

**T.C.  
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
OTOMOTİV MÜHENDİSLİĞİ**

**ARAÇ YAKIT DEPOLARINDA GÖSTERGE HATALARI VE  
HASSAS ÖLÇÜM TEKNİKLERİNİN İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**BUSE BELLİ**

**DENİZLİ, AĞUSTOS - 2022**

**T.C.  
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
OTOMOTİV MÜHENDİSLİĞİ**



**ARAÇ YAKIT DEPOLARINDA GÖSTERGE HATALARI VE  
HASSAS ÖLÇÜM TEKNİKLERİNİN İNCELENMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**BUSE BELLİ**

**DENİZLİ, AĞUSTOS - 2022**

**Bu tez çalışması Pamukkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) tarafından 2020FEBE053 nolu proje ile desteklenmiştir.**

**Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.**

**BUSE BELLİ**

## ÖZET

**ARAÇ YAKIT DEPOLARINDA GÖSTERGE HATALARI VE HASSS  
ÖLÇÜM TEKNİKLERİNİN İNCELENMESİ  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
BUSE BELLİ  
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
OTOMOTIV MÜHENDİSLİĞİ  
(TEZ DANIŞMANI: DR. ÖĞR. ÜYESİ ÖNER ATALAY)**

**DENİZLİ, AĞUSTOS - 2022**

Yapılan araştırmalar ve müşteri geri bildirimlerine göre seviye sensörlerinin ölçüm sonuçları, göstergelere yaklaşık doğru yansımaktadır. Ama özel durumlarda (yokuş iniş-çıkış, engebeli arazi, araç hızlanma ve yavaşlama) anlık hatalı ölçümler olabilir. Mevcut yakıt seviye ölçüm sensörleri tasarımlarından dolayı dış etkenlerden çok etkilenmektedir (random vibrasyon, ani ivlenme, ani emişten dolayı vakum.. vb). Bu tezde yakıt deposu içerisinde oluşabilecek herhangi bir çalkantı ve buna bağılı olarak yakıt seviye ölçümünün hassasiyeti incelenmiştir. Yakıt depolarının tasarımlarında, üretim yöntemlerinden dolayı değişiklik yapılması zor parçalardır. Bunun için depo tasarımı sabit tutulmuştur. Yakıt seviye ölçüm sensörünün tasarımında geliştirme yapılmıştır ve hassas ölçüm yapılması sağlanmıştır. Mevcut seviye sensörlerindeki float parçası (yüzer parça) genellikle korumasız tasarlanır. Dolayısı ile depo içerisindeki çalkantı efektlerinden çok fazla etkilenmiştir. Bu hata modunu engelleyebilmek için float parçası etrafına bir muhafaza tasarlanmıştır. Böylece çalkantı efektinden daha az etkilenmiştir ve seviye ölçümü daha hassas yapılmıştır.

**ANAHTAR KELİMELELER:** Seviye sensörleri, yakıt, seviye ölçümü

## **ABSTRACT**

### **INVESTIGATION OF INDICATOR ERRORS AND PRECISE MEASUREMENT TECHNIQUES IN VEHICLE FUEL TANKS**

**MSC THESIS**

**BUSE BELLI**

**PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE**

**AUTOMOTIVE ENGINEERING**

**(SUPERVISOR: DR. ÖNER ATALAY)**

**DENİZLİ, AUGUST 2022**

According to the research and customer feedback, the measurement results of the level sensors are reflected on the indicators approximately correctly. But in special cases, there may be instantaneous erroneous level measurements. (uphill and downhill, rough terrain, vehicle acceleration and deceleration etc.) Current fuel level sensors are highly affected by external factors due to their design. (random vibration, sudden acceleration, vacuum due to sudden suction.. etc.) In this thesis, any turbulence that may occur in the fuel tank and the sensitivity of the fuel level measurement accordingly are investigated. The design of the fuel tanks is very difficult to design and change depending on the production method. For this, the fuel tank design has been not a design changed. The design of the fuel level sensor has been improved to make high-sensitivity measurements. Generally, float components of the current fuel level sensors are designed without a dumping unit. And so they are very much affected by the turbulence effect inside the fuel tank. The dumping unit has been designed around the floating part to prevent this failure mode. So, the fuel level sensor is less affected by the turbulence effect and level measurement has been made more precise.

**KEYWORDS:** Level sensors, fuel, level measurement

# İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT .....	ii
İÇİNDEKİLER .....	iii
ŞEKİL LİSTESİ.....	iv
TABLO LİSTESİ .....	v
SEMBOL LİSTESİ ve KISALTMA LİSTESİ .....	vi
ÖNSÖZ.....	vii
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR TARAMASI .....	3
3. YAKIT SEVİYE ÖLÇÜM SENSÖRLERİ.....	5
4. DENEYSEL ve NÜMERİK ÇALIŞMALAR.....	9
4.1    Nümerik Analiz .....	9
4.1.1    3D CAD Geometrisi Hazırlama.....	9
4.1.2    Analiz Modellemesi .....	11
4.1.3    Mesh Yapısı ve Sınır Şartlarının Belirlenmesi .....	11
4.1.4    Malzeme Modelleri Tanımlama.....	14
4.2    Deneysel Çalışma .....	15
4.2.1    Test Numunesinin Hazırlanması.....	15
4.2.2    Test Ekipmanı .....	18
4.2.2.1    Yöntem.....	20
5. BULGULAR .....	21
5.1    Nümerik Bulgular .....	21
5.2    Deneysel Bulgular .....	25
6. DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	29
7. SONUÇ VE ÖNERİLER .....	41
8. KAYNAKLAR.....	44

## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

Şekil 1.1: Elektronik kart .....	2
Şekil 3.1: Kapasitif seviye sensörü .....	5
Şekil 3.2: Endüktif tip seviye şalteri .....	6
Şekil 3.3: Ultrasonik seviye sensörleri .....	7
Şekil 3.4: Saydam borular ile seviye ölçümü .....	8
Şekil 4.1: Yakıt seviye ölçüm sensörü 3D görüntüsü .....	10
Şekil 4.2: Yakıt seviye ölçüm sensör bölgelerinin 3D modellemesi .....	10
Şekil 4.3: Mesh yapısı .....	12
Şekil 4.4: Yakıt seviye ölçüm sensör bölgesi .....	13
Şekil 4.5: Silikon kalıplama sensör kafası .....	15
Şekil 4.6: Montajlı yakıt seviye sensörü .....	16
Şekil 4.7: Korumalı tip yakıt seviye sensörü .....	17
Şekil 4.8: Arduino kart şeması ve yazılı program .....	19
Şekil 4.9: Test ekipmanı .....	20
Şekil 5.1: Analizde kullanılan model ölçüleri .....	21
Şekil 5.2: Ansys fluent toplam kaldırma kuvveti .....	22
Şekil 5.3: İvme / Zaman grafiği .....	23
Şekil 5.4: Süreklilik denklem kalıntı değer grafiği .....	24
Şekil 5.5: Çalkantı anında şamandıra bölgesi .....	24
Şekil 5.6: Depo hacimleri ve hız göstergesi .....	27
Şekil 5.7: Korumalı yakıt seviye sensörü .....	28
Şekil 6.1: 25 l sıvı ile zamana ve hıza bağlı karşılaştırmalı grafikler .....	31
Şekil 6.2: 50 l sıvı ile zamana ve hıza bağlı karşılaştırmalı grafikler .....	33
Şekil 6.3: 75 l sıvı ile zamana ve hıza bağlı karşılaştırmalı grafikler .....	36
Şekil 6.4: 90 l sıvı ile zamana ve hıza bağlı karşılaştırmalı grafikler .....	39



## TABLO LİSTESİ

### Sayfa

Tablo 4.1: Float malzeme bilgisi.....	14
Tablo 4.2: Elektronik kart direnç tablosu.....	17
Tablo 6.1: 25 l sıvı için min. ve max. çıkış dirençleri.....	31
Tablo 6.2: 50 l sıvı için min. ve max. çıkış dirençleri.....	34
Tablo 6.3: 75 l sıvı için min. ve max. çıkış dirençleri.....	37
Tablo 6.4: 90 l sıvı için min. ve max. çıkış dirençleri.....	39
Tablo 7.1: % değişim tablosu.....	42

## SEMBOL LİSTESİ ve KISALTMA LİSTESİ

<b>ECU</b>	:	Elektronik Kontrol Ünitesi	
<b>CFD</b>	:	Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği	
<b>RPM</b>	:	Dakikada Devir Sayısı	
<b>A.Ş.</b>	:	Anonim Şirketi	
<b><math>\Omega</math></b>	:	direnç	(Ohm)

## ÖNSÖZ

Bu çalışmanın gerçekleşmesinde desteğini hiçbir zaman esirgemeyen, bilgi ve deneyimleriyle çalışmalarına yön veren, danışman hocam, Dr. Öğr. Üyesi Öner ATALAY 'a çok teşekkür ederim.

Çalışmalarım ve araştırmalarım süresince, hiçbir imkânı esirgemeyen, laboratuvar ve tüm olanaklarını kullanmamı sağlayan, NESAN OTOMOTİV A.Ş. ailesine teşekkür ederim.

Çalışmalarım sırasında ekipman konusunda desteğini esirgemeyen OTOKAR firmasından Metin GÜLERYÜZ ve Ali YORGUN 'a çok teşekkür ederim.

Ayrıca bu tez çalışmasının yapımına başladığım ilk andan itibaren benden desteklerini hiç esirgemeyen, her zaman ne olursa olsun yardım eden ve yanımda olan, bana çalışmamda yön veren Oğuz SEZGİN 'e çok teşekkür ederim.

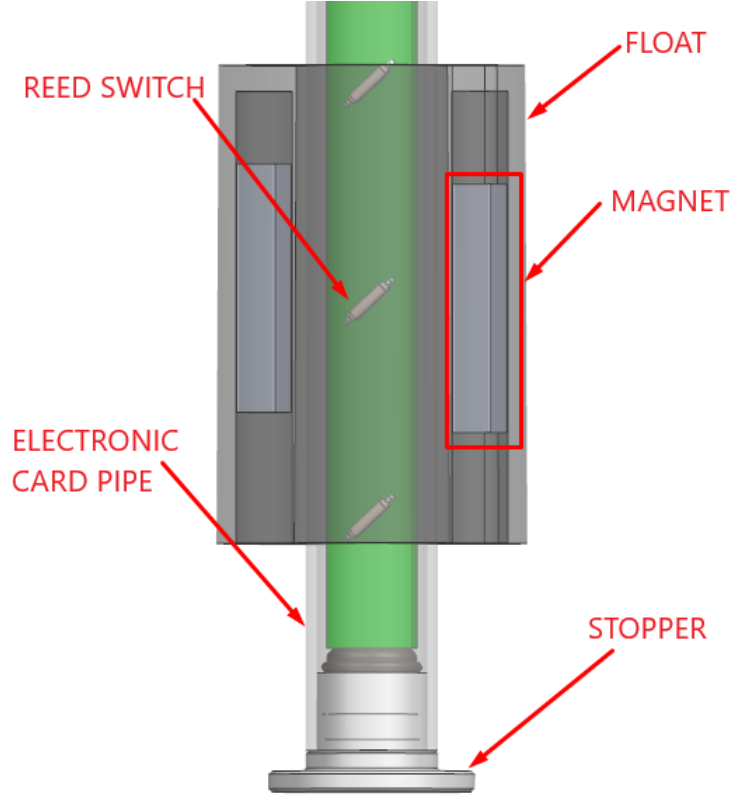
Her konuda olduğu gibi, sınırsız destek ve yardımlarını tez çalışmamda da gösteren aileme, annem Asiye BELLİ, babam Mehmet BELLİ ve kardeşim Banu BELLİ 'ye sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

## 1. GİRİŞ

Araç motorunun çalışabilmesi için gerekli olan yakıtın depolandığı basınçlı tanklara “Yakıt deposu” denir. Yakıt deposu, depo içerisindeki yanıcı/patlayıcı sıvıyı güvenli bir şekilde depolamak ve kullanmak için tasarlanmıştır. Yakıt depoları ihtiyaca göre metal veya plastikten yapılabilir. Metal tanklar genellikle parçalar birbirine kaynatılarak birleştirilebilir. Plastik depolar ise araç tasarımına bağlı olarak daha karmaşık şekiller alabilir. Bu sayede aksların ve/veya egzoz sistemlerinin etrafına sığabilecek, daha rahat tasarım çalışmaları gerçekleştirilebilir. Daha yapılandırılmış teçhizat nedeniyle, plastik tanklar daha fazla çarpışma güvenliği sağlar ve daha iyi alan kullanımını sağlar.

Araç yakıt depolarında seviye ölçümü için birçok yöntem kullanılmaktadır. Önemli olan araç hareket ve durağan haldeyken doğru ölçüm yapabiliyor olmasıdır. Yakıt deposu seviyesini ölçmek için sıvı temaslı/temassız sensörler veya mekanik çözümler kullanılabilir. Yakıt deposuna dik olarak aşağı yukarı hareketli şamandıra sistemleri genellikle daha uygun maliyetli oldukları için tercih edilmektedir.

Reed switch ve mıknatıs teknolojisi kullanılarak üretilen yakıt seviye ölçüm sensörlerinin kart tasarımında yakıt seviyesinin ölçüm aralıklarına göre reed switchler elektronik karta lehim yapılarak montajı gerçekleştirilir. Şekil 1.1’de elektronik kartın kesit görüntüsü paylaşılmıştır.



**Şekil 1.1:** Elektronik kart

Reed switch elektronik kart etrafında bulunan float parçasının içindeki mıknatıs yardımıyla tetiklenir. Sıvının yükselen veya düşen hareketi ile birlikte depo içerisindeki sıvı yüksekliğine karşılık gelen reed switchi tetikleyerek reed switchi açar veya kapatır. Her iki durumda da değişen sıvı seviyesi, mıknatısın reed switchi tetiklemesi ile elektriksel bir açma kapama sinyaline çevirerek yakıt seviye göstergesine yakıt miktar bilgisini iletir.

## 2. LİTERATÜR TARAMASI

Araç motorunun çalışması için ihtiyaç duyulan yakıtın depolandığı basınçlı tanklara “yakıt tankı” denir. Yakıt tank seviye ölçümünde sıvı temaslı/temassız sensorler veya mekanik çözümler kullanılabilir. Maliyet olarak daha uygun olduğu için genellikle dikey hareketli şamandıra sistemleri tercih edilmektedir.

Yumurtacı ve Yabanova (2018) yapmış oldukları çalışmalarda sıvı seviye ölçümünde kullanılan kapasitif sensor, ultrasonik sensor, diferansiyel basınç transüderi ve dikey hareketli şamandıranın çalışma prensiplerini incelemiştir. Ölçüm yapmada kullanılacak olan sensor seçiminde, kullanılacak olan tankın malzemesinden tank içerisindeki sıvının cinsine ve bulunduğu ortamın basınç ve sıcaklık değerinin etkili olduğu görülmüştür.

Şahbazlı (2017) sıvı seviye ölçümünde ultrasonik sensor kullanmış ve sıvı ile direkt temas halinde bulunmadan ses dalgası ile seviye ölçümünü gerçekleştirmiştir. 0-30 cm aralığındaki seviyelerde ise başarılı bir ölçüm yakalamıştır.

Topçu ve Çavdar (2017) bu çalışmada yakıt tanklarında oluşan çalkantılar incelenmiştir. Perdeli ve perdesiz iki farklı tank %50-%85 doluluk oranlarında ve farklı yönlerde uyarılar verilerek gözlemlenmiştir. Yapılan bu çalışmada çalkantının ani basınç değişimlerine yol açtığı görülmüştür. Perdeli tank tasarımında ise sıvının çalkantı anında basınç değerini düşürmede etkili olduğu görülmüştür.

Keskin ve Sarıbaş (2017) bu çalışmada seviye ölçüm yöntemleri ile ilgili detaylı bir araştırma yapılmış, mekanik esaslı ve elektrikli esaslı olarak iki gruba ayırmışlardır. Ayrıca ultrasonik ölçüm yöntemini küçük bir depo içerisindeki sıvının seviyesinin ölçümünde kullanmışlardır. Yaptıkları deneysel çalışmalarda 0-20 cm seviye aralığında başarılı ölçüm elde edildiği sonucuna varmışlardır.

Binek araç yakıt deposundaki çalkalanma olayı standart girdi değeri için farklı tasarım stillerine, yakıt ikmal oranına ve yakıt deposunun doğrusal hareket yönüne göre teorik ve deneysel çalışmalar yapılmıştır. Kılıç (2015) çalkalanma olayı perdesiz, perdesiz/şamandıralı ve perdeli/şamandıralı gibi farklı tasarımlar yaparak incelemiştir. Perdeli / şamandıralı tank yapısının daha dengeli basınç dağılımına sahip olduğunu ve çalkantı hareketini sönümlendiğini gözlemlemiştir.

Ceylan (2007) bu tezde, yüksek hassasiyete sahip servo motor tahrikli, sıvı ve katıların kaldırma kuvvetini baz alarak ölçüm yapabilen mekanik bir çözüm incelenmiştir. Her yöntemde olduğu gibi bu ölçüm metodunda da seviyesi ölçülen maddenin cinsi ve sıcaklığı, tankın basınçlı veya atmosfere açık oluşu, tankın boyutu ve konumu gibi parametrelere göre değişiklik göstermektedir. Bu uygulama sıvıların ölçümünde yüksek hassasiyet sağlarken katılarda düzgün ve doğru montaj gibi parametrelere özellikle dikkat edilmesi gerektiği görülmüştür.

Mekanik ölçüm metotlarının yanı sıra sıvı teması olmadan sıvı ölçümü yapmakta mümkündür. Sıvıya herhangi bir ölçüm maddesi veya cihazı eklemeden sıvı temassız yapılan ölçümlerin hassasiyeti zamanla kaybolmakta ve hatalı sonuçlar vermektedir. Artan (2020) tarafından yapılan bu çalışmada bu durumun önlenmesi amaçlanmıştır. Ölçüm sistemi tek bir algılayıcıya bağlı kalmadan, ultrasonik, sıcaklık ve nem sensorlerin melez biçimde kullanılmasıyla sıvı seviyesi ölçülmekte, farklı boyut ve şekillerdeki sıvı tanklarına da kolayca uyarlanabilmektedir.

### 3. YAKIT SEVİYE ÖLÇÜM SENSÖRLERİ

Kapasitif seviye sensörleri genellikle radyo frekansı teknolojisini kullanır. Şekil 3.1’de kapasitif seviye sensörlerine ilişkin görsel paylaşılmıştır. Kap içerisindeki sıvının, granüllerin, çimento benzeri malzemelerin seviyesinin tespit edilmesi için kapasitörlerin elektriksel karakteristiklerini kullanır. Giydirilmiş veya çıplak hâldeki elektrot (prob), kapasitörün birinci iletken kısmı olarak tankın içerisine daldırılır. Tankın metal gövdesi ise diğer iletken olarak davranacaktır. Metal olmayan ve plastik tanklarda ise çift elektrotlu sistemler kullanılmalıdır ki ikinci elektrot diğer kapasitör iletkeni görevini görebilsin. Kapasitif seviye sensörü, tank içerisindeki malzemenin sensör probu boyunca hareket etmesi (artması veya azalması) sırasında meydana gelen kapasite değişimini ölçer. Bu kapasite değeri lineer bir ölçüm için de belli bir noktadaki seviye bilgisinin kontak çıkışı olarak elde edilebilmesi için de kullanılabilir (İnverter, 2022) .



Şekil 3.1: Kapasitif seviye sensörü (İnverter, 2022)

Endüktif tip seviye şalterlerinin çalışma prensibi manyetik alan geçirgenliğinin ölçüm yöntemine dayanmaktadır. Şekil 3.2’de endüktif tip seviye sensöreüne ilişkin görsel paylaşılmıştır. Laboratuvar çalışmaları dışında pek görülmez. Tank empedansının değişimini izlemek için pek pratik değildir, büyük miktarlarda enerji gerektirir. Öte yandan, tankın oluşturduğu sistemin sağladığı çalışma frekansının (rezonans frekansı) değişimi ile de en azından şalter olarak ölçüm yapmak mümkündür. Metal detektörlerinin de çalışma prensibi budur. Ancak seviye ölçümünde uygulanabilirliği zayıftır (İnverter, 2022).





**Şekil 3.2:** Endüktif tip seviye şalteri (İnverter, 2022)

Ultrasonik seviye sensörleri, seviyenin tespit edilmesinde ses dalgalarını kullanır. Şekil 3.3’de ultrasonik seviye sensörlerine ilişkin görsel paylaşılmıştır. Tankın üstüne yerleştirilen transduser içerisindeki piezoelektrik kristal, elektriksel sinyalleri belirli bir frekans ve sabit hızla ortam içerisinde dalgasal olarak hareket eden ses enerjisine dönüştürür. Ses dalgaları yayılır ve eko olarak transduserine geri döner. Cihaz, basitçe dalganın yayılmaya başlamasıyla, yüzeyden yansıtılarak geri dönmesi arasında geçen süreyi ölçer. Bu süre, transduser ile seviyesi ölçülmek istenen malzemenin yüzeyi arasındaki uzaklıkla doğru orantılıdır ve malzemenin seviyesinin ölçülmesi için kullanılabilir (İnverter, 2022).

Ultrasonik seviye şalterleri, özellikle düşük viskoziteli sıvıların noktasal seviye ölçümlerinde alternatif bir yöntemdir. Şalterin bir yanında bulunan çevirici kristal ile diğer taraftaki alıcı kristal arasında malzeme olup olmadığı ses dalgalarının iletimi yöntemiyle algılanır. Bu yöntem, ultrasonik prensibe oldukça benzer bir metottür. Radar (Bazen mikrodalga olarak da adlandırılır.) yönteminde, kabın üstüne yerleştirilen sensörden aşağı doğru yönlendirilmiş GHz mertebesinde yüksek frekanslı elektromanyetik dalgalar kullanılır. Gönderilen enerjinin seviyesi ölçülmek istenen sıvı yüzeyinden yansıyan kısmı, sensöre geri döner. Sinyalin gidip gelme süresi (Uçuş süresi olarak da adlandırılır.) seviyenin tespiti için kullanılan büyüklüktür. Non-Invasive olarak adlandırılan radar teknolojisinde herhangi bir tüp veya kablo kullanılmaz. FMCW (Frekans Modüler Sürekli Dalga) ve pulse radar iki farklı non-invasive radar teknolojisidir, invasive radar teknolojisinde dalgaya kılavuzluk edecek

sensörden tankın tabanına kadar uzanan bir kablo veya çubuk kullanılır (İnverter, 2022).



**Şekil 3.3:** Ultrasonik seviye sensörü (Genelektronik, 2022)

Titreşim problemleri ise uçta bulunan piezo-elektrik elemanı kullanarak titreşir. Bu piezo-elektrik eleman belirli bir vibrasyon frekansına set edilmiştir. Probun herhangi bir malzeme ile teması hâlinde, titreşim malzeme tarafından emilir. Vibrasyondaki bu değişim sensör tarafından hissedilir ve röle çıkışına dönüştürülür. Tek çubuklu cihazlar sadece katı malzemelerde kullanılırken çift problu cihazlar hem sıvı hem de katı malzemelerde kullanılabilir. Vibrasyon problemleri tipik olarak deponun üst kısmına veya yan tarafına monte edilir. Elektronik seviye şalterlerinin iki önemli avantajı vardır. Birincisi, farklı malzemeler için herhangi bir kalibrasyona ihtiyaç duymamalarıdır. İkincisi ise bu problemlerin çok düşük yoğunluklu malzemelerde bile sorunsuz çalışabilmeleridir (Ölçme Tekniği, 2021) .

Işık sensörleri basit optik anahtarlama kullanılır. Sensördeki ışık miktarının değişimi, seviyenin bu noktada olduğunu belirtir. Bakım (özellikle temizlik) ihtiyacının fazlalığı nedeniyle seviye ölçümlerinde sık kullanılmaz. Referans ışık değişimine (kirliliğe) duyarsız ölçüm de mümkündür ancak maliyeti oldukça yüksektir. Bu ölçüm metodu seviye ölçümünden çok kirlilik ölçümü uygulamalarında daha kullanışlıdır (Ölçme Tekniği, 2021).

Saydam borular ile seviye ölçümü temelde tanktaki sıvı seviyesini görebilmek için birleşik kaplar prensibi kullanılır. Şekil 3.4’de saydam boru seviye ölçüm sensörüne ilişkin görsel paylaşılmıştır. Tank kenarına monte edilen cam borudaki seviye ile tank içerisindeki malzemenin seviyesi aynı olduğundan seviye, tank

dışarıysından kolaylıkla izlenebilir. Bu yöntemle, sisteme herhangi bir mekanik veya elektronik müdahale olmadığından yalnızca görsel olarak seviye kontrolü yapılabilmektedir (Ölçme Tekniği, 2021).



**Şekil 3.4:** Saydam borular ile seviye ölçümü (Ölçme Tekniği, 2021)

Diyafram ile seviye ölçümü genellikle içerisinde mıknatıs bulunan kolun, malzemenin baskısı ile içerisinde reed kontak veya micro-switch bulunan gövdeye yaklaşması sonucu alınan kontak ile malzemenin seviyesi kontrol edilir. Şamandıra prensibine benzer ancak katı malzemelerin seviye kontrolünde kullanılması avantajlıdır (Ölçme Tekniği, 2021).

## **4. DENEYSEL ve NÜMERİK ÇALIŞMALAR**

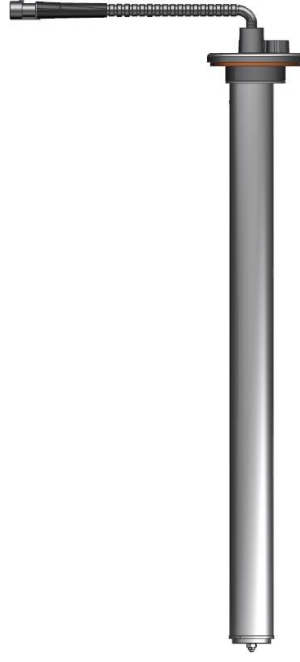
### **4.1 Nümerik Analiz**

Ürün geliştirme sürecinde, hem zamandan tasarruf etmek hem de gereksiz harcamaların önüne geçerek maliyeti minimum düzeyde tutulabilmek için CFD analizine başvurulmaktadır. Bu çalışmada gerçekleştirilen analizde, sıvının kaldırma kuvveti ve hareketi esnasında float parçasının hareketi incelenmiştir. Sıvının belirli zamanlardaki hareketinin float üzerindeki etkisine bağlı olarak analizler gerçekleştirilmiş, deneysel çalışma için gerçekleştirilecek testlerde çalkantı limiti daha düşük seviyede tutulmuştur. Bu durum, uzun süreli gerçekleştirilen deneysel testlerde zaman, enerji, ekipman ve farklı malzeme yatırımı için gerekli maliyet tasarrufu sağlamaktadır.

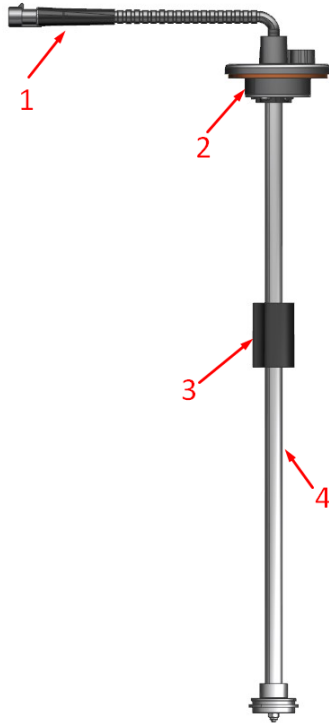
#### **4.1.1 3D CAD Geometrisi Hazırlama**

Analizi yapılacak yakıt seviye ölçüm sensörü, Siemens Unigraphics NX 12 programı kullanılarak bilgisayar ortamında 3D olarak modellenmiştir. Modellenen yakıt seviye ölçüm sensörü Nesan Otomotiv A.Ş. firmasında üretilerek, deneysel analizi yapılacak ürün ile aynı boyutlardadır. 3D modelleme ile deneysel analizde kullanılacak ürünlerin aynı ölçülerde olması, yapılacak simülasyonun daha yakın sonuçlar vermesini sağlayacaktır.

Modellenen yakıt seviye ölçüm sensörünün 3D görüntüsü Şekil 4.1’de gösterilmektedir. Analizi yapılacak yakıt seviye ölçüm sensörünün genel olarak kabuk kısımları aynı kullanılacaktır. Şekil 4.2’de yakıt seviye ölçüm sensörünün, sıvı seviye ölçümünü gerçekleştiren bölümleri gösterilmiştir.



**Şekil 4.1:** Yakıt seviye ölçüm senörü 3D görüntüsü



**Şekil 4.2:** Yakıt seviye ölçüm sensör bölgelerinin 3D modellemesi

(1-Bağlantı Soketi 2-Sensör Kafası 3-Float 4-Elektronik Kart Montaj Borusu)

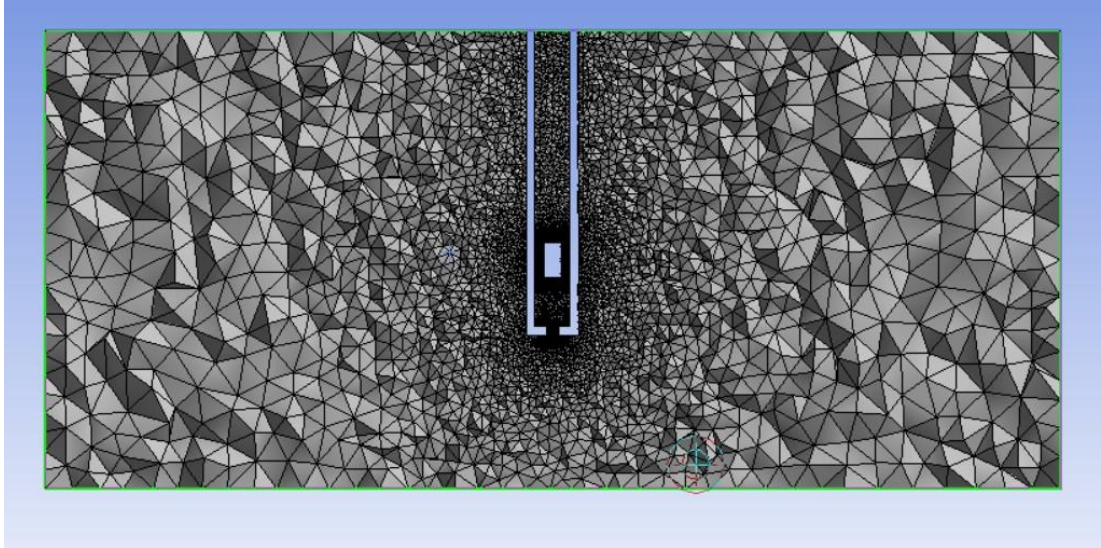
#### **4.1.2 Analiz Modellemesi**

3D modellemesi gerçekleştirilen yakıt seviye ölçüm sensörünün analizinde sadece hareketli olan parçanın çalkantı anında seviye ölçümüne etkisi analiz edilmektedir. Diğer geri kalan kısımlar yakıt deposu üzerinde sabit bir konumda ve sadece float parçasının elektronik kart üzerinde hareketinde rol oynadığı için ölçüm belirsizliğine doğrudan etkileri yoktur. Bu durumda analizin daha az elemanla gerçekleştirilmesi, hem doğru sonuca daha yakın değerler bulmamıza, hem de gereksiz zaman kaybı yaşanmasına engel olacaktır.

Analiz, Ansys Workbench R17.2 programı kullanılarak bilgisayar ortamında gerçekleştirilmiştir. Analizi gerçekleştirmek için yakıt seviye ölçüm sensörünün araç üzerindeki davranışları baz alınarak simülasyon kurgulanmıştır. Araç üzerine bağlanan yakıt seviye ölçüm sensörünün çalkantı anında float parçasının sıvı içerisinde hareketine bağlı olarak ölçüm belirsizliğini görmek için gerekli olan çalkantı efekti uygulanmıştır.

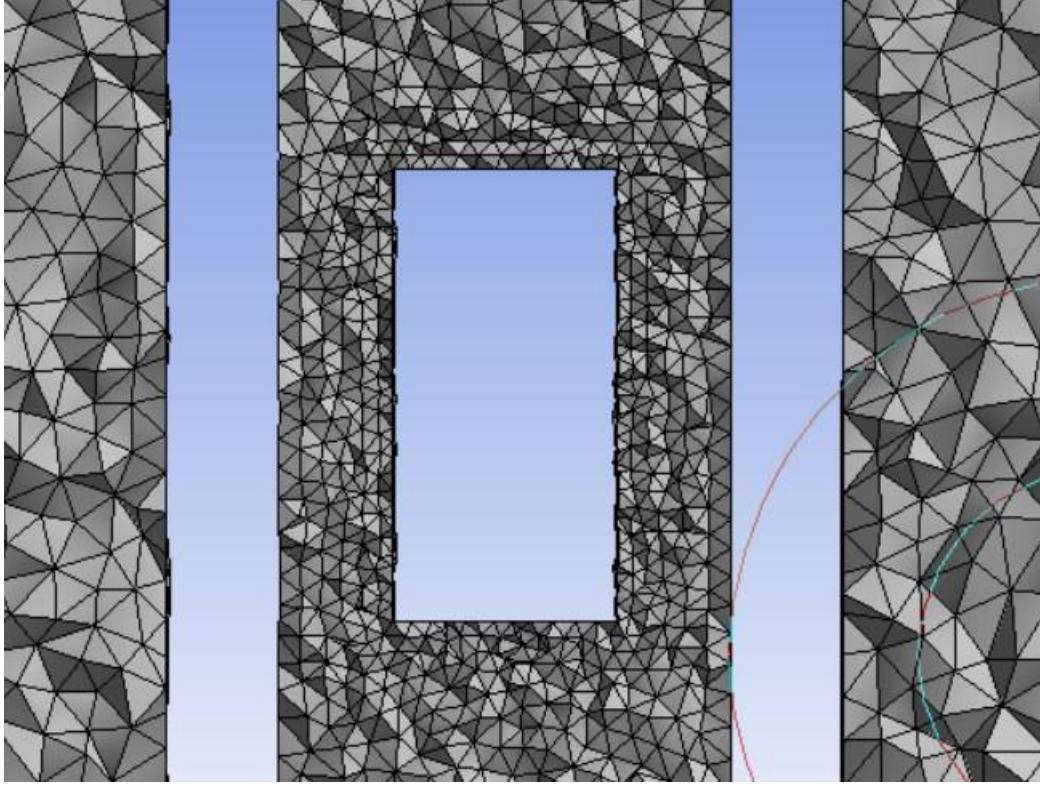
#### **4.1.3 Mesh Yapısı ve Sınır Şartlarının Belirlenmesi**

İmport edilen 3D modele mesh işlemi uygulanır. Mesh işlemi, geometri ve sınır şartları değiştirilmeden farklı versiyonlarda gerçekleştirilir. Geometrinin ne kadar çok sıklıkla dokunması yani mesh yoğunluğu, yapılacak analizin daha doğru sonuçlar vermesini sağlamaktadır. Aynı zamanda mesh yoğunluğunun artmasıyla, yapılacak analizin süresi de artmaktadır. Bunun için en uygun mesh yoğunluğunun belirlenmesi gerekmektedir. Sıvı içerisinde hareket edecek float bölge için özel meshleme yapılmıştır. Dinamik meshleme sırasında resolution oranlarının düşük olması Ansys User Guide üzerinde önerilmektedir. Ayrıca mesh yapısının dinamik meshleme için üçgen olması yine aynı raporda belirtilmiştir. Şekil 4.3'te uygulanan mesh yapısı gösterilmektedir.



**Şekil 4.3:** Mesh yapısı

Fiziksel olayın modellenmesinde Zou S. ve arkadaşının yaptığı çalışmadan yararlanılmıştır. Ana hacim bölgesinde ayarlanan Numerical Beach bölgeler bu çalışmada önerilmiştir. Bu çalışmadan esinlenerek dalğanın devam ettiği hacim sayısal tabaka olarak ayarlanmıştır. Free surface bölgesi 3 mm pozitif bölgeden seçilmiştir. Dalğanın boyu ise 12 mm pozitif Y yönünde seçildi. Dalğanın X eksenindeki boyu 240 mm olarak seçilmiş ve sürekli bir döngü içerisinde hareket sağlanmıştır. Zhang X. Ve arkadaşları şamandıraların fiziksel modellemeleri ve enerji elde edilmesi üzerine çalışmışlardır. Bu çalışmada dinamik meshleme kriterlerini ve kayar bölgede bulunmayan bölgede meshleme üzerine bilgiler sunmuşlardır. 6 DOF özelliği ile şamandıra ve duvarlar rijit bir cisim olarak düşünülmüştür. Bu rijitlik ile sınırlar birbirleriyle temas durumunda genel hareket denklemlerini kullanarak kuvvet analizleri ve kuvvete bağlı olarak hareket analizleri yapılmaktadır. Ayrıca dinamik meshleme sırasında 6 DOF özelliği ile ilgili bilgiler vermişlerdir. Kayar bölge meshlemesinde daha sıkı bir ağ kullanılması önerilmiştir. Bu önerme neticesinde yakıt seviye ölçüm sensörünün yakın bölgelerinde meshleme 0,5mm aralıklarla ve büyüme oranı ise 1,1 olarak seçilmiştir. Şekil 4.4'te yakıt seviye ölçüm sensörünün yakın bölgelerindeki mesh yapısı görülmektedir.



**Şekil 4.4:** Yakıt seviye ölçüm sensör bölgesi



#### 4.1.4 Malzeme Modelleri Tanımlama

Üretimi yapılan yakıt seviye ölçüm sensörü, yakıt seviye ölçümünde kullanılan float parçasının sıvı içerisinde serbest halde bulunan ve depo içerisinde kullanılan yakıt ile uyumlu ile çalışabilen ve aynı zamanda mekanik özelliklerini karşılayabilir yapıda olmalıdır. Yapılan araştırmalar ve tedarikçi görüşmeleri sonucunda uygun float malzemesi belirlenmiştir. Şekil 4.2’de gösterilen yakıt seviye ölçüm sensör float için tanımlanan malzeme bilgileri tablo 4.1’de paylaşılan tablodaki gibidir.

**Tablo 4. 1:** Float malzeme bilgisi

<b>PA 6 - TP 4208</b>			
<b>Özellik</b>	<b>Birim</b>	<b>Ayrıntı</b>	<b>Not</b>
<b>Bağlı Viskozite</b>	-	2,45±0,05	96% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , 25°C
<b>Nem Miktarı</b>	ppm	<1000	
<b>Extractable</b>	%	<0,6	
<b>Amino uç grubu</b>	meq/kg	44±3	
<b>Yoğunluk</b>	g/cm <sup>3</sup>	1,12~1,15	
<b>Hacimsel Yoğunluk</b>	kg/m <sup>3</sup>	ca.650	
<b>Erime Noktası</b>	°C	220~225	
<b>MVR</b>	cm <sup>3</sup> /10min	70~80	235°C/5,0 kg

<b>Özellik</b>	<b>ASTM</b>	<b>Birim</b>	<b>Ayrıntı</b>	<b>Not</b>
<b>Bağlı Viskozite</b>	-	-	2,45±0,05	96% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , 25°C
<b>Akmada Sınırdaki Gerilme Direnci</b>	D-638	Mpa	76	
<b>Akma Sınırdaki Uzama Gerilimi</b>	D-638	%	82	
<b>IZOD Darbe Dayanımı (1/4 inç)</b>	D-256	J/M	50	
<b>Eğilme Dayanımı</b>	D-790	Mpa	122	
<b>Eğilme Modülü</b>	D-790	Mpa	3401	
<b>Erime Noktası</b>	-	°C	220	
<b>Erime İndeksi</b>	D-1238	cm <sup>3</sup> /10min	82	
<b>Isıl Eğilme Sıcaklığı (264 psi)</b>	D-648	°C	73,1	

Analizde kullanılan float malzeme, üretici firmanın belirlediği yapısal değerler kullanılarak tanımlanmıştır. Tanımlanan malzeme dosyası Ansys kütüphanesine aktarılarak analiz gerçekleştirilmiştir.

## 4.2 Deneysel Çalışma

### 4.2.1 Test Numunesinin Hazırlanması

Test gerçekleştirilmeden önce, yakıt seviye ölçüm sensörü araç üzerine montaj edilebilecek şekline getirilerek son ürün olarak yakıt deposuna bağlanmıştır. Yakıt seviye ölçüm sensöründe kullanılan sensör kafası silikon kalıplama yöntemi ile ABS muadili poliüretan malzemesinden üretilmiştir. Üretilen sensör kafası şekil 4.5'te gösterilmiştir. Yakıt seviye sensörünü oluşturan diğer yarı mamüller ise Nesan otomotiv A.Ş tarafından sağlanmıştır. Montajı yapılmış yakıt seviye ölçüm sensörü şekil 4.6'da gösterilmiştir.



Şekil 4.5: Silikon kalıplama sensör kafası



**Şekil 4.6:** Montajlı yakıt seviye sensörü

Yakıt seviye ölçüm sensöründe kullanılan elektronik kart, direnç çıkışlı olup yakıt seviyesine bağlı olarak okunan direnç değerine göre araç içerisindeki yakıt seviye gösterge paneline depodaki kalan yakıt miktarını gösterir. Hazırlanan yakıt seviye ölçüm sensörünün depo içerisindeki yakıt yüksekliğine karşılık gelen direnç değerleri tablo 4.2’de gösterilmiştir.

**Tablo 4.2:** Elektronik kart direnç tablosu

H(mm)	439	418	397	376	355	334	313	292	271
R(Ohm)	180	166,01	152,02	138,02	124,03	110,04	94,04	78,04	62,04

H(mm)	250	229	208	187	166	145	124	103	82
R(Ohm)	46,05	30,05	14,05	8,49	7,59	6,69	5,8	4,90	4

Yapılan ilk tasarım çalışmalarında seviye ölçüm float parçası yakıt seviye ölçüm sensörü üzerinde korumasız bir şekilde direkt sıvı ile temaslı olacak şekilde tasarlanmıştır. Çalkantı durumunda sıvı içerisinde yüzen float parçasının çok fazla yukarı/aşağı yönlü hareket edebileceği düşünülerek yakıt seviye ölçüm sensörünün etrafına bir koruma tasarlanmıştır. Korumalı tip yakıt seviye ölçüm sensörü şekil 4.7'de paylaşılmıştır. Float parçasının sıvı içerisinde hareketinin rahat bir şekilde gözlemlenebilmesi için koruma boru malzemesi pleksiglas tercih edilmiştir. İki tip yakıt seviye ölçüm sensörü test edilerek aralarındaki ölçüm farkları kıyaslanmıştır.

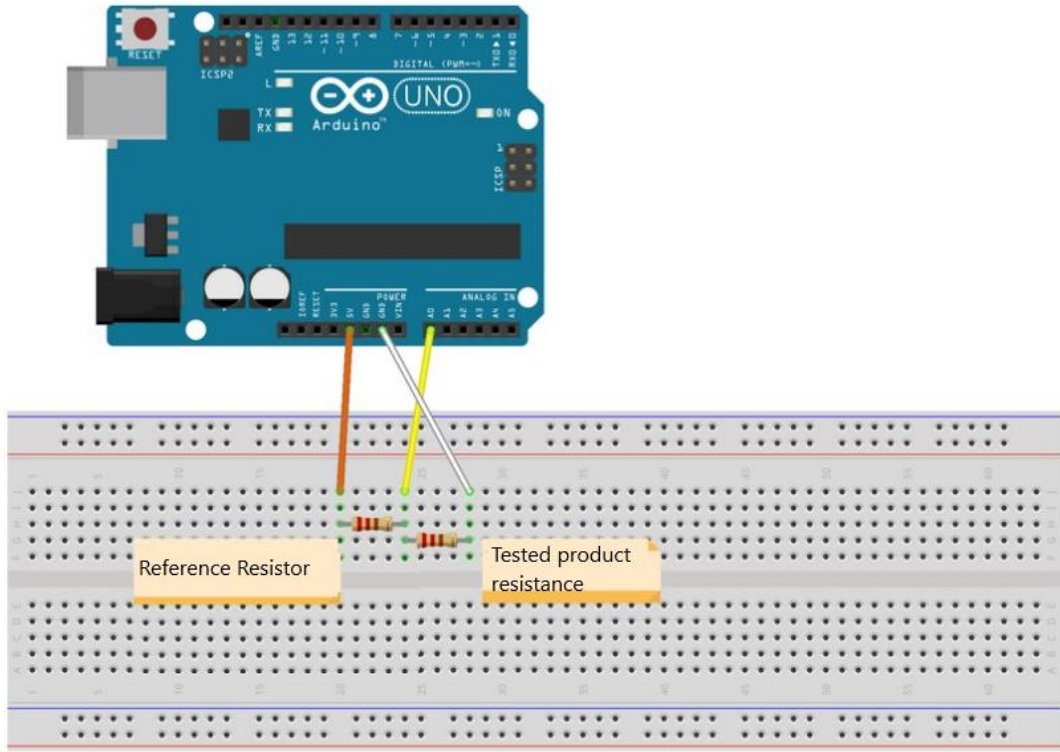


**Şekil 4.7:** Korumalı tip yakıt seviye sensörü

#### 4.2.2 Test Ekipmanı

Test ekipmanı, yakıt seviye ölçüm sensörünün araç üzerindeki çalışmasını gösterecek şekilde Nesan Otomotiv A.Ş. tarafından yakıt deposu tedarik edilmiş ve çalkantı efektini gözlemleyebileceğimiz test ekipmanı imalatı gerçekleştirilmiştir. Test ekipmanı, araç üzerindeki meydana gelebilecek olan çalkantıyı sağlayarak, oluşabilecek ölçüm belirsizliğini gözlemlememizi sağlamıştır. İnsan faktöründen arındırılarak tam otomatik olarak çalışan test ekipmanı, üzerinde bulunan sigortalar ve emniyet valfleri ile olası bir kaza durumunda kendiliğinden devre dışı kalmaktadır.

Test ekipmanı, genel hatlarıyla dört ana kısımdan oluşmaktadır. Birinci kısım, yakıt seviye ölçüm sensörünün bağlantısının yapıldığı yakıt deposudur. İkinci kısım, yakıt deposunun x-ekseninde çalkantı efektini yapmasını sağlayan kızaklı mekanizmadır. Üçüncü kısım, çalkantı efektini kontrol ettiğimiz ve çalkantı şiddetini belirlediğimiz kontrol panelidir. Dördüncü kısım ise, yakıt seviye sensörünün yakıt deposu içerisinde çalkantı esnasında oluşan sıvı yüksekliğinin yakıt ölçümünü sağlayan float parçasının hareketini kontrol ettiğimiz, float parçasının hareketine bağlı olarak oluşan direnç değerlerini kontrol edebildiğimiz arduino ve arduino kartı. Arduino kartına yazılan program ve devre şeması şekil 4.8’de gösterilmiştir. Yazılan bu programla depo içerisinde yakıt seviye ölçüm sensörü üzerinde bulunan float parçasının çalkantı anında hareketine bağlı olarak oluşan direnç değişimleri gözlemlenmiştir. Direnç değerlerinin değişkenliği yakıt seviye göstergesindeki ölçüm belirsizliğini göstermektedir. Ürün testlerinin gerçekleştirildiği test ekipmanı ise Şekil 4.9’da görülmektedir.



```

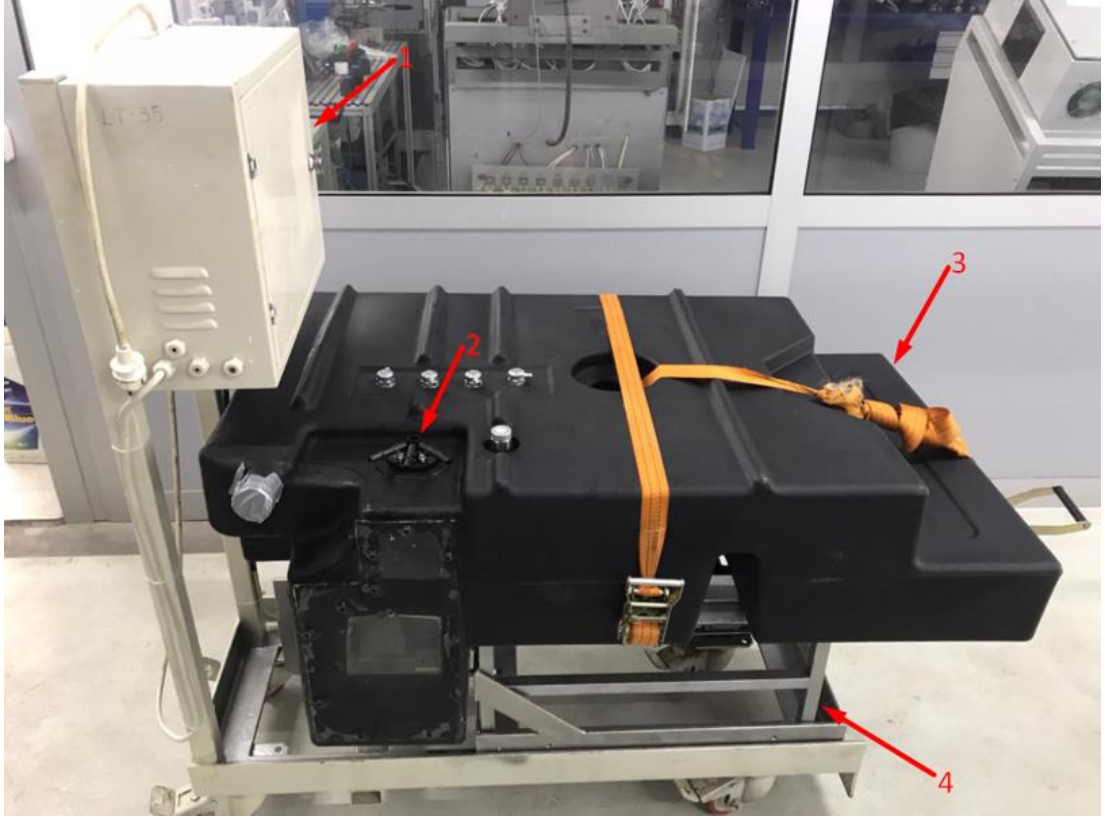
arduino_ohmmeter$
const int sensorPin = A0; // Analog input pin that senses Vout
int sensorValue = 0;      // sensorPin default value
float Vin = 5;           // Input voltage
float Vout = 0;          // Vout default value
float Rref = 988;        // Reference resistor's value.
float R = 0;             // Tested resistors default value

void setup ()
{
  Serial.begin(9600);    // Initialize serial communications at 9600 bps
}

void loop ()
{
  sensorValue = analogRead(sensorPin); // Read Vout on analog input pin A0 (Arduino can sense from 0-1023, 1023 is 5V)
  Vout = (Vin * sensorValue) / 1023;   // Convert Vout to volts
  R = Rref * (1 / ((Vin / Vout) - 1)); // Formula to calculate tested resistor's value
  Serial.print("R: ");
  Serial.println(R);           // Give calculated resistance in Serial Monitor
  delay(100);                 // Delay in milliseconds between reads
}

```

Şekil 4.8 Arduino kart devre şeması ve yazılan program



**Şekil 4.9:** Test ekipmanı

(1-Hız gösterge paneli 2-Yakıt seviye ölçüm sensörü 3-Yakıt deposu 4-Kızaklı mekanizma)

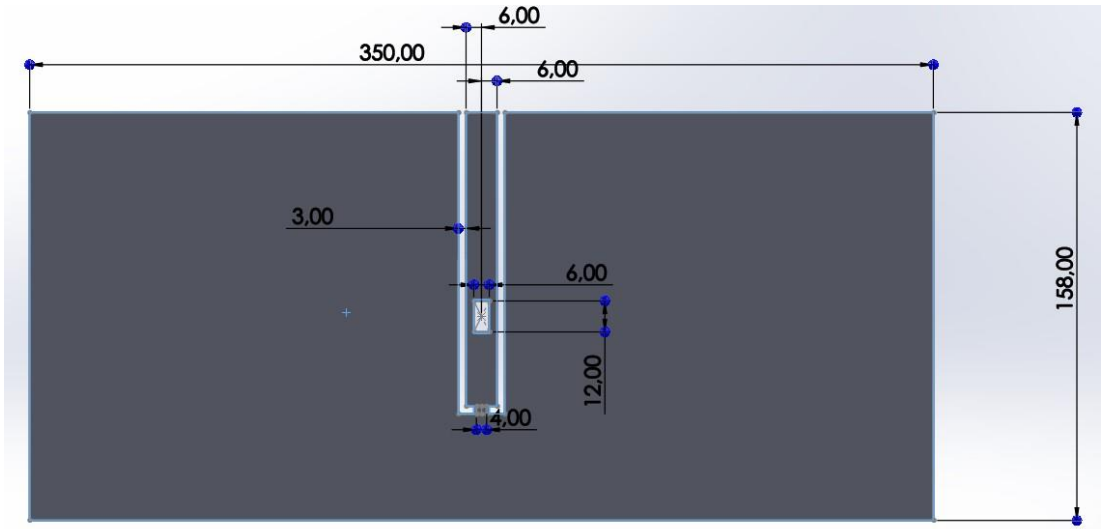
#### **4.2.2.1 Yöntem**

Temel prensipte, max ve min üretim toleransı ve geometrisi matematiksel model olarak bilinen araç üstü tanklarda, tanka yerleştirilen sıvı ile teması bulunan şamandıralı yakıt ölçüm sisteminin ivmelenmeyle birlikte oluşan çalkantı ve buna bağlı olarak seviye ölçüm şamandırasının yukarı/aşağı yönlü hareketinin ve çalkantı sonucu yakıt seviyesinin ölçümün hassasiyeti incelenmiştir.

## 5. BULGULAR

### 5.1 Nümerik Bulgular

Temsili olarak Şekil 5.1’de paylaşılan ölçülerde bir model kullanılmıştır. Float parçasının merkezinden geçen elektronik kartın bağlı olduğu boruyu kullanmak yerine serbestlik derecesini Y ekseninde sağlayarak floatın dışından geçen koruma borusunun görevi sağlanmıştır.



Şekil 5.1: Analizde kullanılan model ölçüleri

Genişlik olarak her iki yöne merkezden 40 mm kalınlık verilmiştir. Üstü ve alt bölüm duvar bileşeni olarak ayarlanmıştır. Çalkantı sırasında oluşacak dalga oluşumunun çıkışı için sabit basınç altında (101325 Pa) çıkış sınır koşulları ayarlanmıştır. Her iki tarafa açılan bölgeler için ise simetri özelliği ile daha fazla hacmin hesaba katılması engellenmiş oldu.

Şamandıraya ait kaldırma kuvveti;

$$hxd\rho = mxg \quad (5.1)$$

$$hxd = m$$

Bu bilgilere göre şamandıranın batma yüzdesi ve üzerine etkileyecek kuvvetlerden eşdeğer kaldırma kuvvetinin hesaplaması sağlanmıştır.



h: sıvıya batan bölgenin yüksekliği (m)

$\rho$ : sıvının yoğunluğu ( $\text{kg/m}^3$ )

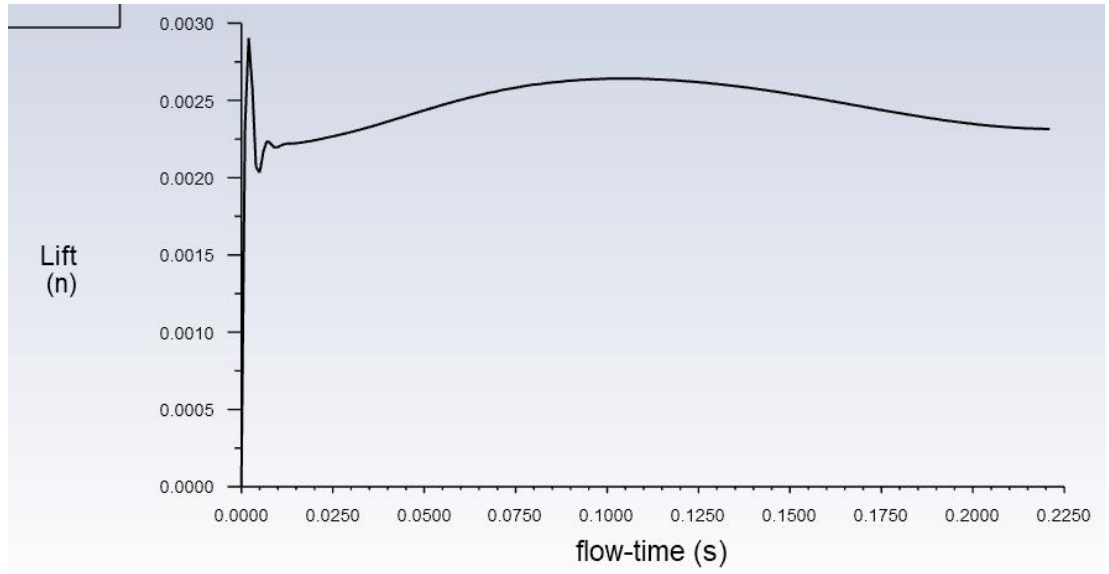
g: yerçekimi ivmesi ( $\text{m/s}^2$ )

m: kütle (kg) olarak karşımıza çıkmaktadır.

Şamandıranın kütlesi 0,0001 kg ve yerçekimi ivmesi 9,816 olarak alındığında, şamandıra için kuvvet hesaplaması;

$$F = 0,00025 * 9,816 = 2,4525e^{-3} \quad (5.2)$$

olarak bulunur. Ansys fluent programında toplam kaldırma kuvveti Şekil 5.2’de gösterilmiştir.



Şekil 5.2: Ansys fluent toplam kaldırma kuvveti

Brar G. Ve arkadaşı yaptıkları çalışmada deneysel veriler ile belli bir ivme altında tank içerisinde çalkalanma hareketini incelemişlerdir[7]. Bu incelemeler neticesinde CFD analiz ile karşılaştırmışlar ve doğruluk değerlerini belirtmişlerdir. Bu yapılan araştırma neticesinde hareket ve ivmelenme modeline ait veriler ve matematiksel işlemlerden yararlanılmıştır. Matematiksel model sinüzoidal fonksiyon ile belli bir mesafe tanımlı ve bu matematiksel terimin birinci ve ikinci mertebeden türeviyle hız ve ivme formülleri türetilmiştir.

$$Mesafe(x) = 0,05x\sin(2\pi t) \quad (m) \quad (5.3)$$

bu denklemin zamana göre birincil türevi;

$$hız(x) = 0,05x2\pi\cos(2\pi t) \quad \left(\frac{m}{s}\right) \quad (5.4)$$

bu denklemin zamana göre türevi;

$$ivme(x) = -0,05x(2\pi)^2x\sin(2\pi t) \left(\frac{m}{s^2}\right) \quad (5.5)$$

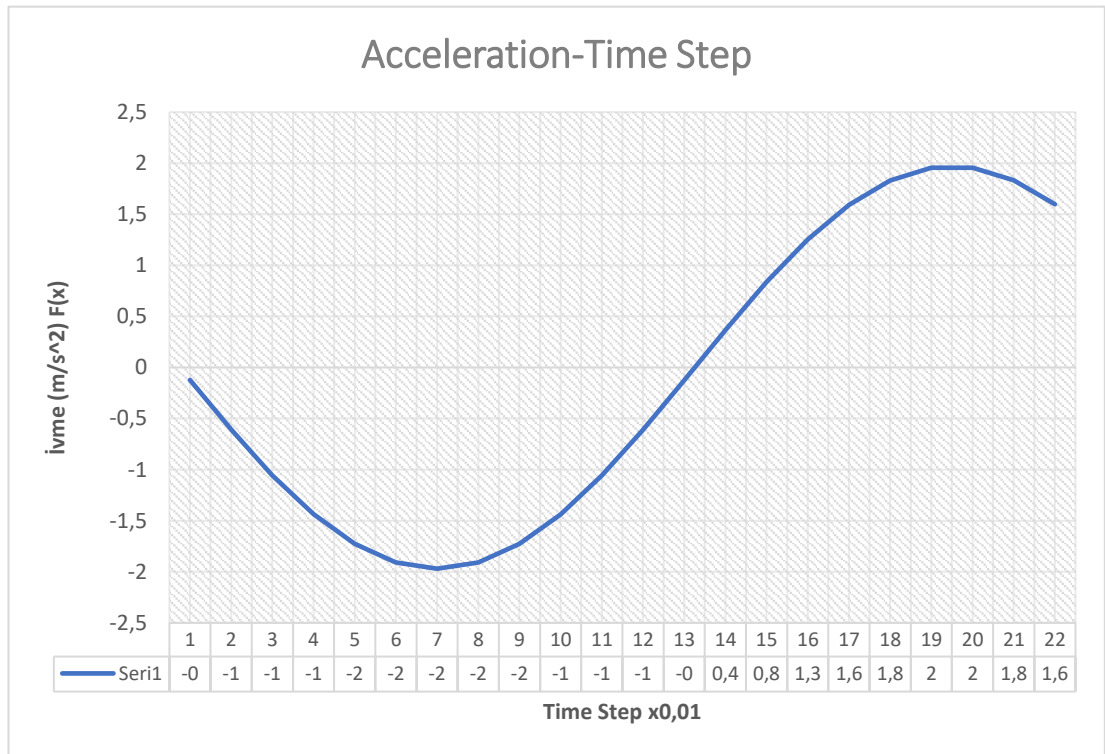
Nihai durum için 50 mm salınım için bu çalışmada öne sürülen modele ait hesaplamalar göz önüne alınırsa x yönünde olacak olan sinüzoidal formül aşağıdaki gibi olmaktadır. Yerçekimi ivmesi bu çalışmada hesap edilmiş şamandıranın yoğunluktan dolayı su seviyesinde kalması düşünülmüştür. Yer çekimi ivmesi sabit kabul edilmiştir.

$$ivme(x) = -1,97x\sin(6,28t) \left(\frac{m}{s^2}\right) \quad (5.6)$$

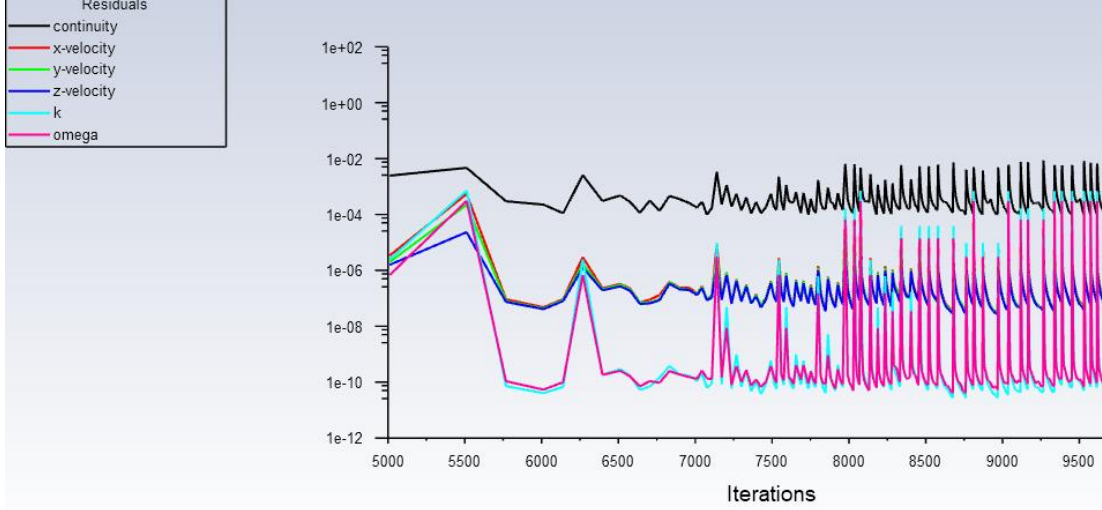
olarak bulunur.

$$ivme(y) = 9,80665 \left(\frac{m}{s^2}\right) \quad (5.7)$$

Godderidge B. Ve arkadaşları yaptıkları çalışmada yatay bir tankın içerisindeki akışkanın CFD modellemesi üzerine çalışmışlardır. Bu multi-fazlı modele üzerine belirlenen ivmeler uygulanmış ve değişimleri gözlemişlerdir [7]. Çalışmalarında paylaştıkları grafik Şekil 5.3'de paylaşılmıştır. Bu modelde kütle ve ısı alışverişi kabul edilmiş ancak 6 serbestlik ölçütünde hareket eden bir referans bölgesi bulunmamaktadır. Gerekli değişkenlerin matematiksel formülleri halleri belirtilmiştir. Önerilen viskoz ve yoğunluk değerleri bu çalışmada kullanmışlardır.



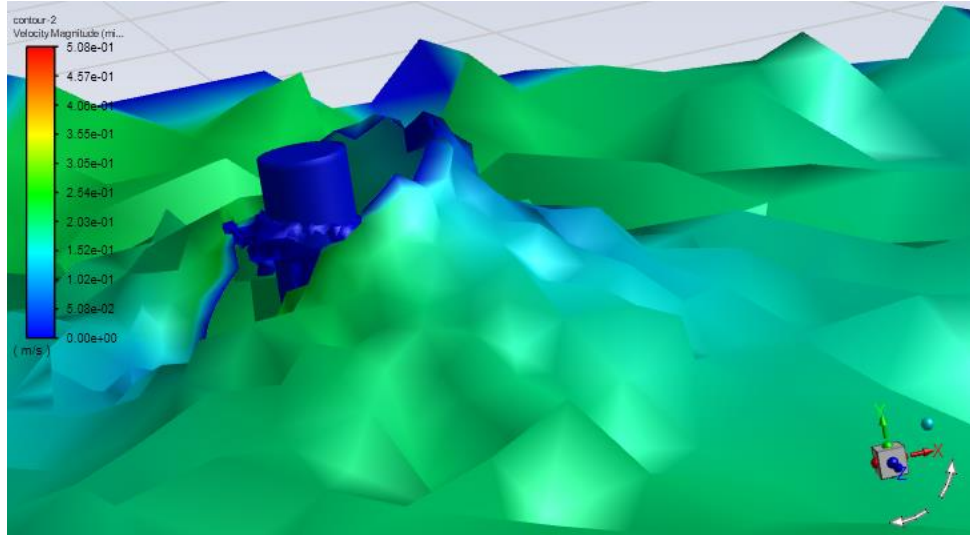
**Şekil 5.3:** İvme / Zaman grafiği

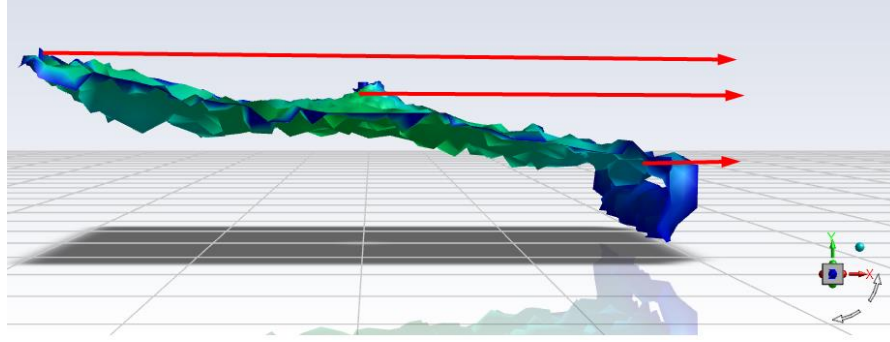


Şekil 5.4: Süreklilik denklem kalıntı değer grafiği

Analiz modelinin süreklilik denklemleri kalıntı değerleri Şekil 5.4’de paylaşılmıştır. Bu analizde kritik kalıntı sınırı olarak  $1e^{-4}$  olarak belirlenmiş ve 600. İterasyondan sonra dalgalanma yakınsamalar görülmektedir. Ayrıca 600. iterasyondan sonra şamandıra bölgesine ulaştığı için bu iterasyon noktasında zaman adımı 0,001 olarak devam edilmiştir.

Şekil 5.5’te dalga oluşumu ve dalganın şamandıra bölgesinden geçtikten sonraki durumu görülmektedir. Şamandıranın bulunduğu yüzey dalgalanmalardan daha az etkilenmektedir.





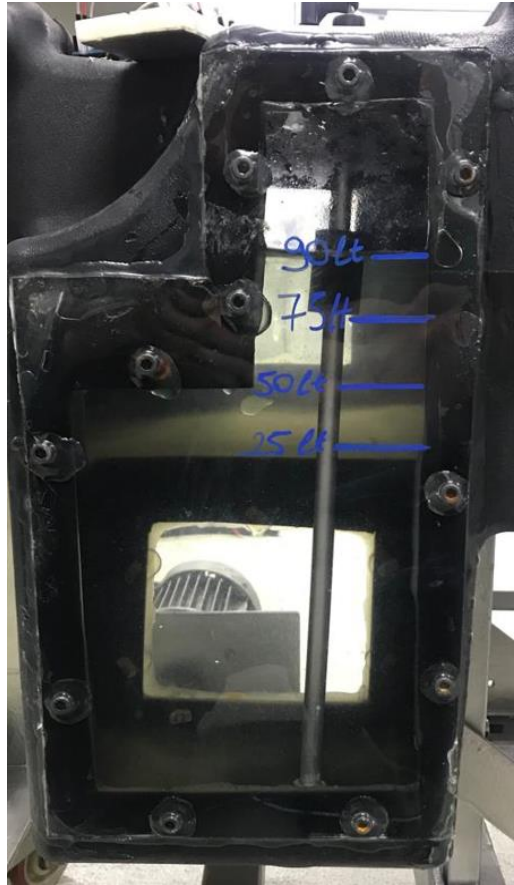
Şekil 5.5: Çalkantı anında şamandıra bölgesi

## 5.2 Deneysel Bulgular

Yakıt seviye ölçüm sensörünün testleri, deneysel yöntem bölümünde anlatılan yüksek akım ömür test cihazında gerçekleştirilmiştir. Yakıt seviye ölçüm sensörü kızaklı mekanizma üzerine bağlı yakıt deposuna montajlanmıştır. Aracın hareketine bağlı olarak (yokuş, iniş/çıkış, engebeli arazi ve ani yavaşlama) yakıt deposunda oluşabilecek çalkantı şiddetleri yansıtılarak gerçek sonuçların alınması hedeflenmiştir.

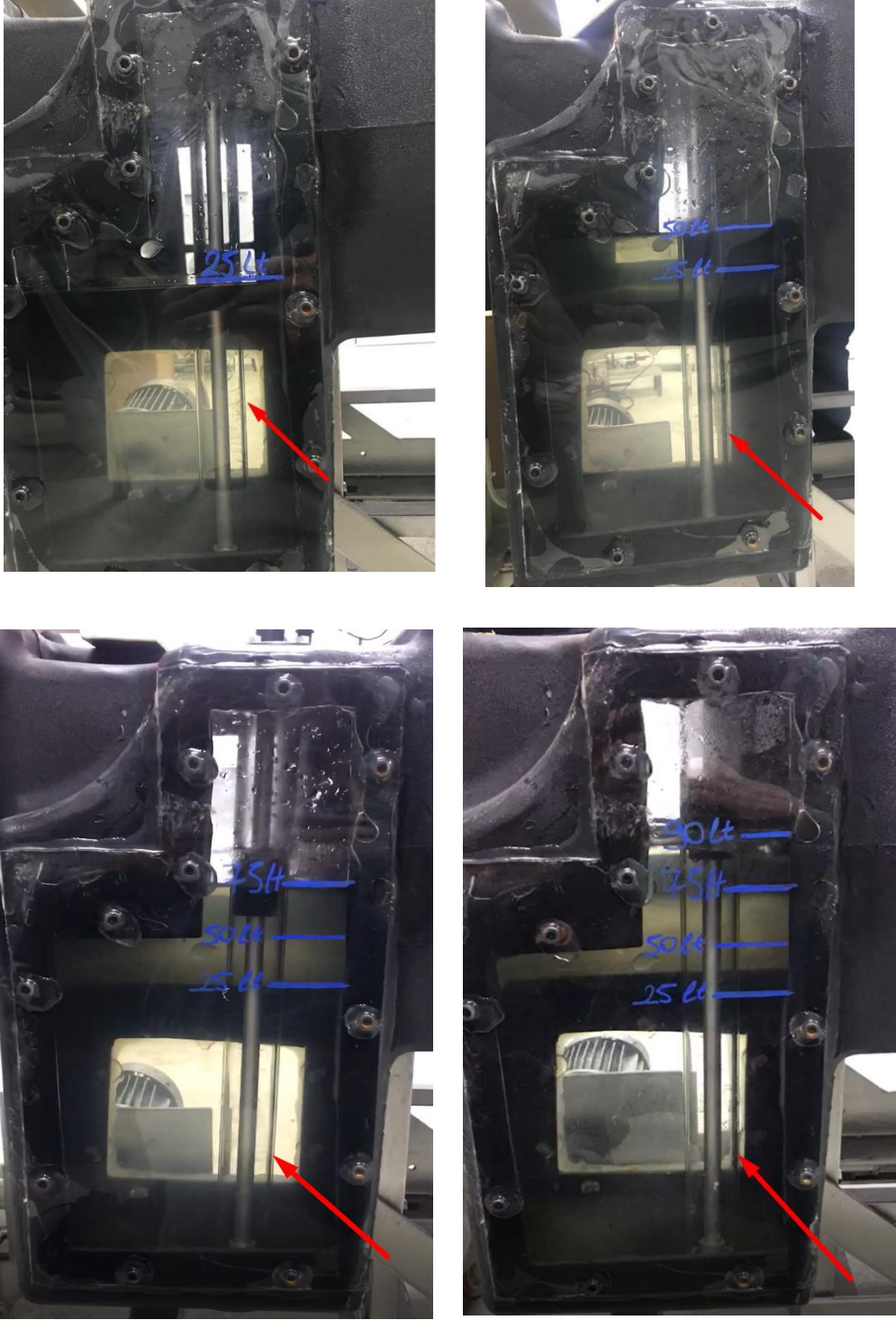
Teste bağlanan yakıt deposunun hacmi yaklaşık olarak 190 litredir. Depo içerisine kademeli olarak 25, 50, 75 ve 90 litre sıvı koyularak 10, 20 ve 25 Rpm hızlarında yakıt seviye ölçümünü gerçekleştiren float parçasının hareketi gözlemlenmiştir. Float parçasının hareketine bağlı olarak değişen direnç değerleri arduino ile kontrol edilmiştir. Yakıt deposu içerisindeki sıvı yüksekliklerinin ve devir hızlarının olduğu görseller şekil 5.5'te gösterilmiştir. Test, floatın direkt sıvı ile temaslı olduğu ve etrafına koruma parçası eklenerek iki şekilde de test gerçekleştirilmiş ve iki durum arasındaki fark kıyaslanmıştır.





Şekil 5.6: Depo hacimleri ve hız göstergesi

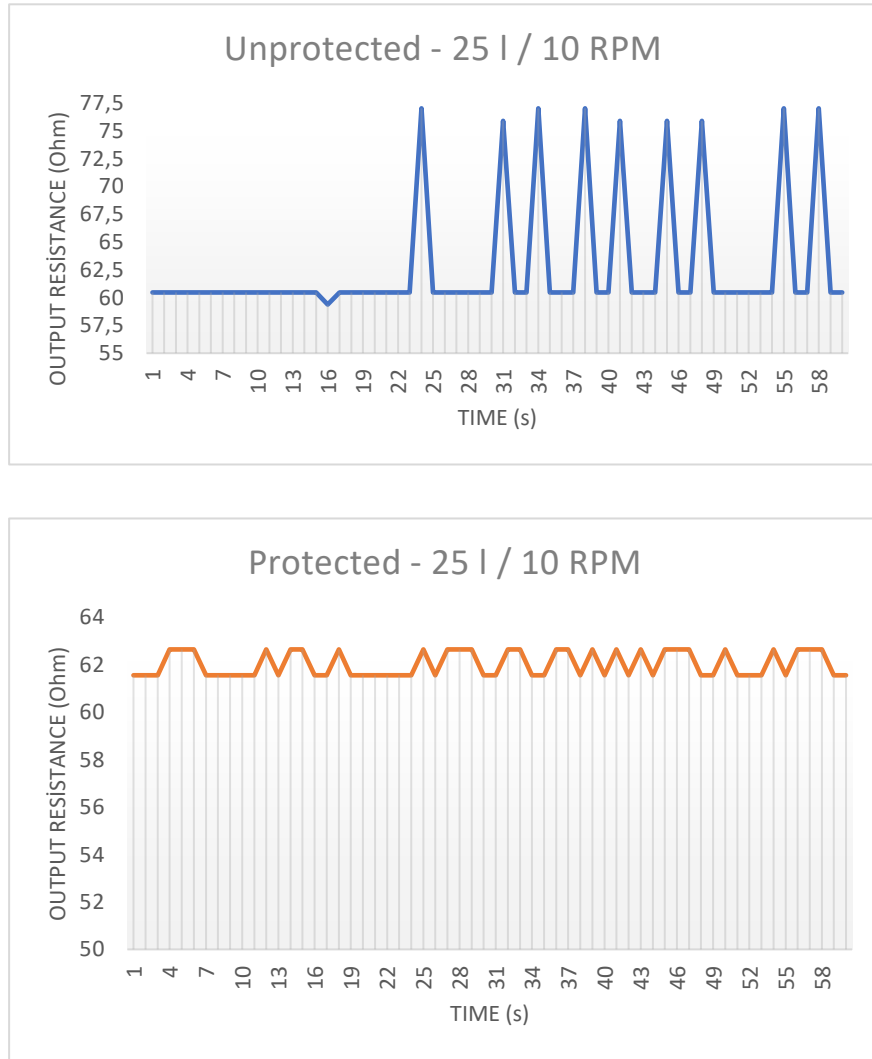
Koruma parçası takıldıktan sonra yakıt seviye göstergesinin depo içerisindeki görseli şekil 5.6'da gösterilmiştir.



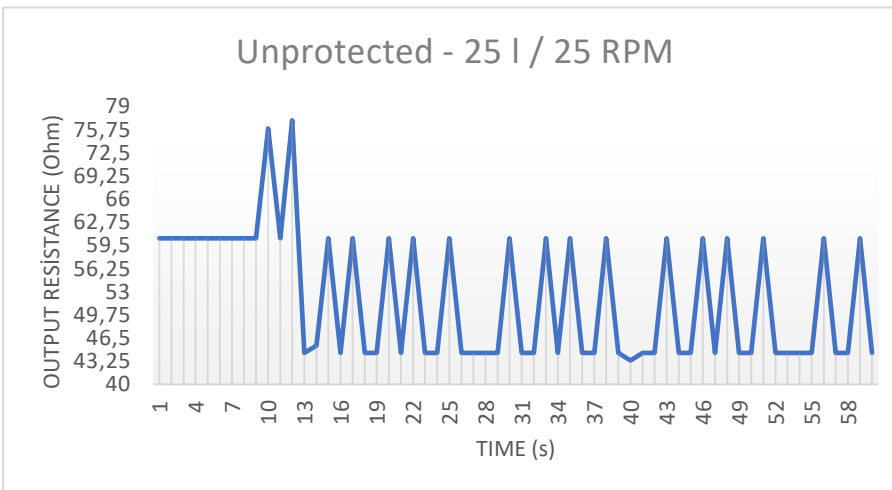
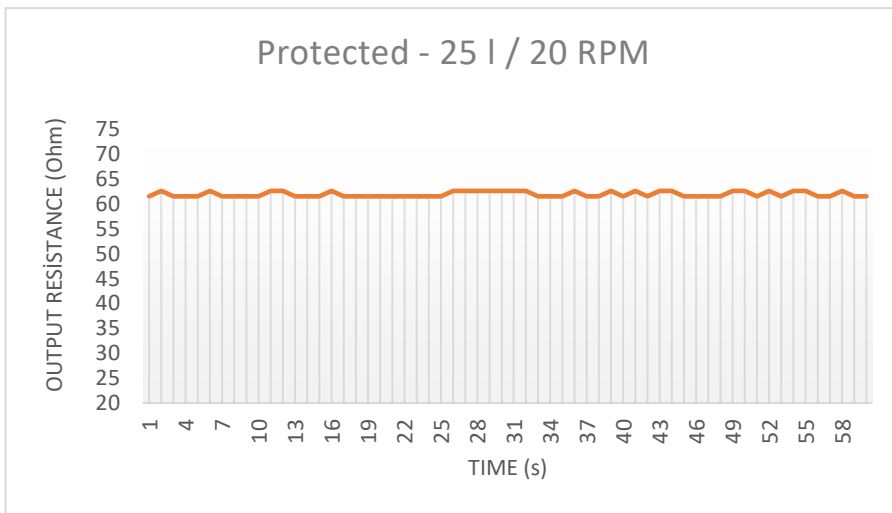
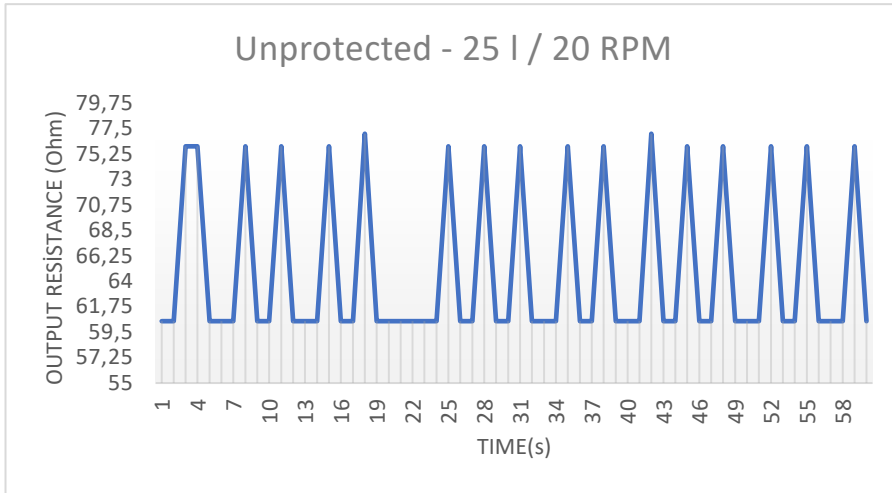
Şekil 5. 7: Korumalı yakıt seviye sensörü

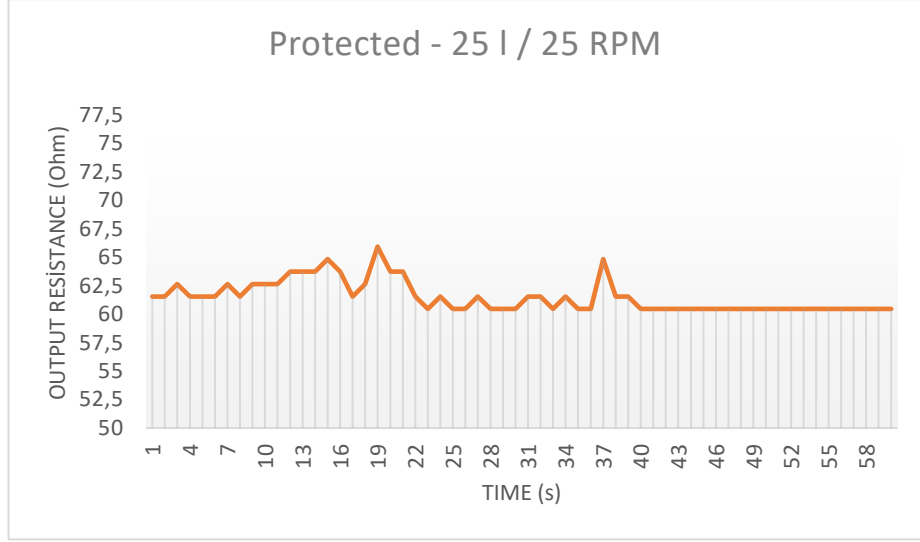
## 6. DENEYSEL SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Testler, yakıt seviye ölçüm sensörüne bağlı float parçası serbest halde direkt sıvı ile temaslı olacak şekilde ve floatın dışına koruma parçası geçirilerek iki şekilde gerçekleştirilmiştir. Depo içerisine sırayla 25, 50, 75 ve 90 litre yakıt koyularak korumalı ve korumasız iki tip yakıt seviye ölçüm sensörü aynı koşullarda ve aynı çalkantı etkilerinde test edilmiştir. Çalkantı sırasında float parçasının hareketine bağlı olarak direnç değişimi arduino ile kayıt altına alınmıştır. Her bir kombinasyon 1'er dakika test edilmiştir. Çıkış direnç değerleri bilgisayar ortamına aktarılarak iki tip yakıt seviye sensörü arasındaki ölçüm farklılıklarını gözlemlenmiştir. 25 litre sıvı ile 10, 20 ve 25 RPM hızda gerçekleştirilmiş korumalı ve korumasız tip yakıt seviye ölçüm sensörü çıktıları Şekil 6.1' de gösterilmiştir.









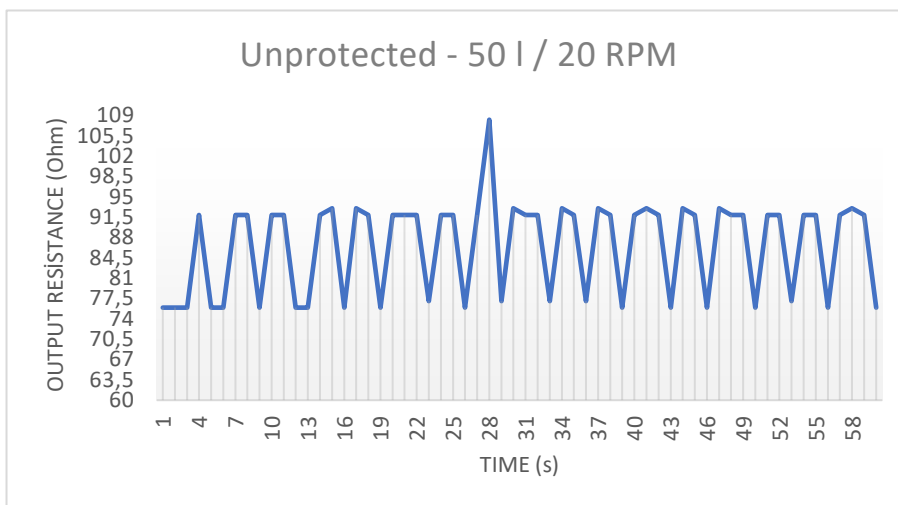
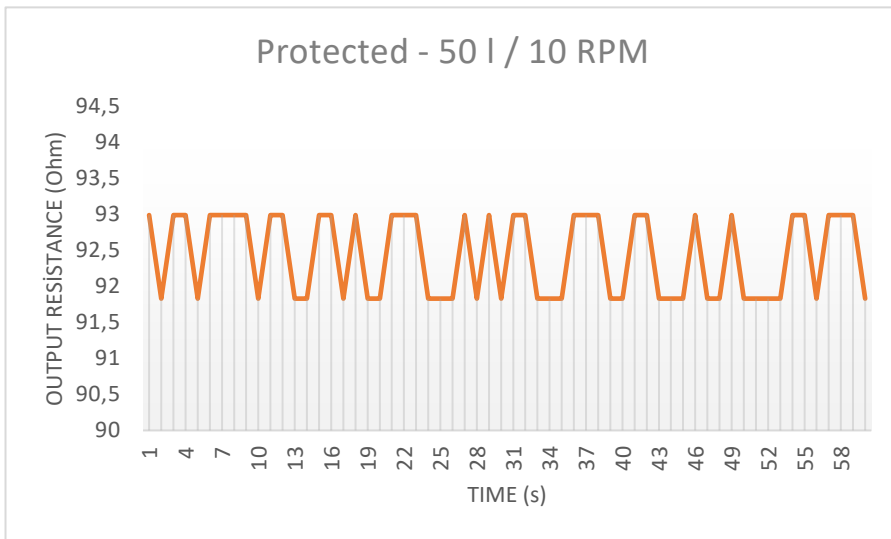
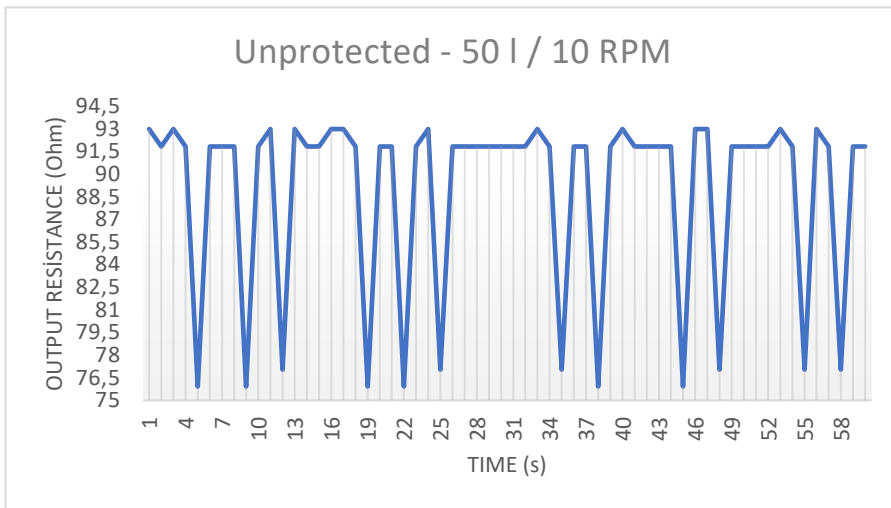
**Şekil 6.1:** 25 l sıvı ile zamana ve hıza bağlı karşılaştırmalı grafikler

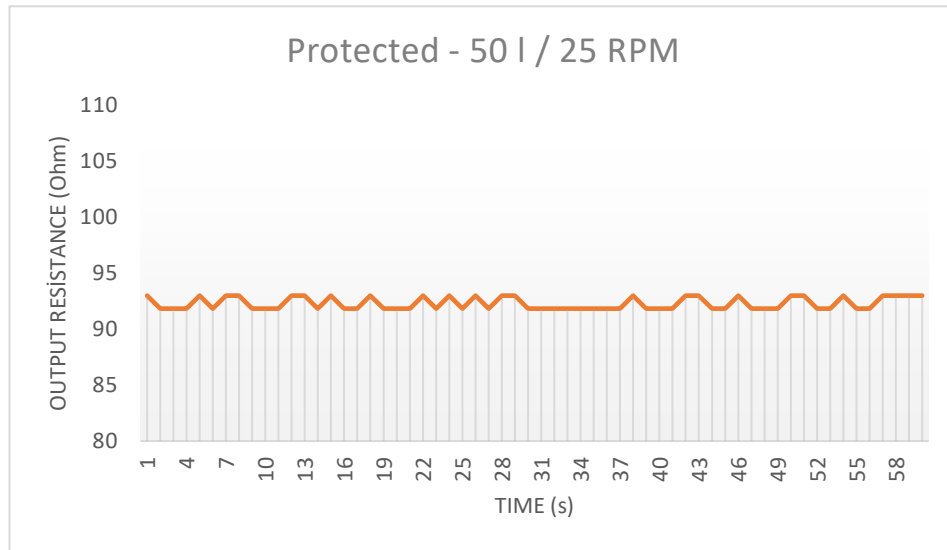
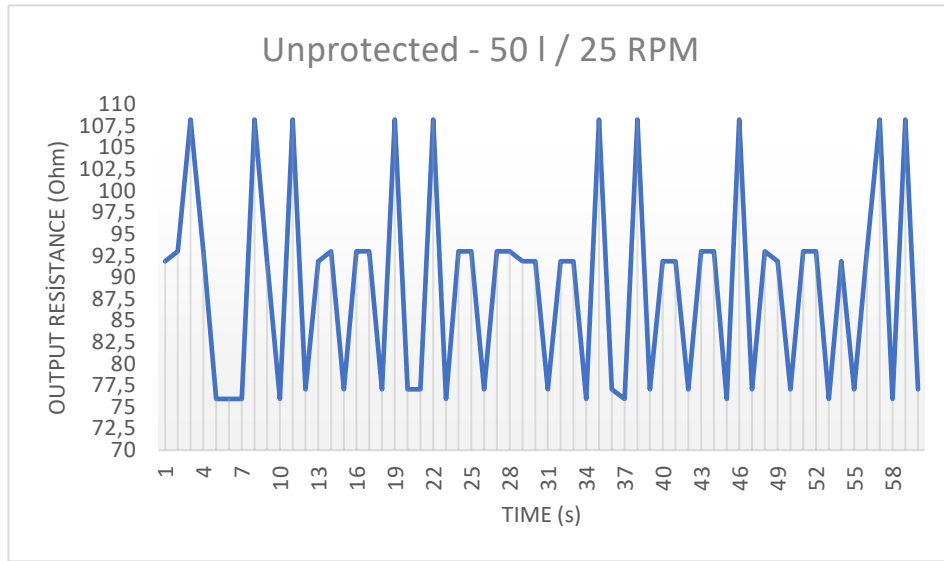
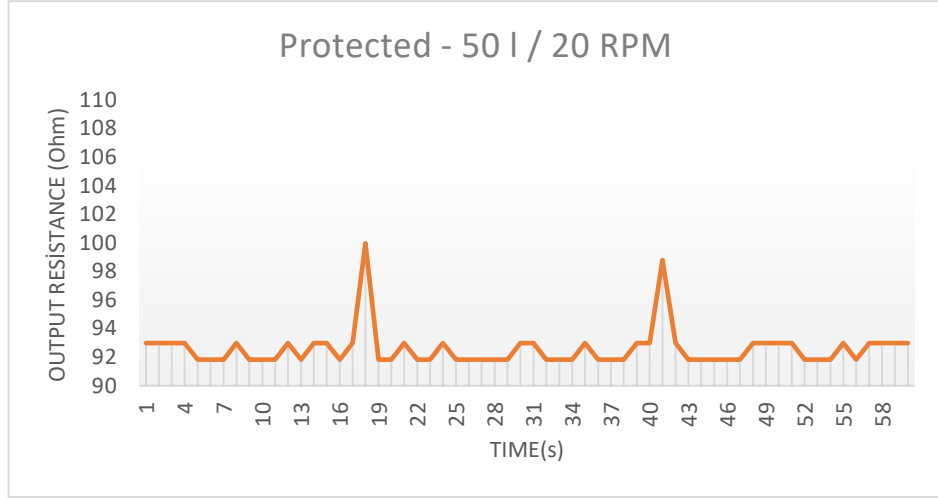
Şekil 6.1’de paylaşılan grafikler incelendiğinde korumasız yakıt seviye ölçüm sensöründeki direnç değişiminin korumalı versiyona göre daha fazla olduğu görülmüştür. 25 litre yakıt için paylaşılan grafiklerdeki minimum ve maksimum direnç değerleri tablo 6.1’de gösterilmiştir.

**Tablo 6.1:** 25 l sıvı için min. ve max. çıkış dirençleri

	Min. (Ohm)	Max. (Ohm)
Unprotected / 10 RPM	59,38	77,04
Protected / 10 RPM	61,56	62,62
Unprotected / 20 RPM	60,47	77,04
Protected / 20 RPM	61,56	62,65
Unprotected / 25 RPM	43,35	77,04
Protected / 25 RPM	60,47	65,94

Sıvı seviyesi bir kademe daha artırılarak 50 litreye ayarlanmıştır. 25 litre sıvı ile gerçekleştirilen test tekrarlanarak hacim ile birlikte meydana gelen ölçüm belirsizliği ve değişkenlik yorumlanmıştır. Şekil 6.2’de 50 litre sıvı ile yapılan korumalı ve korumasız tip yakıt seviye ölçüm sensörüne ilişkin çıkış direnç değerleri gösterilmiştir.





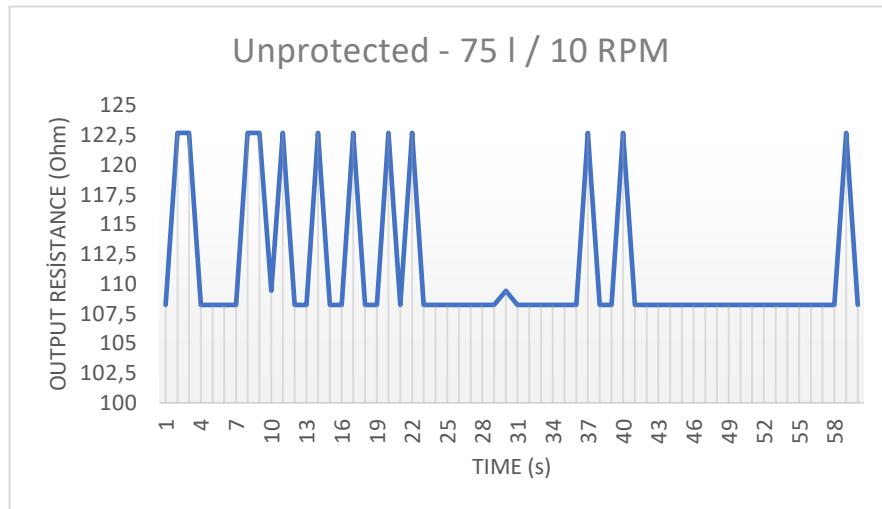
Şekil 6.2: 50 l sıvı ile zamana ve hıza bağlı karşılaştırmalı grafikler

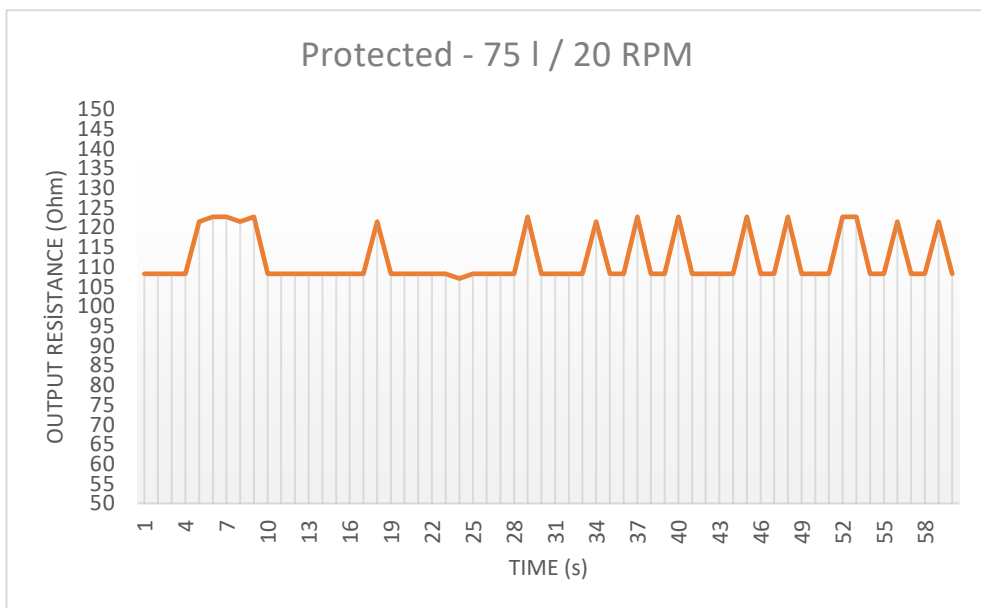
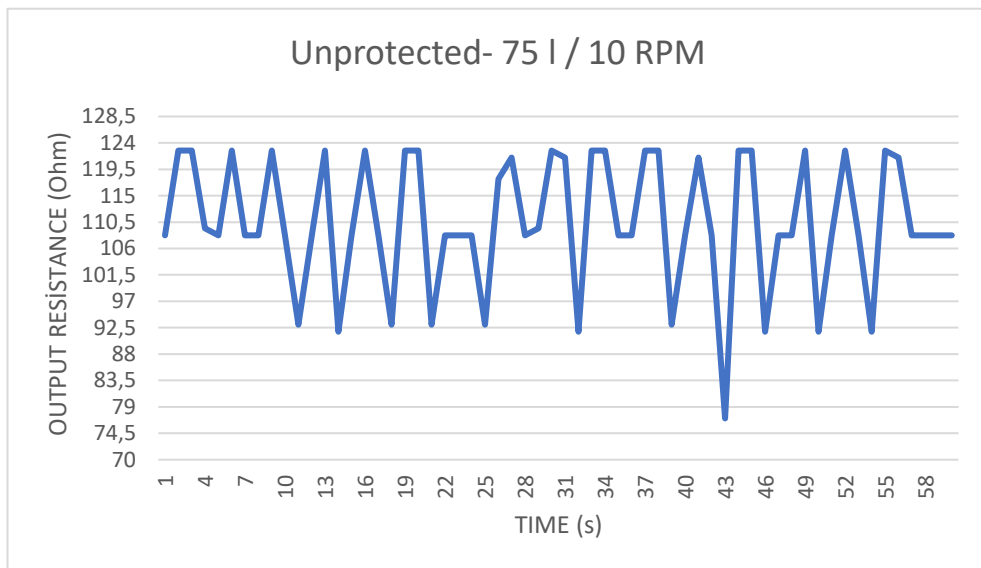
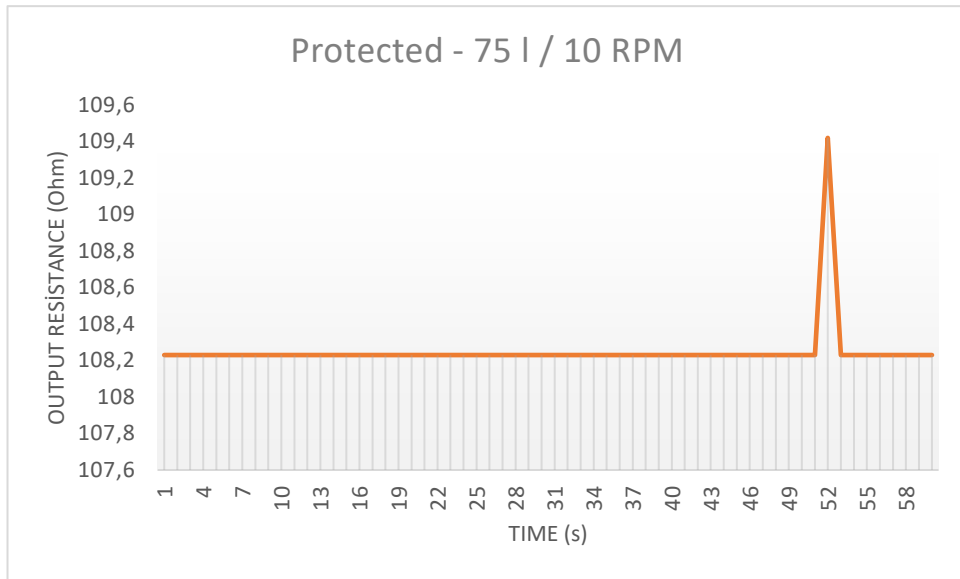
Sıvı yüksekliği ile birlikte float parçası doğru orantılı olarak yükselmektedir. Buna bağlı olarak çıkış direnç değerleri de seviye ile birlikte yükselmektedir. Tablo 6.2’de, 50 litre yakıt için paylaşılan grafiklerdeki minimum ve maksimum direnç değerleri gösterilmiştir. Tablodan ve grafiklerde de gözüktüğü üzere korumalı yakıt seviye ölçüm sensöründe ölçüm belirsizliği korumasız tip yakıt seviye ölçüm sensörüne göre daha stabildir.

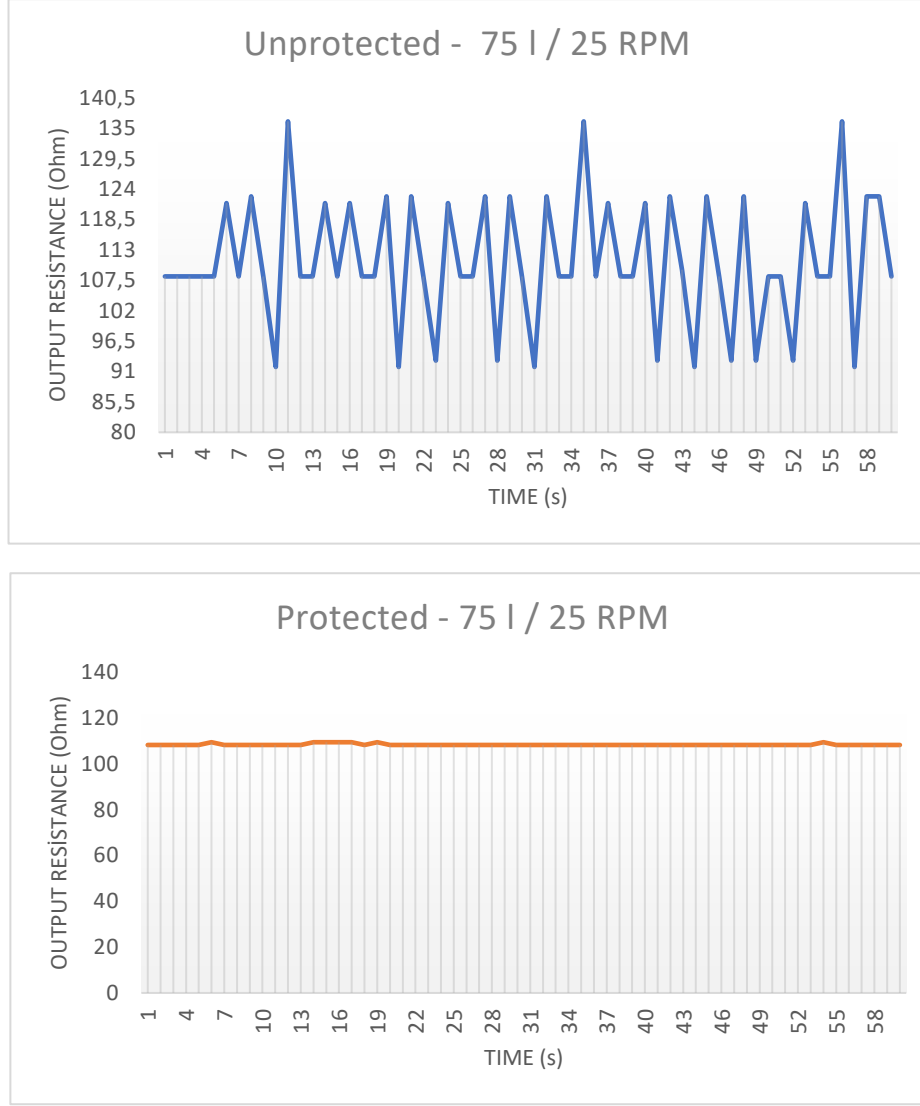
**Tablo 6.2:** 50 l sıvı için min. ve max. çıkış dirençleri

	Min. (Ohm)	Max. (Ohm)
Unprotected / 10 RPM	75,92	92,99
Protected / 10 RPM	91,83	92,99
Unprotected / 20 RPM	75,92	108,23
Protected / 20 RPM	91,83	99,97
Unprotected / 25 RPM	75,92	108,23
Protected / 25 RPM	91,83	92,99

Sıvı yüksekliği bir kademe daha arttırılarak yapılan ölçümlerin karalılıkları incelenmek istenmiştir. Sıvı hacmi 75 litreye çıkartılarak 25 ve 50 litre de yapılan testler birebir uygulanmış ve korumalı tip yakıt seviye sensörü ile korumasız tip yakıt seviye sensörü ölçüm sonuçları kıyaslanmıştır. Şekil 6.3’de 75 litre sıvı ile yapılan korumalı ve korumasız tip yakıt seviye ölçüm sensörüne ilişkin çıkış direnç değerleri gösterilmiştir.







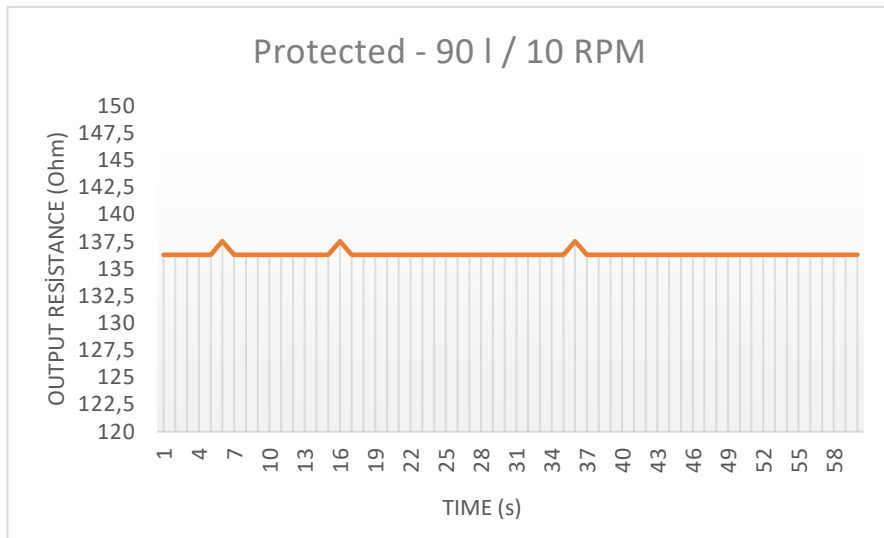
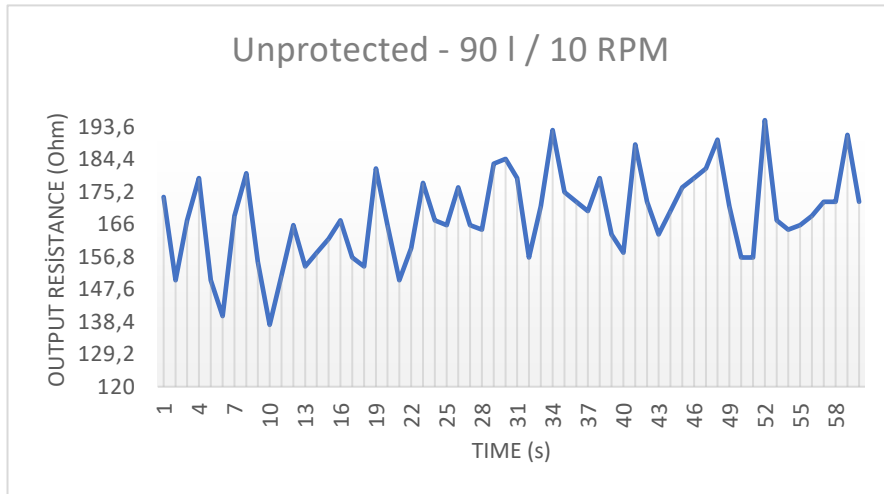
**Şekil 6.3:** 75 l sıvı ile zamana ve hıza bağlı karşılaştırmalı grafikler

Sıvı seviye yüksekliği arttıkça korumalı tip yakıt seviye ölçüm sensöründeki ölçüm kararlılığında değişiklik olmadığı görülmüştür. Tablo 6.3’de, 75 litre yakıt için paylaşılan grafiklerdeki minimum ve maksimum direnç değerleri gösterilmiştir. Tabloda da gözüktüğü üzere korumalı tip yakıt seviye sensörü min. ve mak. direnç değerleri arasındaki fark korumasız versiyona göre daha azdır. Bu da korumalı tipin ölçüm konusunda kararlılığını göstermektedir.

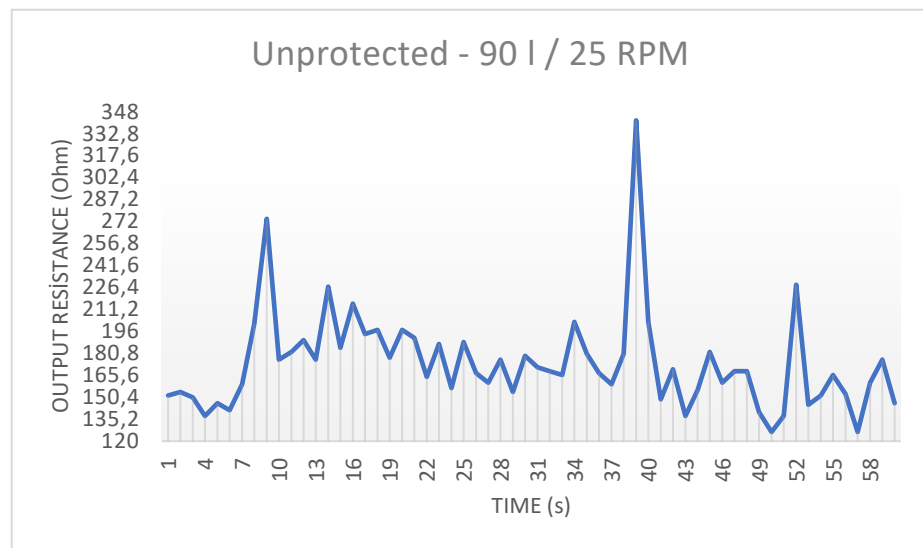
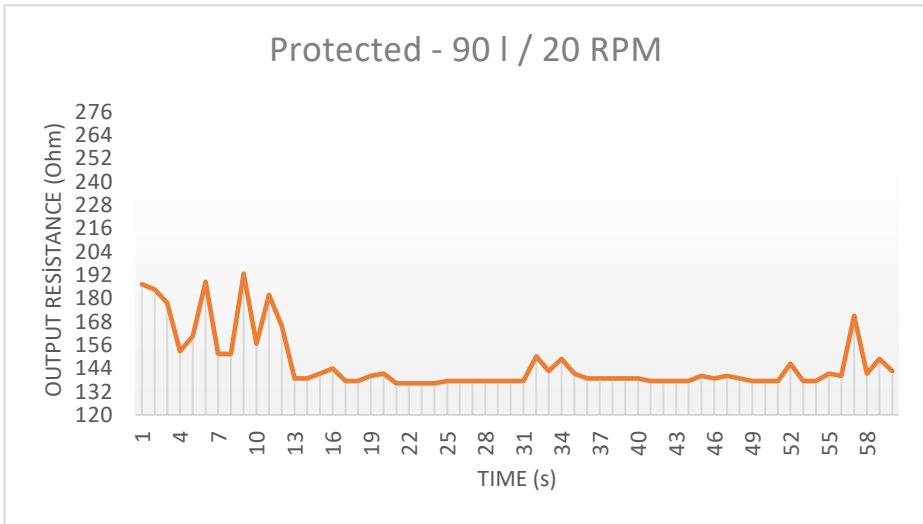
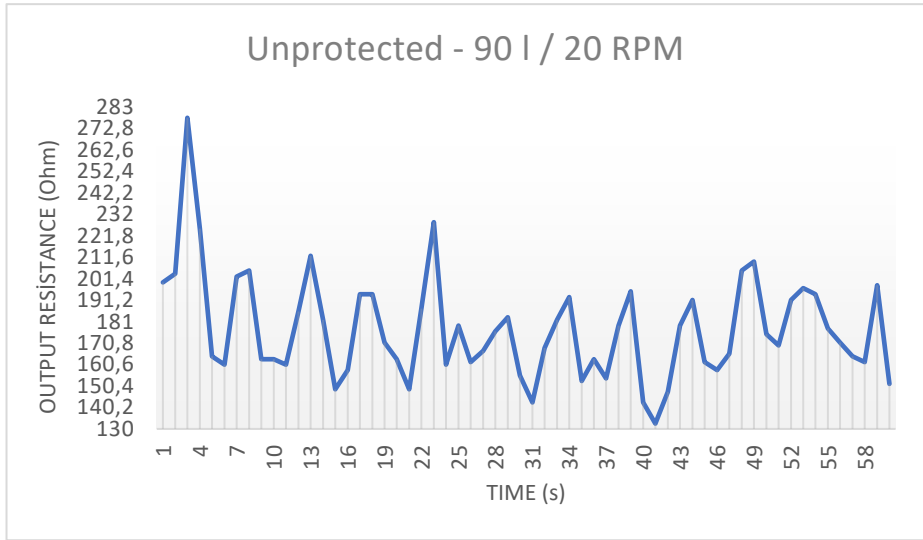
**Tablo 6.3:** 75 l sıvı için min. ve max. çıkış dirençleri

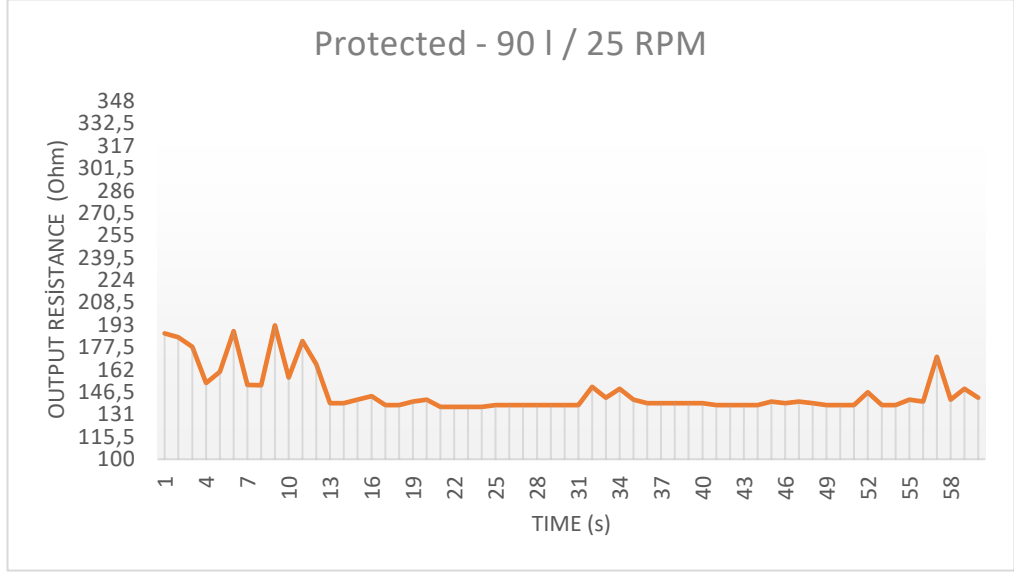
	Min. (Ohm)	Max. (Ohm)
Unprotected / 10 RPM	108,23	122,69
Protected / 10 RPM	108,23	109,42
Unprotected / 20 RPM	77,04	122,69
Protected / 20 RPM	107,04	122,69
Unprotected / 25 RPM	91,83	136,28
Protected / 25 RPM	108,23	109,42

Son olarak sıvı seviyesi 90 litreye getirilerek 25,50 ve 75 litre de yapılan testler birebir uygulanmış. Bütün seviyelerde testler aynı koşullarda gerçekleştirilmiştir. Şekil 6.4'de 90 litre sıvı ile yapılan korumalı ve korumasız tip yakıt seviye ölçüm sensörüne ilişkin çıkış direnç değerleri gösterilmiştir.









**Şekil 6.4:** 90 l sıvı ile zamana ve hıza bağlı karşılaştırmalı grafikler

Tablo 6.4’de, 90 litre yakıt için paylaşılan grafiklerdeki minimum ve maksimum direnç değerleri gösterilmiştir.

**Tablo 6.4:** 90 l sıvı için min. ve max. çıkış dirençleri

	Min. (Ohm)	Max. (Ohm)
Unprotected / 10 RPM	137,53	195,52
Protected / 10 RPM	136,28	137,53
Unprotected / 20 RPM	132,54	278
Protected / 20 RPM	136,28	192,75
Unprotected / 25 RPM	126,36	341,9
Protected / 25 RPM	137,53	223,9

Yapılan testler sonucunda seviye ölçüm float parçasının yakıt seviye ölçüm sensörü üzerinde korumasız bir şekilde tasarlanması sonucunda yakıt tankında oluşan çalkantılardan çok fazla etkilendiği gözlemlenmiştir. Özellikle tank geometrisi asimetric yapıları olan modellerde çalkantı seviyesinin çok fazla olduğu, aracın ani ivmelenmesinde tank içi yakıt sıvısının bir şok etkisi ile float parçasına vurduğu gözlemlenmiştir. Bu gibi durumlarda floatın çok fazla yukarı/aşağı yönlü hareket ettiği ve buna bağlı olarak da seviye ölçümünde hassasiyetini kaybettiği ve hatalı ölçümler yaparak araç ECU’suna yanlış seviye bilgisini gönderdiği analiz ve tasarım ortamlarında tespit edilmiştir. Bu hatalı bilgiler araç ECU’sunda kullanıcıya hatalı

yakıt seviye gösterimi bilgisini vermekle birlikte, seviye göstergesindeki ibrenin de sürekli aşağı/yukarı hareket etmesine sebep olacaktır. Bu hata modu araç ECU'sundaki yazılım üzerinde "delay" fonksiyonu kullanılarak bir gecikme yaratılabilir. Bu durumda şamandıra üzerinden sürekli bir veri alınarak değil "delay" süresi kadar ara ara ölçüm yapılır. Bu yöntem sayesinde float parçasının hareketleri bir miktar da olsa sağırlandırılabilir. Ancak bu yöntemle de yapılan sağırlandırma tekniğinde de şamandıra, bazı durumlarda araç ECU'suna yine hatalı seviye ölçüm bilgisini verebilir. Çünkü ölçüm sıklığı ne kadar seyrek de yapılırsa, aşırı çalkantılı durumlarda floatın yukarı/aşağı hareketi yanlış pozisyon noktasında yakalanıp hatalı seviye ölçüm bilgisi ECU'ya gönderilebilir.

## 7. SONUÇ VE ÖNERİLER

İlk tasarım çalışmaları ile birlikte şamandıra üzerinde bulunan float parçasının korumasız tasarımı sonucunda, yakıt deposunda meydana gelen, çalkantı ve türbülans çok fazla etkilendiği analiz ve tasarım doğrulama süreçlerinde tespit edilmiştir. Özellikle asimetrik yakıt deposu geometrisine sahip modellerde çalkantı ve türbülans seviyesinin çok daha fazla olduğu ve araç ani hızlandığında/yavaşladığında, yokuş çıkarken/inerken, depo içi yakıt sıvısının şok etkisi ile yakıt seviye ölçümünü sağlayan float parçasına çarparak yakıt içerisindeki seviyeyi doğru aktarmadığı tespit edilmiştir.

Bu gibi durumlarda yukarı/aşağı hareketlerin çok fazla kayması ve dolayısıyla seviye ölçümünde hassasiyet eksikliği ve hatalı ölçümler yapılarak elektronik kontrol ünitesine (ECU) yanlış seviye bilgisi gönderildiği tespit edilmiştir. Bu yanlış bilgi, araç ECU'sundan kullanıcıya yanlış yakıt seviyesi göstermesine ve göstergedeki ibrenin sürekli yukarı/aşağı hareket etmesine sebep olur. Bu hata modu, araç ECU'sundaki yazılımda gecikme yapılarak yakıt seviye ölçüm sıklığı geciktirilebilir. Bu işlem sonrasında yakıt seviye ölçüm sensöründen sürekli veri alarak değil tanımlanan gecikme süresi boyunca yavaşlatılarak ölçü alınmış olur. Bu yöntem sayesinde yakıt seviye ölçüm sensöründe meydana gelen ölçüm belirsizliği bir nebze de olsa sağlaştırılabilir. Ancak bu yöntemle gerçekleştirilen geciktirmeye bağlı yakıt seviye ölçüm sensörü bazı durumlarda araç ECU'suna yanlış seviye bilgisi de verebilmektedir. Çünkü ölçüm frekansı ne kadar seyrek yapılırsa yapılsın aşırı çalkantı durumunda floatın yukarı/aşağı hareketi yanlış bir konumda yakalanabilir ve araç ECU'suna yanlış seviye ölçüm bilgisi gönderebilir.

Diğer bir yöntem ise yakıt tankı içerisine eklenecek dalgakıran parçaları ile mümkündür. Şöyle ki; yakıt tankı imalatı sırasında tank içerisine yerleştirilecek kanatçık yapıdaki parçalar, ani çalkantı durumlarında float parçasını bir miktar koruyabilir. Ancak bu imalat yöntemi gerek teknik açıdan, gerek üretim açısından gerekse maliyet açısından uygun değerlendirilmemektedir. Çünkü yakıt tanklarının imalat prosesleri oldukça büyük kalıplarla üretildiği için dalgakıran parçalarını kalıp içerisine koymak oldukça zor bir yöntemdir. İmalat sonrası harici olarak dalgakıran parçalarını eklemek ise mümkün değildir. Ayrıca dalgakıran parçalar bir şekilde tank

içerisine eklense bile float parçasına olan mesafesi uzak olacağı için ve geniş bir hacimde çalkantıyı beklenen seviyelerde kısıtlayamayacaktır. Bu durumda da float çalkantıdan yine etkilenip seviye ölçüm hataları yapabilir.

Bu gibi durumların da önüne geçebilmek ve hata modlarını sıfıra indirgeyebilmek için mekanik olarak bir filtrasyon tasarımı yapılmıştır. Mevcut tasarımda float parçası şamandıra üzerinde korunaksız bir yapıda bulunmaktadır, dolayısı ile çalkantıdan çok fazla etkilenmektedir. Bunun önüne geçebilmek için float etrafına bir muhafaza tasarımı yapıлып ve bu muhafazayı şamandıra ile de yekpare olacak şekilde tasarlayıp yaşanan bu hata modlarını neredeyse minimum seviyelere indirmişdir. Tasarlanan bu muhafaza parçası (damper unit) şamandıra üzerindeki floatı bir hazne içerisine alarak kapalı bir hacim yaratmaktadır ve ani çalkantılardan ve bu çalkantıların float parçasına etkilerinden korumaktadır. Bu şekilde araç ECU'suna en doğru yakıt seviyesi iletilmiş olur.

**Tablo 7. 1 : % değişim tablosu**

	25 l	50 l
	Percentage of Change (%)	Percentage of Change (%)
Unprotected / 10 RPM	30%	22%
Protected / 10 RPM	2%	1%
Unprotected / 20 RPM	27%	43%
Protected / 20 RPM	2%	9%
Unprotected / 25 RPM	78%	43%
Protected / 25 RPM	9%	1%

	75 l	90 l
	Percentage of Change (%)	Percentage of Change (%)
Unprotected / 10 RPM	13%	42%
Protected / 10 RPM	1%	1%
Unprotected / 20 RPM	59%	110%
Protected / 20 RPM	15%	41%
Unprotected / 25 RPM	48%	171%
Protected / 25 RPM	1%	63%

Yapılan alışmalar sonucu okunan max. ve min. ıkış direnç değerleri arasındaki değişimin % 'si hesaplanmıştır. Tablo 7.1'de max. ve min. direnç farklarının % olarak değişimi paylaşılmıştır.

% olarak okunan direnç farkları incelendiğinde korumalı tip olarak adlandırdığımız yakıt seviye ölçüm sensöründe farkın daha az olduğu ve buna bağlı olarak göstergede okunacak olan değerin gerçeğe en yakın sonuç olduğu görölmektedir. Buna ek olarak ileri çalışmalarda farklı sıcaklıklarda ve farklı yakıt tipleri kullanılarak yeni çalışmalar yapılabilecektir.

## 8. KAYNAKLAR

Adıyan, A., “Sıvı Seviye Kontrolü için SCADA Sistem Tasarımı”, Yüksek Lisans Tezi, *Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bursa, (2012).

ANSYS, Inc, "Ansys Fluent Tutorial Guide.", (2017).

ANSYS Inc, "ANSYS Fluent Theory Guide. " (2013).

Artan, M., Soydemir, M. U., Şahin, S., “ARM Based Hybrid Measurement System Design for Liquid Level Measurement with High Accuracy under Vibrating Case” *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi Özel Sayı*, S. 381-388, doi:10.31590/ejosat.7802632, (2020).

Ceylan, İ., “Mekanik Seviye Ölçüm Cihazı Tasarımı”, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2007).

Gen Elektronik., “Ultrasonik Seviye Sensörü [online]”, (2022), <https://www.gentekelektronik.com.tr/ultrasonik-seviye-sensoru/>

Gurinder, S.B., Singh, S., “An Experimental and CFD Analysis of Sloshing In a Tanke”, *2nd International Conference on Innovations in Automation and Mechatronics Engineering*, ICIAME, (2014).

Keskin, M., Sarıbaş, D., “Container Level Measurement Methods and Testing an Ultrasonic Level Sensor”, *International Advanced Researches & Engineering Congress*, (2017).

Kılıç, E., “Taşıt Yakıt Deposunda Çalkalanma Olayının Analizi”, Yüksek Lisans Tezi, *Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bursa, (2015).

”Ölçme Tekniği Ders Notları”, *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Makina Mühendisliği Bölümü*, (2021)

“Seviye Ölçer [online]”, (2022), [http://www.inverterlc.net/sens%C3%B6rler/seviye\\_%C3%B6l%C3%A7erler.html](http://www.inverterlc.net/sens%C3%B6rler/seviye_%C3%B6l%C3%A7erler.html)

Shangyan Zou O.A., “A Numerical Simulation of a Variable-Shape Buoy Wave Energy Converter”, *Marine Science and Engineering*, 9, 625-643, (2021).

Spira N., “6061 vs 6063 [online]”, (2022), <https://www.kloecknermetals.com/blog/comparing-6061-vs-6063-aluminum/> , (2021)

Şahbazlı, R., “Su Tanklarında Sıvı Seviye Kontrol Sisteminin Geliştirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Aydın, (2017).

Topçu, E. E., Kılıç, E., Çavdar, K., “Bir Binek Araç Yakıt Tankının Çalkalanma Davranışının Deneysel İncelenmesi.”, *Afyon Kocatepe University Journal of Sciences and Engineering*, 17(1), 292–301, doi:/10.5578/fmbd.54008, (2017)

Turnock, S., Tan, M., Earl, C., Godderidge, B., “An investigation of multiphase CFD modelling of a lateral sloshing tank”, *Computers & Fluids*, 38, 183–193, (2014).

Yumurtacı, M., Yabanova, İ., “Sıvı Seviye Sensörlerinin İncelenmesi ve Su Seviyesi Ölçümü Uygulaması”, *AKÜ FEMÜBİD* 18, 015202 (201- 207), 18, 201–207, (2018).

Xiaoxia Z.Q.Z.Z.L., “Hydrodynamic Performance of Rectangular Heaving Buoys for an Integrated Floating Breakwater”, *Marine Science and Engineering*, 7, 239-261, (2019).