)

Determination of soil particle size distribution using laser diffraction method and its comparison with hydrometer method. 5 Ocak 2012.

**URL-12**, <http://www.keithley.com/products/dcac/voltagesource/high.voltage/mn=2410-C> Keithley, Model 2410-C High-Voltage Source Meter., 16 Mayıs 2011.

**URL13**, <http://cygm.meb.gov.tr/modulerprogramlar/kursprogramlari/kimya/moduller/Sivilar.pdf>, MEGEP, “Kimya Teknolojisi”, Sıvılar. 4 Nisan 2011.

**URL-14**, <http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/en/nid/209154>, National Instruments, NI USB 6289 Multifunction DAQ kart. 5 Temmuz 2011.

## ÖZGEÇMİŞ

01.10.1978 yılında Erbaa'da doğdum. İlkokul öğrenimimi Koçak Kasabasında tamamladım. Orta ve lise öğrenimimi Erbaa'da tamamladım. Sakarya Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fizik bölümü mezunuyum. 2005-2009 yılları arasında vekil öğretmenlik ve dersane öğretmenliği yaptım. 2009-2012 yılları arasında Tübitak projesinde proje asistanı olarak çalıştım. 2009-2012 yılları arasında Tunceli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans hakkı kazandım. Konya Meram Elektrik Dağıtım A.Ş.'de İş Güvenliği ve Sağlığı Uzmanı olarak çalışmaya devam etmekteyim.