İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇAMAŞIR MAKİNASI SU ALMA SİSTEMİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mak. Müh. Yavuz ŞAHİN
(503041125)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 23 Haziran 20006
Tezin Savunulduğu Tarih : 29 Mayıs 2006

Tez Danışmanı : **Doç.Dr. Hasan GÜNEŞ**
Diğer Jüri Üyeleri **Prof.Dr. Seyhan Uygur ONBAŞIOĞLU**
Prof.Dr. Kenan Yüce ŞANLITÜRK

HAZİRAN 2006

ÖNSÖZ

Çalışmamın her aşamasında, bilgi ve tecrübesiyle yol gösteren, yakın ilgi ve desteğini esirgemeyen danışman hocam Doç.Dr. Hasan GÜNEŞ'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans tez savunma sınavıma jüri olarak katılan ve yapıcı eleştirileri ile tezimin son halini almasını sağlayan Prof. Dr.Seyhan Uygur ONBAŞIOĞLU'na ve Prof. Dr. Kenan Yüce ŞANLITÜRK'e teşekkürlerimi sunarım.

"Endüstride Uygulama Destekli Tez Programı" kapsamında çalışmamın hayata geçirilmesini sağlayan ARÇELİK A.Ş. AR-GE Merkezi'ne ve Sn Şemsettin EKSERT'e teşekkür ederim.

Tez çalışmamın her aşamasında desteğini esirgemeyen Temizleme Teknolojileri Aile Lideri Dr.Deniz ŞEKER'e, Mekanik Teknolojiler-2 Yöneticisi Sn. Gökhan ÖZGÜREL'e, Su Sistemleri laboratuvarı teknisyenleri Sn. Mehmet KAYA ve Sn. Murat ELGÜN'e, başta Emine BİRCİ olmak üzere tüm Temizleme Teknolojileri çalışanlarına teşekkürlerimi sunarım.

Mayıs 2006 Yavuz ŞAHİN

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ ii
KISALTMALAR v
TABLO LİSTESİ vi
ŞEKİL LİSTESİ vii
SEMBOL LİSTESİ x

1. GİRİŞ 1

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI 6
2.1 Çamaşır Makinası Su Alma Sistemi Uygulamaları 6
2.2 Alternatif Seviye Ölçme Yöntemleri 13

3. ÇAMAŞIR MAKİNASI VE SU ALMA SİSTEMİNİN TANITILMASI 18
3.1 Yatay Tamburlu Çamaşır Makinalarının Su Alma Sistemi 20
3.1.1 Su Alma Sistemi 21
3.1.2 Su seviyesi ölçüm sistemi 21
3.1.3 Tahliye sistemi 22

4. ÇAMAŞIR MAKİNASI SU SAÇINIKLIĞI ÇALIŞMALARI 23
4.1 Basınç-Frekans Eğrisi Deney Düzeneği 23
4.2 Ana Yıkama Su Alma Deneyleri ve Deney Düzeneği 28
4.3 Su Seviye Sensörü 30
4.4 Tip-01 Su Seviye Sensörü Çalışmaları 33
4.4.1 Tip-01 Su Seviye Sensörü Alt ve Üst Tolerans Değerleri 35
4.5 Tip-02 Su Seviye Sensörü Çalışmaları 39
4.5.1 Tip-02 Su Seviye Sensörü Alt ve Üst Tolerans Değerleri 41
4.6 Su Seviye Sensörleri Yaşlandırma Deneyleri 43
4.6.1 ÇM-1 (Tip-01) Su Seviye Sensörü Yaşlandırma Deneyleri 44
4.6.2 ÇM-3 (Tip-01) Su Seviye Sensörü Yaşlandırma Deneyleri 48
4.6.3 ÇM-4 (Tip-01) Su Seviye Sensörü Yaşlandırma Deneyleri 50
4.6.4 FB-3 (Tip-01) Su Seviye Sensörü Yaşlandırma Deneyleri 52
4.6.5 Tüm Su Seviye Sensörlerine Ait Yaşlandırma Deneyleri 56
4.7 MALZEME DENEYLERİ 57

5. HAVALIK TASARIMI 59
5.1 Havalık Tasarımı Deney Düzeneği ve Deney Sistematiği 60
5.2 Prototiplerin tanıtılması 66
5.2.1 Prototip 1 67
5.2.2 Prototip 2 68
5.2.3 Prototip 3 69
5.2.4 Prototip 4 70
5.2.5 Prototip 5 73
5.2.6 Prototip 6 75

5.3 CFD (Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği-HAD) Analizleri 78
5.3.1 Orifis Boğaz Uzunluğu 10 mm için 79
5.3.2 Orifis Boğaz Uzunluğu 20 mm için 81
5.3.3 Orifis Boğaz Uzunluğu 30 mm için 81
5.3.4 Orifis Boğaz Uzunluğu 60 mm için 82
5.3.5 Orifis Boğaz Uzunluğu 60 mm ve Boğaz Çapı 0.2 mm için 83
5.4 CFD Analiz Sonuçları 84

6. SONUÇLAR **86**

KAYNAKLAR **88**

EKLER **90**

ÖZGEÇMİŞ **97**

KISALTMALAR

SSS	**:** Su Seviye Sensörü
Ar-Ge	**:** Araştırma Geliştirme
ÇM	**:** Çamaşır Makinası
VTS	**:** Veri Toplama Sistemi
Sh.A	**:** Shore A
CFD (HAD)	**:** Computational Fluid Dynamics (Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği)

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 1.1 : Performans Sınıfları [3] 2
Tablo 4.1 : Multimetre Kalibrasyon Değerleri 28
Tablo 4.2 : ÇM-M Makina ve Üzerlerinde Bulunan Su Seviye Sensörleri İle Yapılan Deneylerde Elde Edilen Ana Yıkama Sonuçlarının Ortalama Değerleri 34
Tablo 4.3 : Tip-01 Tolerans Değerleri 36
Tablo 4.4 : Tip-01 SSS Deneylerinde Kullanılan Alt ve Üst Basınç-Frekans Değerleri 38
Tablo 4.5 : Tip-01 Minimum-Maksimum Tolerans Deneyleri 38
Tablo 4.6 : Tip-02 SSS Kullanılan Bir Adet Çamaşır Makinası Üzerinde Kendi Sensörü ve Diğer Tip-02 Su Seviye Sensörleri İle Yapılan Deneylerin Ortalamaları 39
Tablo 4.7 : Tip-02 Su Seviye Sensörleri Tolerans Alt ve Üst Değerleri 41
Tablo 4.8 : Tip-02 SSS'lerinin Ayarlanması İçin Kullanılan Tolerans Noktasının Alt ve Üst Değerleri 42
Tablo 4.9 : Tip-02 SSS'leri Minimum–Maksimum Deneyleri 42
Tablo 4.10 : Tüm Su Seviye Sensörlerine Ait Yaşlandırma Deney Sonuçları 56
Tablo A. 1 : ÇM-1 SSS İlk Grup Deneyleri 90
Tablo A.2 : ÇM-1 SSS İkinci Grup Deneyleri 90
Tablo A. 3 : ÇM-1 SSS Son Grup Deneyleri 91
Tablo B.1 : ÇM-3 SSS İlk Grup Deneyleri 92
Tablo B.2 : ÇM-3 SSS Son Grup Deneyleri 92
Tablo C.1 : ÇM-4 SSS İlk Grup Deneyleri 93
Tablo C.2 : ÇM-4 SSS Son Grup Deneyleri 93
Tablo D.1 : FB-3 SSS İlk Grup Deneyleri 94
Tablo D.2 : FB-3 SSS 60 Yaş Sonrası Deneyleri 94
Tablo D.3 : FB-3 SSS 100 Yaş Sonrası Deneyleri 94
Tablo E.1 : Güven Aralığı Tablosu [20] 95
Tablo F.1 : Çamaşır Yükleme Tablosu [2] 96

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.1 : Standart Leke Şeridi [4] 3
Şekil 2.1 : Hüttemann, Fey ve Peters Tarafından Yapılan Çalışma [5] 7
Şekil 2.2 : Hassas Bir Şekilde Su Seviyesinin Belirlenebilmesini Sağlayacak Havalık [6] 7
Şekil 2.3 : Havalık Etrafına Yapılan Koruma [6] 8
Şekil 2.4 : Ayarlanabilir Su Seviyesinin Sensörü [7] 9
Şekil 2.5 : Pompa Girişine Monte Edilmiş Havalık [8] 9
Şekil 2.6 : Seviye Ölçüm Yöntemi [9] 10
Şekil 2.7 : Kazan İle Bütünleşik Havalık [10] 10
Şekil 2.8 : Havalık Borusu İçin Tasarımlar [11] 11
Şekil 2.9 : Kazan İçerisinde Bulunan Havalık Tasarım -1 [12] 11
Şekil 2.10 : Kazan İçerisinde Bulunan Havalık Tasarım -2 [12] 12
Şekil 2.11 : Tahliye Pompası Üzerine Monte Edilmiş Seviye Ölçer [13] 12
Şekil 2.12 : Fiber Optik Yöntem İle Seviye Ölçümü [14] 13
Şekil 2.13 : Farklı Sıcaklıklarda Ölçülen Sinyalin Yükseklik İle Değişimi [14] 14
Şekil 2.14 : Ultrasonik Lamb Dalgaları İle Seviye Ölçümü [15] 15
Şekil 2.15 : Sıvı Seviyesi Ölçümü İçin Tasarlanan Fiber Optik Sensör [16] 16
Şekil 2.16 : Fiber Optik Sensörün Çalışma Prensibi [16] 16
Şekil 2.17 : Gümüş Kaplı Fiber Optik [17] 17
Şekil 2.18 : Gümüş Kaplı Fiber İle Seviye Ölçümü [17] 17
Şekil 3.1 : Çalkalayıcı Tip Çamaşır Makinası [4] 18
Şekil 3.2 : Pervaneli Çamaşır Makinası [4] 19
Şekil 3.3 : Yatay Tamburlu Çamaşır Makinası [4] 19
Şekil 3.4 : Yatay Tamburlu Çamaşır Makinası Su Sistemi 20
Şekil 3.5 : Yatay Tamburlu Çamaşır Makinası Su Alma Sistemi 21
Şekil 3.6 : Tahliye Hattı 22
Şekil 4.1 : Bidon Deney Düzeneği ve Elemanları 25
Şekil 4.2 : Tekli Su Giriş Vanası 25
Şekil 4.3 : Tekli Su Giriş Vanası Basınç-Debi Karakteristiği (Çamaşır Makinası Dışında Denenmiştir) 26
Şekil 4.4 : Havalık Bağlantı Noktası 27
Şekil 4.5 : Manometre Borusunun Bidona Bağlanışı 27
Şekil 4.6 : Çamaşırın Makinaya Yüklenmesi 29
Şekil 4.7 : Manyetik Debimetre 30
Şekil 4.8 : Su seviye Sensörü ve Komponentleri [18] 30
Şekil 4.9 : Su Seviye Sensörü Komponentleri [18] 31
Şekil 4.10 : Su Seviye Sensörü ve İç Yapısının Gösterilişi 31
Şekil 4.11 : Su Seviye Sensörünün Alt Gövdesinin Üstten Görünüşü 32
Şekil 4.12 : Su seviye Sensörü (Bobinin, Kondansatörlerin ve Yatağın Konumu) 32
Şekil 4.13 : Sensörün Alt Gövdesi ve Diyaframın Elastik Şekil Değiştirmesi 32
Şekil 4.14 : Collipits Osilatör Devresi [19] 33
Şekil 4.15 : Tip-01 Su Alımı-Tahliye, Basınç-Frekans Eğrisi 34

Şekil 4.16 : Tip-01 Su Seviye Sensörleri Basınç-Frekans Eğrileri 35
Şekil 4.17 : Tip-01 SSS Tolerans Eğrileri 37
Şekil 4.18 : Bir Tip-02 Su Seviye Sensörüne Ait Su Alımı–Tahliye, Basınç-Frekans Eğrisi 40
Şekil 4.19 : Tip-02 Su Seviye Sensörleri Basınç-Frekans Eğrileri 40
Şekil 4.20 : Tip-02 Su Seviye Sensörleri Tolerans Eğrileri 41
Şekil 4.21 : İlk Grup ÇM-1 Deneyleri 45
Şekil 4.22 : İkinci Grup ÇM-1 Deneyleri 46
Şekil 4.23 : ÇM-1 Son Grup Deneyleri 47
Şekil 4.24 : ÇM-3 İlk Grup Deneyleri 49
Şekil 4.25 : ÇM-3 SSS İkinci Grup Deneyleri 50
Şekil 4.26 : ÇM-4 SSS İlk Grup Deneyleri 51
Şekil 4.27 : ÇM-4 SSS Son Grup Deneyleri 52
Şekil 4.28 : FB-3 SSS Yaşlandırma Deneyleri 54
Şekil 4.29 : Malzeme Deney Düzeneği 57
Şekil 4.30 : 25 °C'de Yapılan Malzeme Deneyleri 58
Şekil 4.31 : 60 ° C'de Yapılan Malzeme Deneyleri 58
Şekil 5.1 : Havalık Tasarımı Deney Düzeneği (Basınç Ölçümü) 60
Şekil 5.2 : Havalık Test Düzeneği 61
Şekil 5.3 : İlk 5 sn'den Sonra 60 sn 52 devir/dak Tambur Hareketi İle Su Alımı ... 61
Şekil 5.4 : Sabit Su İle Kısa ve Uzun Periyotlu Tambur Hareketleri 62
Şekil 5.5 : Standart Havalık İle Yapılan Birinci Deney 62
Şekil 5.6 : Standart Havalık İle Yapılan İkinci Deney 63
Şekil 5.7 : Standart Havalık İle Yapılan Üçüncü Deney 64
Şekil 5.8 : Standart Havalık İle 52 devir/dak Tambur Hareketi Esnasında Yapılan Frekans Ölçümü (Deney 1) 65
Şekil 5.9 : Standart Havalık İle 52 devir/dak İle Tambur Hareketi Esnasında Yapılan Frekans Ölçümü (Deney 2) 65
Şekil 5.10 : Standart Havalık İle 52 devir/dak Tambur Hareketi Esnasında Yapılan Frekans Ölçümlerinin Birlikte Gösterimi (Deney 1/Deney 2) 66
Şekil 5.11 : 34 dev/dak Tambur Hareketi İle 100 Saniye Boyunca Su Alımı 66
Şekil 5.12 : Prototip 1 67
Şekil 5.13 : Prototip 1 İle Standart Havalığın Kıyaslanması 67
Şekil 5.14 : Prototip 2 68
Şekil 5.15 : Prototip 2 İle Standart Havalığın Kıyaslanması 68
Şekil 5.16 : Prototip 3 69
Şekil 5.17 : Prototip 3 İle Standart Havalığın Kıyaslanması 69
Şekil 5.18 : Prototip 4 70
Şekil 5.19 : Prototip 4 İle Standart Havalığın Kıyaslanması 70
Şekil 5.20 : Standart Havalık İle 34 devir/dak Tambur Hareketi İle Yapılan Deney. 71
Şekil 5.21 : Prototip 4 İle 34 devir/dak Tambur Hareketi İle Yapılan Deney 72
Şekil 5.22 : 34 devir/dak Tambur Hareketi İçin Prototip 6 İle Standart Havalığın Kıyaslanması 72
Şekil 5.23 : Prototip 5 73
Şekil 5.24 : Prototip 5'in Yerleşim Resmi 74
Şekil 5.25 : Prototip 5'in Makina Üzerine Montajı 74
Şekil 5.26 : Prototip 5 İle Standart Havalığın Kıyaslanması 75
Şekil 5.27 : Prototip 6'nın Yerleşimi 75
Şekil 5.28 : Prototip 6 76
Şekil 5.29 : Prototip 6 İle Standart Havalığın Kıyaslanması 76

Şekil 5.30 : CFD Temel Modeli 78
Şekil 5.31 : Giriş Basıncı İçin Kullanılan Profil..... 79
Şekil 5.32 : Boğaz Bölümü İçin Kullanılan Çözüm Ağı Yapısı..... 79
Şekil 5.33 : Geometrinin Tamamına Ait Çözüm Ağı Yapısı 80
Şekil 5.34 : Giriş ve Çıkış Basıncının Zamanla Değişimi..... 80
Şekil 5.35 : Boğazın Çözüm Ağı Yapısı 81
Şekil 5.36 : Giriş ve Çıkış Basıncının Zamanla Değişimi..... 81
Şekil 5.37 : Boğazın Çözüm Ağı Yapısı 82
Şekil 5.38 : Giriş ve Çıkış Basıncının Zamanla Değişimi..... 82
Şekil 5.39 : Boğazın Çözüm Ağı Yapısı 82
Şekil 5.40 : Giriş ve Çıkış Basıncının Zamanla Değişimi..... 83
Şekil 5.41 : Boğazın Çözüm Ağı Yapısı 83
Şekil 5.42 : Giriş ve Çıkış Basıncının Zamanla Değişimi..... 84
Şekil 5.43 : Farklı Boğaz Uzunluklarının Birlikte Gösterimi (l= 20 mm, 30 mm, 60 mm, Çap=0.5 mm) 84
Şekil 5.44 : Orifis Boğaz Uzunluğu 60 mm İçin Çap 0.5 mm ve Çap 0.2 mm'nin Kıyaslanması..... 85

SEMBOL LİSTESİ

σ :Standart Sapma

ÇAMAŞIR MAKİNASI SU ALMA SİSTEMİNİN İYİLEŞTİRİLMESİ

ÖZET

Bu yüksek lisans tezinde çamaşır makinası su alma sisteminin iyileştirilmesine yönelik çalışmalar yapılmıştır. Çamaşır makinalarının yıkama programları temel olarak ana yıkama, durulama ve sıkma profillerinden oluşmaktadır. Çamaşır makinaları ana yıkama ve durulama adımlarında önceden belirlenen miktarlarda su alarak yıkama işlemini gerçekleştirmektedirler. Ana yıkama adımında alınan su miktarı yıkama performansına ve enerji tüketimine etki ederken, durulama adımında alınan su miktarı durulama performansını önemli ölçüde etkilemektedir. Bu çalışma boyunca temel olarak ana yıkama su alma adımı incelenmiştir.

Öncelikli olarak ana yıkama su alma adımında alınan su miktarının optimum miktardan sapması incelenmiştir. Bu proje boyunca optimum miktardan sapma yerine saçınıklık terimi kullanılmıştır. Projenin su alma sisteminin saçınıklığının incelendiği ayağında temel olarak su seviyesinin belirlenmesini sağlayan su seviye sensörleri üzerinde durulmuştur. Farklı çamaşır makinaları ile ana yıkama su alma deneyleri yapılarak ana yıkama adımında karşılaşılan saçınıklık miktarı belirlenmiş ve daha sonra bu makinalara ait su seviye sensörlerinin giriş çıkış karakteristiklerini elde edebilmek amacı ile başka bir deney düzeneği kurulmuştur. Kurulan deney düzeneği ile su seviye sensörleri test edilerek sensörlerin tolerans aralığındaki yerleri belirlenmiştir. Son olarak sensörlerin zamanla davranışlarını incelemek amacı ile sabit bir çamaşır makinası üzerinde yaşlandırma deneyleri yapılmıştır. Yaşlandırma deneyleri farklı su seviye sensörleri ile sabit bir makina üzerinde yapılmış çok sayıda ana yıkama su alma deneyinden oluşmaktadır.

Projenin ikinci aşamasında kazan içerisindeki su seviyesinin ölçülebilmesini sağlayan havalık üzerine çalışmalar yapılmıştır. Havalık kazanın çıkışına teğet olarak bulunmaktadır. Çamaşır makinası kazanı içerisine su alımı esnasında kazan içerisinde yükselen su, kazan çıkışına teğet olarak bulunan havalıktaki havayı sıkıştırır ve basıncının artmasına neden olur. Su seviye sensörü havalığa havalık borusu ile bağlı bulunmaktadır ve havalıkta sıkışan havanın basıncının ölçülmesini sağlamaktadır. Projenin havalık tasarımı aşamasında tambur hareketi ile birlikte su alımı esnasında havalıkta oluşan basınç çalkantılarının sönümlenebilmesini sağlayacak havalık geometrileri üzerine ön çalışmalar yapılmıştır. Projenin bu aşamasında farklı tipte prototipler üretilmiştir. Üretilen prototipler farklı devirlerde tambur hareketi ile birlikte su alımı esnasında oluşan basınç altında test edilmiştir. Prototipler ile elde edilen sonuçlar mevcut havalık ile elde edilen deney sonuçları ile kıyaslanmıştır. Bu kıyaslamalar sonucunda prototiplerin ne derece iyileşme sağladıkları saptanmıştır. Son olarak orifis geometrisi üzerinde Fluent (versiyon 6.1.18) paket programı yardımı ile sayısal akış analizi yapılmıştır.

Sonuç olarak çamaşır makinası su alma sisteminde su seviyesinin ölçülebilmesini sağlayan temel elemanlar olan su seviye sensörü ve havalık üzerine çalışmalar yapılarak bu elemanlar ile ilgili bilgi birikiminin artması sağlanmıştır.

IMPROVING THE PERFORMANCE OF WATER INTAKE SYSTEM OF A WASHING MACHINE

SUMMARY

In this thesis, it is aimed to improve the performance of washing machine's water intake system. The basic washing programs of washing machines consist of main washing, rinsing and spinning steps. At main washing and rinsing steps, washing machines take predetermined amount of water to perform the washing. The amount of water taken at the beginning of main washing step affects the washing performance and energy consumption of washing machine while the amount of water taken at rinsing steps affect the rinsing performance. In this project especially the main washing is analyzed.

First of all, the deviation amount of main washing water from optimum is analyzed. In this project, the deviation from optimum is named as scattering. In this step of the project mainly the liquid level sensors are analyzed. Firstly, with different washing machines, main washing water intake experiments are done to determine the amount of scattering at main washing step. Then, an experiment setup is established to measure the input-output characteristics of liquid level sensors. With this experiment setup, the position of liquid level sensors in tolerance interval is determined. Finallay, to analyze the behavior of liquid level sensors with time, aging experiments are done at a fixed washing machine. Aging experiments consist of a lot of main washing water intake tests at a fixed washing machine with different liquid level sensors.

At the second step of the work, airdome is analyzed which enables the liquid level sensor to measure the liquid level in the tub. Airdome is placed tangentially to the exit of the tub and rising water in the tub compresses the air in the airdome. Therefore, the pressure in the airdome increases and liquid level sensor measures this pressure. According to the measured pressure, washing machine determines the liquid level in the tub. At this stage of the project, the fluctuations caused by drum are tried to be damped by a new airdome design. Different types of prototypes are produced and tested at an experiment condition of fluctuation caused by drum rotation. According to the experiment results damping characteristic of prototypes are determined. Finally, for orifice geometry computational fluid dynamic analyzes are done with fluent (version 6.1.18) computer program.

As a result, liquid level sensor and airdome which are the parts of water intake and water measurement system are analyzed and knowledge is increased.

1. GİRİŞ

Teknolojinin gelişmesi ile birlikte yeni ürünler ve kullanım alanları ortaya çıkmıştır. Teknoloji yalnızca yeni ürünlerin ortaya çıkmasını sağlamamış aynı zamanda mevcut ürünlerin daha verimli kullanılabilmesi için imkanlar sunmuştur. Özellikle tüm dünyada yaygın olarak kullanılan ürünlerde yapılan küçük iyileştirmelerin sonuçları tüm dünyayı etkilemektedir. 20. yüzyıl ile birlikte zaman değerli bir kavram haline gelmiş ve teknolojinin de imkanları kullanılarak belirli sıklıklarla yapılan işlerin daha az zaman harcanarak yapılmasını sağlayan ürünlere olan ilgi artmıştır. Çamaşır Makinası da son 20 yıl içerisinde hemen hemen her evde bulunması gereken ürünler arasındaki yerini almıştır. Çamaşır makinasının yaygın bir şekilde kullanılmaya başlanması, bu ürün üzerine yapılan araştırma-geliştirme faaliyetlerinin artmasına neden olmuştur. Yürütülen araştırma-geliştirme faaliyetlerinin genel olarak amacı kullanıcıya daha verimli ürün sunabilmektir.

Çamaşır makinasının temel işlevi olan yıkama işlemi göz önüne alındığı zaman. Bu olayı etkileyen temel faktörler aşağıdaki gibi sıralanabilmektedir [1].

- Kir
- Deterjan
- Tekstil
- Su
- Yıkama ekipmanı

Yukarıdaki faktörler göz önüne alındığı zaman kir, tekstil ve suyun kimyasal özelliklerinin makina ile ilgisi olmadığı, deterjan tip ve miktarının kullanıcıya bağlı olduğu, yıkama ekipmanının ise çamaşır makinasının kendisi olduğu düşünüldüğü zaman, çamaşır makinasının kontrol edebileceği ana parametre olarak suyun miktarı ön plana çıkmaktadır. Ayrıca suyun makina içerisine alınması esnasında yapılabilecek yeniliklerin de çamaşır makinasının yıkama performansı üzerinde etkili olacağı açıktır.

Çamaşır makinası içerisine alınan suyun miktarının yıkama indeksi üzerinde etkisi olacağı açıktır. Alınan su miktarının deneylerle belirlenmiş optimum miktardan az veya çok olması yıkama indeksinin düşmesine neden olmaktadır. Alınan su miktarının az olması kir çıkarma işlemi için gerekli su miktarının yetersiz kalmasına neden olurken, alınan su miktarının fazla olması ise birim su miktarı başına düşen deterjan miktarının yani deterjan çözünürlüğünün azalması nedeni ile yıkama performansının düşmesine neden olmaktadır. Alınan su miktarının aynı zamanda çamaşır makinasının kazanının içerisinde bulunan ısıtıcının belirli bir sıcaklığa kadar veya belirli bir süre boyunca ısıtacağı su miktarı olması nedeni ile enerji indeksi üzerine de etkisi olacağı göz önünde bulundurulmalıdır. Alınan su miktarının optimum miktardan fazla olması enerji tüketiminin artmasına dolayısıyla enerji indeksinin düşmesine neden olmaktadır. Bu nedenle alınan su miktarının optimum noktada tutulmasının önemi artmaktadır.

Çamaşır makinası enerji ve yıkama indeksleri "EN60456 Çamaşır Makinası Performans Ölçüm Metotları" standardına uygun olarak belirlenmektedir [2]. Enerji standardında birim yük başına harcanan enerji tüketimi temel alınarak A'dan G'ye kadar olan sınıflandırmalar bulunmaktadır. Yıkama indeksi içinde aynı şekilde sınıflandırmalar tanımlanmıştır. Enerji ve yıkama indeksi için standarda uygun olarak hesaplanan değerlerin sınıflandırmaları Tablo 1.1'de gösterilmiştir [3]. Bu standarda uygun olarak deneyler "Ön Yıkamasız Pamuklu 60 °C" programında yapılmaktadır.

Tablo 1.1 : Performans Sınıfları [3]

Performans Sınıfı	Özgül Enerji Tüketimi [kW-saat/kg]	Yıkama Performansı İndeksi	Sıkma Verimi
A	$C \leq 0.19$	$P > 1.03$	$D < \%45$
B	$0.19 < C \leq 0.23$	$1.03 \geq P > 1.00$	$\%45 \leq D < \%54$
C	$0.23 < C \leq 0.27$	$1.00 \geq P > 0.97$	$\%54 \leq D < \%63$
D	$0.27 < C \leq 0.31$	$0.97 \geq P > 0.94$	$\%63 \leq D < \%72$
E	$0.31 < C \leq 0.35$	$0.94 \geq P > 0.91$	$\%72 \leq D < \%81$
F	$0.35 < C \leq 0.39$	$0.91 \geq P > 0.88$	$\%81 \leq D < \%90$
G	$0.39 < C$	$P < 0.88$	$\%90 \leq D$

Yıkama indeksi tanımlamaları, üzerlerinde standarda göre belirlenmiş kir tipleri bulunan kir bezleri kullanılarak yapılır. Yıkama sonrasında kir bezleri üzerinden renk ölçümleri yapılmaktadır. Standart bir leke şeridi Şekil 1.1'de gösterilmiştir.



Şekil 1.1 : Standart Leke Şeridi [4]

Yıkama sonunda standart leke şeritleri üzerinden yapılan renk ölçümleri referans makine ile yıkama sonunda yapılan renk ölçümleri ile oranlanır. Bu oranın Tablo 1.1'de belirtilen değerine göre yıkama performansı indeksi belirlenir.

Enerji ve yıkama indeksi deneyleri aşağıdaki koşullar altında yapılmaktadır.

- Standart Çamaşır
- Standart Deterjan
- Standart Kir Bezleri
- Standart Ortam Koşulları
- Standart Su (Sıcaklık ve Kimyasal Özellikler)

Yukarıdaki koşullar makinadan bağımsız olarak her enerji ve yıkama indeksi deneyinde sağlanmaktadır. Bu nedenle bir çamaşır makinasının yıkama indeksinin veya enerji indeksinin A olarak elde edilebilmesi için makinanın tasarım noktasında çalışması gerekmektedir. Yıkama olayı esnasında deterjanın çözünmesini ve kirin çamaşır üzerinden uzaklaştırılmasını sağlayan en önemli parametrenin su olacağı açıktır. Bu nedenle suyun hassas bir şekilde kontrol edilebilmesi her açıdan önem kazanmaktadır.

Bu çalışmada çamaşır makinası su sisteminin iyileştirilmesine yönelik çalışmalar ele alınacaktır. Öncelikle çamaşır makinasi içerisine alınan su miktarının hassas kontrolünde yaşanan problemlerin sebepleri üzerinde durulacak daha sonraki aşamalarda ise farklı bir su alma şekli üzerine ön çalışmalar yapılacaktır. Bu çalışma boyunca çamaşır makinası içerisine alınması gereken su miktarından sapma "saçınıklık" olarak adlandırılacaktır. Bu çalışma süresince saçınıklığın azaltılmasına yönelik çalışmalar yapılacaktır. Saçınıklığın sınırlarının daraltılmasına yönelik

iyileştirilmeler ve öneriler göz önüne alınacaktır. Saçınıklık problemi çamaşır makinasının enerji ve yıkama indeksinin tasarım noktalarında elde edilen performansının dışına çıkmasına dolayısıyla çamaşır makinasından beklenen verimin elde edilememesine yol açmaktadır.

Çamaşır makinası içerisine alınan su miktarı kazan içerisine alınan suyun yüksekliği nedeni ile oluşturduğu basınç ölçülerek belirlenir. Belirli bir basınca ulaşıldığında makina üzerinde bulunan basınç sensörü elektronik kart aracılığı ile su alma vanasına kapatma bilgisini gönderir ve çamaşır makinası içerisine su alım işleminin durdurulmasını sağlar. Bu ölçüm metodunda makina içerisinde çamaşırların mekanik hareket ile çitileme etkisine maruz bırakılmasını sağlayan tambur hareketsizdir, dolayısıyla ölçüm tamamen statik olarak yapılmaktadır. Ancak yapılan çalışmalar göstermiştir ki su alımının tambur hareketi ile birlikte yapılması çamaşır makinasının performansı üzerinde olumlu etkiler yaratmaktadır. Bu nedenle çalışmanın son aşamalarında tambur hareketi ile birlikte kazan içerisindeki su seviyesinin ölçülebilmesine olanak sağlayacak ön tasarımlar üzerinde durulmuştur. Tambur hareketi ile birlikte su alımı esnasında kazan içerisine alınan suyun basıncında çalkantılar oluşmakta ve ölçümün sağlıklı bir şekilde yapılamamasına yol açmaktadır. Bu aşamada tambur hareketinin neden olduğu basınç çalkantılarının sönümlenebilmesine yönelik çalışmalar yapılmıştır. Basınç çalkantılarının sönümlenmesine yönelik olarak yapılan çalışmalar temel olarak çamaşır makinası içerisinde havalık olarak adlandırılan komponent üzerinde yapılan değişiklikleri ve tasarımları içermektedir.

İki aşamada gerçekleştirilen bu çalışmada ilk olarak saçınıklık problemi incelenmiştir. Saçınıklık probleminin incelenmesi aşamasında özellikle Su seviye sensörleri üzerinde durulmuş ve bu sensörlerin saçınıklık üzerine etkileri incelenmiştir. 5 adet aynı model çamaşır makinası alınarak deneyler yapılmış ve ana yıkamada alınan su miktarları arasındaki fark belirlenmeye çalışılmıştır. İncelenen sensörler basınç sinyaline karşılık frekans çıktısı vermektedir. Bu bilgi göz önünde bulundurularak başka bir deney düzeneği kurulmuş ve sensörlerin basınca karşılık verdikleri frekans çıktıları ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlar ışığında sensörlerin tolerans aralıkları belirlenmeye çalışılmıştır. Alınan su miktarındaki saçınıklığın belirlenmesi çalışmalarında son olarak belirli sensörler seçilerek belirli sayılarda ana yıkama su alma deneyleri yapılmış ve sensörlerin

çalışma ile meydana gelen yaşlanmadan nasıl etkilendikleri belirlenmeye çalışılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda su seviye sensörlerinin firma tarafından belirlenen kabul aralılarının geniş olduğu ve su seviye sensörlerinin davranışlarının çalışmaya bağlı yaşlanma sonucunda değiştiği gözlemlenmiştir.

Bu tezin ikinci adımında tambur hareketi ile birlikte su seviyesinin ölçülebilmesine olanak sağlayacak havalık tasarımları üzerinde durulmuştur. Çalışmanın bu aşamasındaki amaç tambur hareketi ile birlikte su alımı esnasında havalıkta oluşan basınç çalkantılarının filtrelenerek, su seviye sensörünün doğru olarak su seviyesini ölçebilmesidir. Bu çalışmada basınç çalkantılarının sönümlenmesine imkan sağlayacağı düşünülen prototipler üretilmiştir. Bu prototipler kullanılarak tambur hareketi ile birlikte su alımı deneyleri yapılmıştır. Bu deneylerde havalıkta oluşan basınç çalkantıları basınç transdüseri vasıtası ile ölçülmüştür. Prototipler ile yapılan deneylerin sonuçları standart olarak kullanılan havalık ile yapılan deneylerin sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmalar değerlendirilerek prototiplerin basınç çalkantılarını sönümleme aşamasında ne derece iyileştirme sağladıkları belirlenmiştir. Ek olarak basınç çalkantılarını sönümleme aşamasında etkili olabileceği düşünülen farklı orifis geometrileri üzerinde fluent paket programı kullanılarak CFD (Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği-HAD) analizleri yapılmıştır. Bu analizlerde farklı orifis geometrilerinin çalkantılı bir basınç sinyalini sönümleme aşamasında ne derece etkili olabileceği hakkında fikir edinilmeye çalışılmıştır.

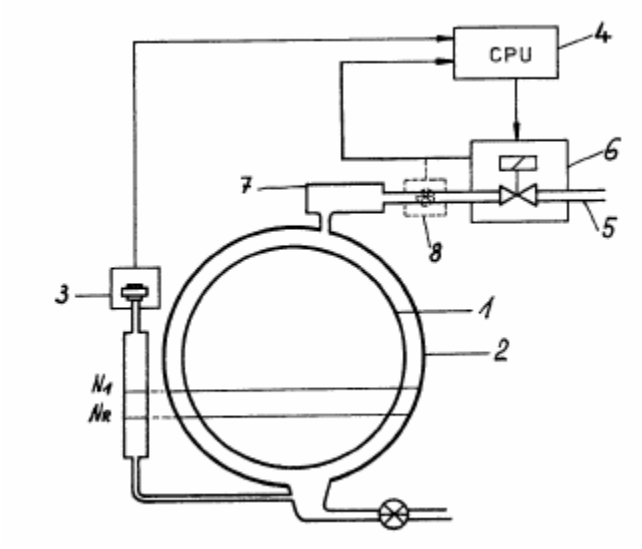
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1 Çamaşır Makinası Su Alma Sistemi Uygulamaları

Endüstride yapılan Ar-Ge çalışmalarının temel amacı firmanın piyasaya rekabet edebilir ürünler sunması aşamasında ileriye dönük bilgi birikimi oluşturabilmektir. Fakat rekabet edebilme gücünün korunabilmesi için elde edilen bu bilgi birikiminin korunabilmesi gerekmektedir. Ürünlere yansıtılsın veya yansıtılmasın ileriye dönük ürüne katma değer getireceği öngörülen her tasarım ve her fikir firmalar tarafından patentler ile koruma altına alınmaktadır.

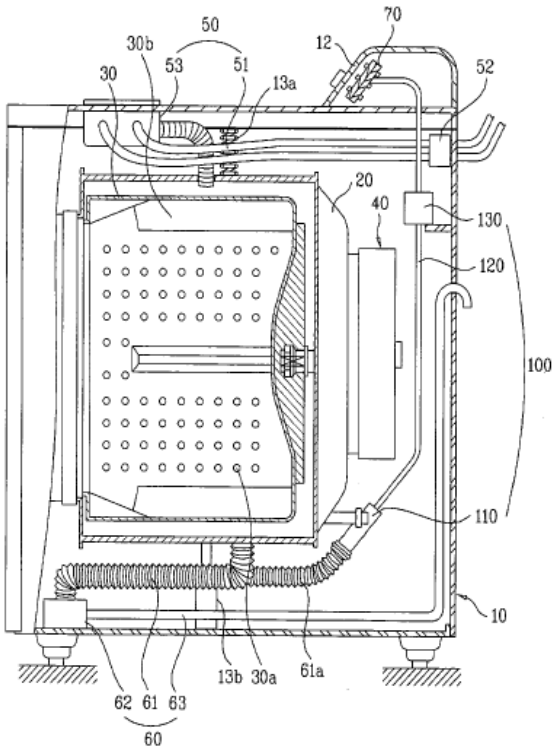
Çamaşır makinası ile ilgili firmaların yaptıkları çalışmalar da rekabet gücünün korunabilmesi açısından patentler ile koruma altına alınmıştır. Bu nedenle çamaşır makinası su alma sistemi ile ilgili kaynak araştırması esnasında patentlerin incelenmesi proje alt yapısı için önemli bir temel oluşturmuştur.

Su seviyesinin ölçülmesi ile ilgili olarak Hüttemann, Fey ve Peters [5] tarafından yapılan çalışmada kazan içerisindeki su seviyesi, basınç ölçer (3) ile belirlenmektedir. Bu çalışmaya ait sistemin genel bir görünüşü Şekil 2.1'de görülmektedir. Basınç ölçer ve manyetik valf (6) merkezi işlem ünitesine (4) bağlı bulunmaktadır. Kazan içerisindeki su seviyesi, N_1 seviyesine ulaştığında basınç ölçer merkezi işlem ünitesine bilgi göndererek vanaya kapatma komutu gönderir. Bu aşamadan sonra tambur dönmeye başlayarak çamaşırın suyu emmesi sağlar. Çamaşırın suyu emmesi ile birlikte kazan içerisinde ki su seviyesi düşer. Kazan içerisinde ki su seviyesi N_R seviyesine düştüğünde basınç ölçer merkezi işlem ünitesi üzerinden vanaya açma komutu göndererek tekrar su alımının gerçekleştirilmesini sağlar. Seviyenin düşmesi ile birlikte bu işlem birkaç kez daha tekrarlanarak su alımı işlemi sonlandırılmaktadır.



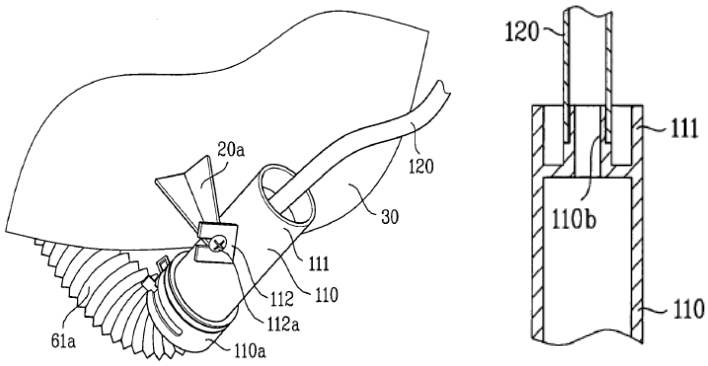
Şekil 2.1:Hüttemann, Fey ve Peters Tarafından Yapılan Çalışma [5]

Yang Hwan No ve arkadaşları [6] tarafından yapılan çalışmada su seviyesinin hassas bir şekilde belirlenebilmesine imkan sağlayacak havalık (110) tasarımı yapılmıştır. Bu tasarımın uygulandığı sistemim genel bir görünüşü Şekil 2.2'de görülmektedir.



Şekil 2.2: Hassas Bir Şekilde Su Seviyesinin Belirlenebilmesini Sağlayacak Havalık [6]

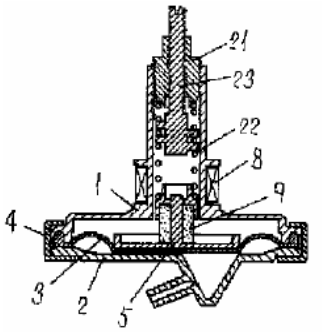
Burada anlatılan sistemde havalık içerisinde önceden belirlenmiş hacimde hava bulunmaktadır ve havalık kazan ile iletişim halinde bulunarak kazan içerisindeki su seviyesinin belirlenebilmesine imkan sağlamaktadır. Burada tasarımı yapılan havalık geometrisi havalık ile sensör arasında bulunan tüpün çıkmasını ve kırılmasını engellemek amacı ile yapılmıştır.



Şekil 2.3 : Havalık Etrafına Yapılan Koruma [6]

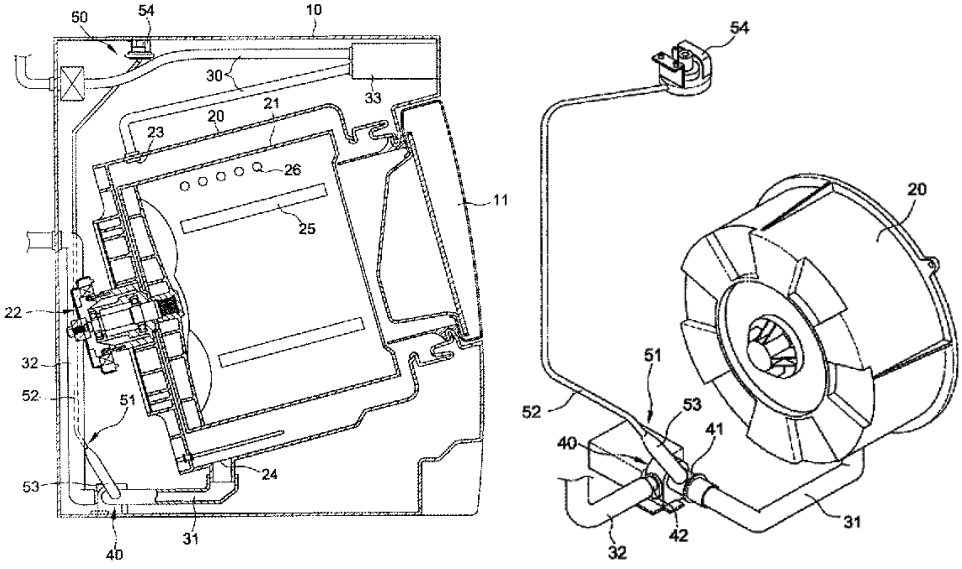
Şekil 2.3'de görülen havalık geometrisinde havalık tahliye çıkışına 110a ile gösterilen kıskaç ile bağlanmıştır. Ayrıca Şekil 2.3 üzerinde 120 ile gösterilen bağlantı tüpü de havalığa 110b ile gösterilen uzantı borusu ile bağlanmıştır. Bu şekilde yapılmış bağlantı tasarımı ile çamaşır makinasının darbelere maruz kalması durumunda veya kazan içerisindeki su seviyesinde çalkantı meydana gelmesi halinde bağlantı tüpünün yerinden oynaması veya çıkması engellenmiş olacaktır.

Yoshito ve arkadaşlarının [7] su seviye sensörü ile ilgili yaptıkları çalışmada su seviye ölçüm hassasiyeti arttırılmaya çalışılmıştır. Şekil 2.4 üzerinde 3 ile gösterilmiş diyaframın hareketi ile yer değiştiren yay tamponu 5, dış kap 1, diyaframın yer değiştirmesinin belirlenebilmesini sağlayan bobin 8, dış kap ile yay tamponu arasında yer alan sargı yayı ise 22 ile gösterilmiştir. Burada anlatılan sistemde sargı yayının pozisyonu ilk ayarlama elemanı (21) ile efektif sargı sayısı ise ikinci ayarlama elemanı (23) ile ayarlanarak su seviye sensörünün kalibrasyonunun yapılmasına imkan sağlanmaktadır.



Şekil 2.4: Ayarlanabilir Su Seviyesinin Sensörü [7]

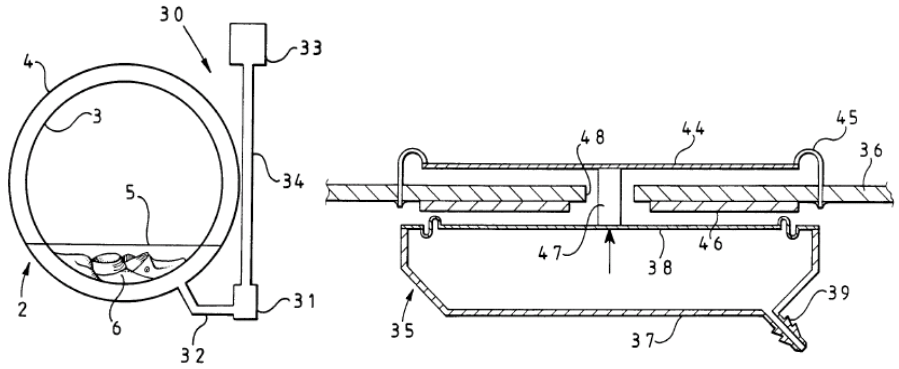
Su seviyesinin basınç ile ölçülmesi esnasında oluşabilecek hataları azaltmak amacı ile Myon ve arkadaşları [8] tarafından yapılan çalışmaya ait sistem Şekil 2.5'de gösterilmiştir. Bu şekil üzerinde kazan tahliye noktası 24, havalık ve havalık borusunun tamamı 51, havalık 53 ve havalık borusu 52, su seviye sensörü ise 54 ile gösterilmiştir. Şekil üzerinde pompa 40, pompa emme ağzı 41, pompa basma ağzı ise 32 ile gösterilmiştir. Bu çalışmada tasarlanan sistemde havalık, pompa girişine bağlanmıştır. Pompa ise çamaşır makinasının gövdesine bağlı bulunmaktadır. Burada gösterildiği gibi havalığın pompa üzerine bağlanması ile birlikte kazandan bağımsız olarak seviye ölçüm işlemi gerçekleştirilmiş olmaktadır.



Şekil 2.5 : Pompa Girişine Monte Edilmiş Havalık [8]

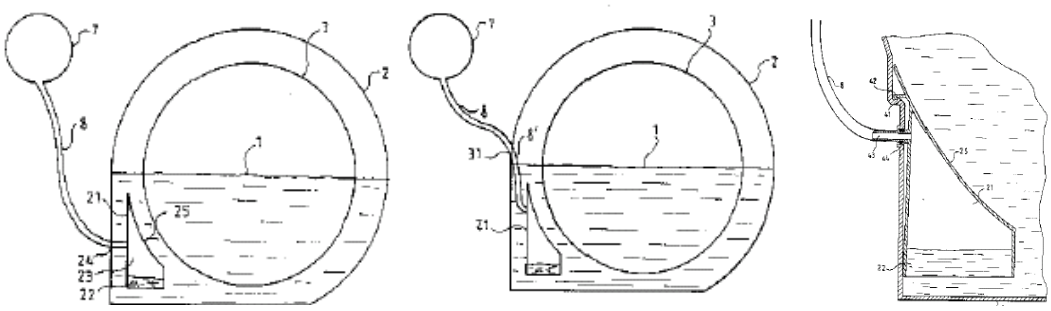
Sonuç olarak motorun dönme hareketi ile oluşan titreşimin ölçme sistemine zarar verme olasılılığı en aza indirilmiş olmaktadır. Bu tasarımda dikkat edilmesi gereken en önemli nokta, pompanın girişine bağlanmış olan havalığın tıkanmaya yol açmayacak şekilde geniş olmasıdır.

Martin ve Henry [9] su seviyesinin ölçülebilmesini sağlayabilmek amacı ile Şekil 2.6 ‘da görülen sistemin ve basınç ölçerin tasarımını yapmışlardır. Bu tasarımda basınç ölçer kazan içerisinde yükselen su seviyesine bağlı olarak sürekli bir sinyal üretmektedir. Kazan içerisinde bulunan suyun oluşturduğu basınç 34 ile gösterilen hat ile basınç ölçerin 37 ile gösterilen haznesine iletilir. Basınç ölçer içerisinde 47 ile gösterilen komponent diyafram üzerine sabitlenmiş ve diyaframın hareketi ile birlikte hareket ederek 44 ve 46 ile gösterilen plakaların birbirinden uzaklaşmasını sağlamaktadır. Plakaların birbirlerinden uzaklaşması ile basınca karşılık sürekli bir elektriksel sinyal üretilmiş olmaktadır.



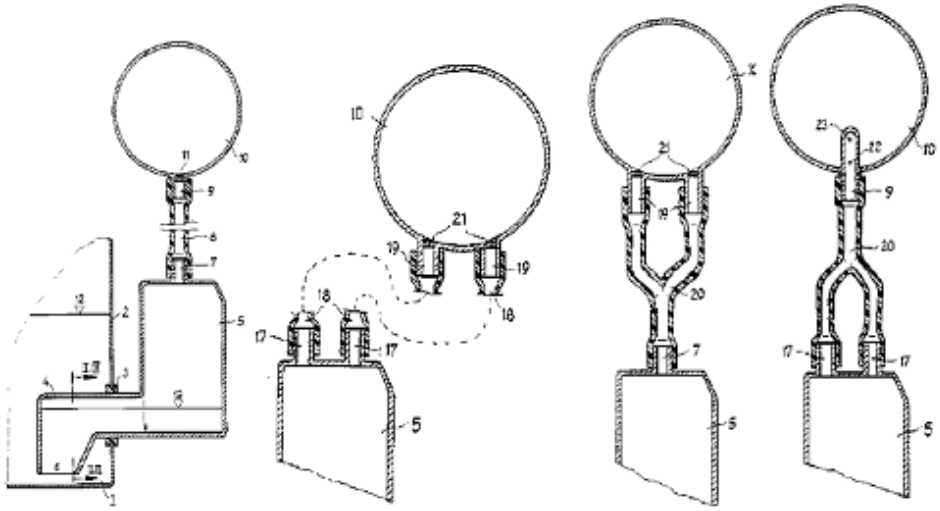
Şekil 2.6 : Seviye Ölçüm Yöntemi [9]

Havalığın kazan ile bütünleşik olduğu bir çalışma ise Herve [10] tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada anlatılan sistemde kazanın bir bölümü Şekil 2.7’de görüldüğü gibi havalık olarak görev yapmaktadır. Genelde havalık kazana alt noktadan montajlanmış ayrı bir eleman olarak bulunmaktadır. Ancak bu şekilde yapılan bir tasarımda kazan içerisinde yükselen suyun havalıkta oluşturduğu basıncın havalık ile kazanın birleştiği noktada çözülmelere yol açma riski bulunmaktadır. Bu çalışma sonunda yapılan yeni tasarım ile bu risk ortadan kaldırılmaya çalışılmıştır.



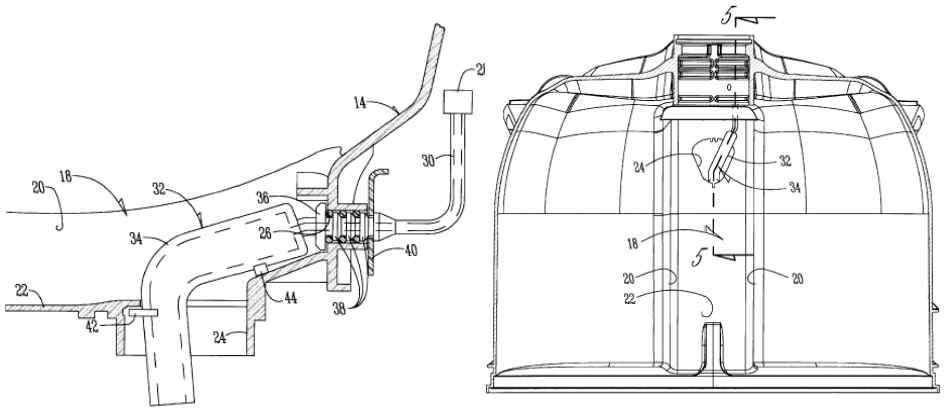
Şekil 2.7: Kazan İle Bütünleşik Havalık [10]

Havalık borusunda meydana gelebilecek tıkanma riskini en aza indirmeye yönelik havalık tasarımı ise Dipling ve arkadaşları [11] tarafından yapılmıştır. Şekil 2.8'de görülen sistemde havalık, hazne içerisindeki su seviyesini algılayabilmek amacı ile haznenin en alt noktasına bağlanmıştır. Şekil 2.8'de bu çalışmada yer alan diğer havalık borusu bağlantı şekillerine yer verilmiştir. Bu tasarımlarda yıkama esnasında veya sonrasında havalık borusunda oluşabilecek tıkanmaların en aza indirilebilmesini sağlayabilmek amacı ile havalıkta oluşan basınç iki hat üzerinde çeşitli şekillerde basınç sensörüne iletilmektedir.



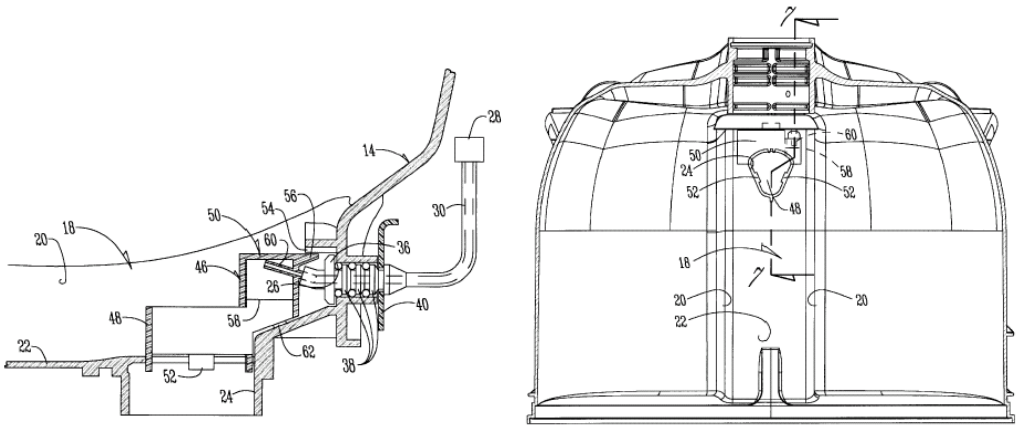
Şekil 2.8 : Havalık Borusu İçin Tasarımlar [11]

Havalık içerisine suyun girmesini ve suyun havalık içerisinde sıkışıp kalmasını engellemeye yönelik tasarım ise Troy [12] tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada yapılan tasarımda havalık açılı olarak kazan içerisinde yer almaktadır. Şekil 2.9'da bu sistem için yapılmış ilk tasarım yer almaktadır.



Şekil 2.9 : Kazan İçerisinde Bulunan Havalık Tasarım -1 [12]

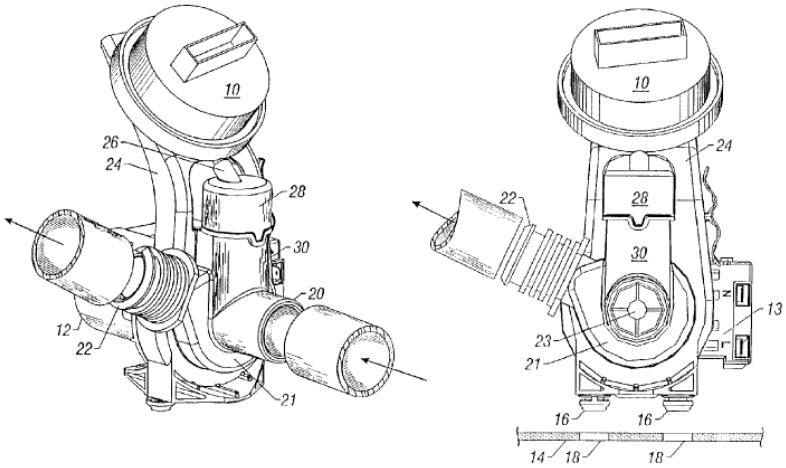
İlk tasarımda 32 ile gösterilen havalığın açık ucu aşağıya doğru yönlenmiş ve açılı olarak yerleştirilmiştir. Bu şekilde çamaşır makinasının herhangi bir nedenle eğilmesi durumda tahliye sonrasında havalıkta su kalmaması sağlanmıştır.



Şekil 2.10 : Kazan İçerisinde Bulunan Havalık Tasarım -2 [12]

Şekil 2.10'da ise aynı sistem için yapılmış alternatif tasarım görülmektedir. Bu tasarımda havalığın yerini kazan içerisinde bulunan bir bölme almıştır. Bu şekilde görülen 48 numaralı bölme ise deterjanın kazanın dışına çıkmasını engellemek yanında yabancı maddelerin pompayı tıkamasını da engellemektedir.

Ted ve arkadaşları [13] tarafından yapılan tahliye pompası üzerine monte edilmiş seviye ölçer ile ilgili çalışmaya ait tasarım Şekil 2.11'de gösterilmiştir. Bu çalışmada yapılan tasarımda su seviye sensörü veya anahtarı (10) çamaşır makinasının tabanına (14) sabitlenmiş olarak bulunan tahliye pompası (12) üzerine monte edilmiştir.

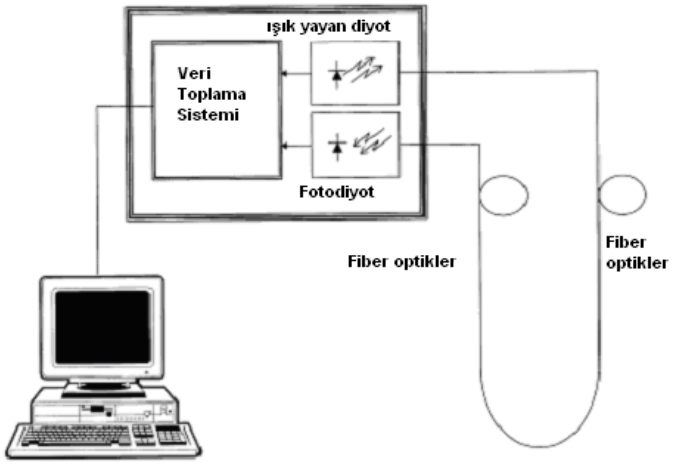


Şekil 2.11 : Tahliye Pompası Üzerine Monte Edilmiş Seviye Ölçer [13]

Pompanın girişi ve çıkışı Şekil 2.11 üzerinde ok ile gösterilmiştir. Şekil 2.11'de 10 ile gösterilmiş seviye ölçer ile 30 ile gösterilmiş havalık arasında ki iletişim 26 ile gösterilen hat ile sağlanmaktadır. Seviye ölçer yoğuşma problemlerinin en aza indirebilmesini sağlayabilmek amacı ile eğik olarak monte edilmiştir. Ayrıca bu bağlantılarda kaçak olması durumda sensör su basıncı ile de aktif hale gelerek taşma olmasını engellemektedir. Bu tasarım ile elde edilen bir diğer fayda ise kazan seviyesinin çamaşır yüklenmesi ile birlikte düşmesi sonucunda sensör üzerine etkiyen basıncın azalması ve sensörün daha geç aktif hale gelerek, çamaşır miktarına bağlı olarak su alınabilmesini sağlamasıdır.

2.2 Alternatif Seviye Ölçme Yöntemleri

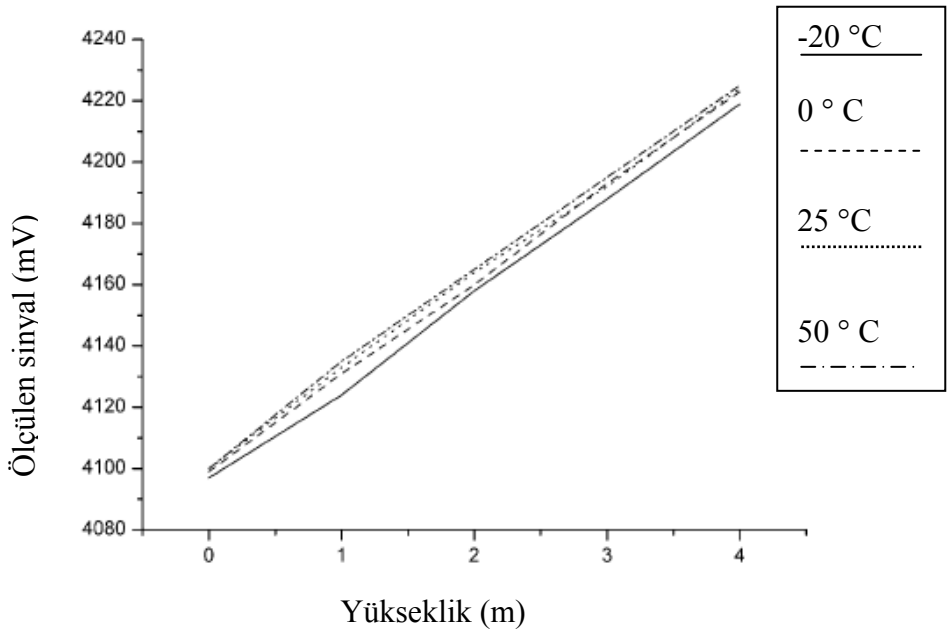
Ócon, Rubiño ve arkadaşları [14] tarafından yapılan çalışmada sürekli seviye ölçümünde kullanılan fiber optik sensörler üzerine incelemeler yapılmıştır. Bu çalışmada kullanılan sensörler, sıvı içerisine daldırılmış fiber optik malzeme üzerinden yansıyan ışığın ölçülmesi prensibine dayanmaktadır. Bu yöntem, herhangi bir elektriksel sinyalin kullanılmaması nedeni ile tehlikeli maddelerin seviyelerinin ölçümünde de kullanılmaktadır. Ayrıca bu yönteminin çözünürlüğü ve tekrarlanabilirliği yüksektir. Yöntemde herhangi bir hareketli eleman kullanılmaması nedeni ile histerezis problemi bulunmamaktadır. Işık fiber malzeme üzerinde her zaman aynı şekilde ilerlemektedir. Sistemin genel görünüşü Şekil 2.12' de görülmektedir.



Şekil 2.12: Fiber Optik Yöntem İle Seviye Ölçümü [14]

Bu sistemde bilgisayar, veri toplama sistemi, foto diyot, ışık yayan diyot ve bir adet fiber optik yer almaktadır. Işık yayan diyot tarafından üretilen ışık enerjisi,

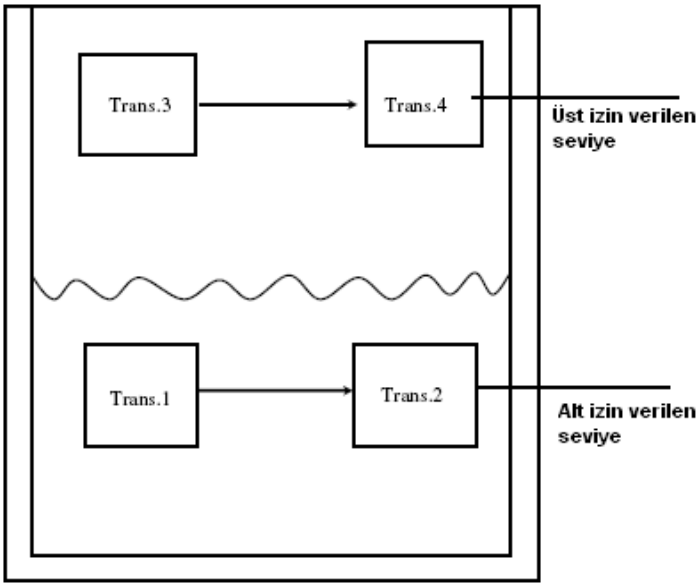
seviyesini ölçmek istediğimiz sıvı içerisine daldırılmış fiber optik üzerine yönlendirilir. Fiber optiklerin tamamen sıvı ile kaplı olduğu durumda sıvı sinyal etrafında ikinci bir kaplama görevi görmektedir. Bu durumda gönderilen ışığın teorik olarak kayıp olmadan geri yansıması gerekmektedir. Seviyesini ölçmek istediğimiz tankın tamamen dolu olmadığı durumda ise fiber optiğin bir kısmı sıvı, bir kısmı ise hava ile çevrili bulunmaktadır. Sıvı ile çevrili bölümde yansımanın tamamına yakın gerçekleşirken, hava ile çevrili kısımda toplam yansımanın çok küçük bir bölümü gerçekleşmektedir. Ölçülen sinyalin farklı sıvı yüksekliklerdeki değerlerde kalibre edilmesi ile foto diyot'tan okunan değerden doğrudan sıvı yüksekliğini belirlemek mümkündür. Bu yöntem ile farklı sıcaklıklarda yapılmış ölçümlerin sonuçları Şekil 2.13'de görülmektedir.



Şekil 2.13 : Farklı Sıcaklıklarda Ölçülen Sinyalin Yükseklik İle Değişimi [14]

Sakharov, Kuznetsov ve arkadaşları [15] tarafından yapılan çalışmada yüksek basınç altındaki metal tanklarda sıvı seviyesi ölçümü için ultrasonik lamb dalgalarının kullanımı incelenmiştir. Bu yöntemde tank duvarında hareket eden lamb dalgalarının hareketi göz önüne alınmaktadır. Tank içerisindeki sıvı varlığı tank duvarında ilerleyen dalganın karakteristiğini değiştirmektedir ve bu değişim sıvı seviyesi hakkında bilgi edinmek için kullanılmaktadır. Bu yöntemde temel olarak tankın tabanında bulunan bir transdüser tarafından üretilen akustik dalganın tank duvarından ve sıvı gaz yüzeyinden ilerleyerek yansıması sonucunda elde edilen dalganın başka bir transdüser tarafından algılandığı zamanın ölçülmesi

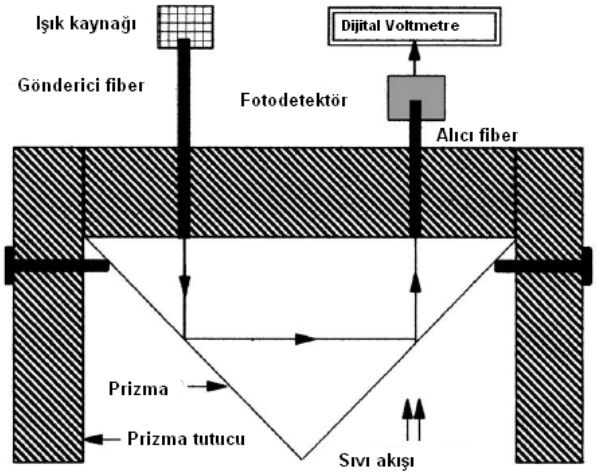
prensibi kullanılmaktadır. Teorik analizler yüksek dereceli simetrik ve anti simetrik lamb dalgalarının sıvı varlığına karşı duyarlı olduğunu göstermektedir. Seviye ölçümü için gerekli optimum dalga frekansı tankın cidar kalınlığına ve malzemesine göre değişmektedir. Bu çalışmada kurulan sistemin genel görünüşü Şekil 2.14'de görülmektedir.



Şekil 2.14 : Ultrasonik Lamb Dalgaları İle Seviye Ölçümü [15]

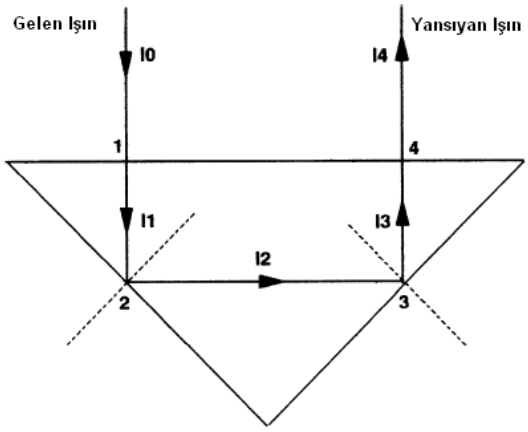
Bu sistemde temel olarak alt seviyede ve üst seviyede ikişer adet transdüser bulunmaktadır. Bunlar gönderen ve alan transdüserler olmak üzere çift olarak alt (transdüser 1 ve transdüser 2) ve üst (transdüser 3 ve transdüser 4) izin verilen seviyelerde yer almaktadırlar. Bu çalışma sonunda 30-50 mm cidar kalınlığına sahip çelik tanklarda 100 kHz'lik çalışma frekansının ölçüm hassasiyeti için optimum değer olduğu gösterilmiştir.

Golnabi [16] tarafından yapılan çalışmada ise sıvı seviyesi ölçümü için kullanılacak fiber optik sensör tasarımı yapılmıştır. Tasarımı yapılan fiber optik sensör Şekil 2.15'de görülmektedir. Tasarımı yapılan sensörde ışık kaynağı, prizma, prizma tutucu, bir çift fiber optik, fotodedektör ve dijital voltmetre bulunmaktadır.



Şekil 2.15 : Sıvı Seviyesi Ölçümü İçin Tasarlanan Fiber Optik Sensör [16]

Işık kaynağı tarafından üretilen sinyal fiber optik üzerinden prizmaya gönderilir. Yansıyan ışığın tam veya kısmi yansıması alıcı fiber tarafından toplanarak fotodedektör'e iletilir. Şekil 2.16'da sensörün çalışma prensibi gösterilmiştir.



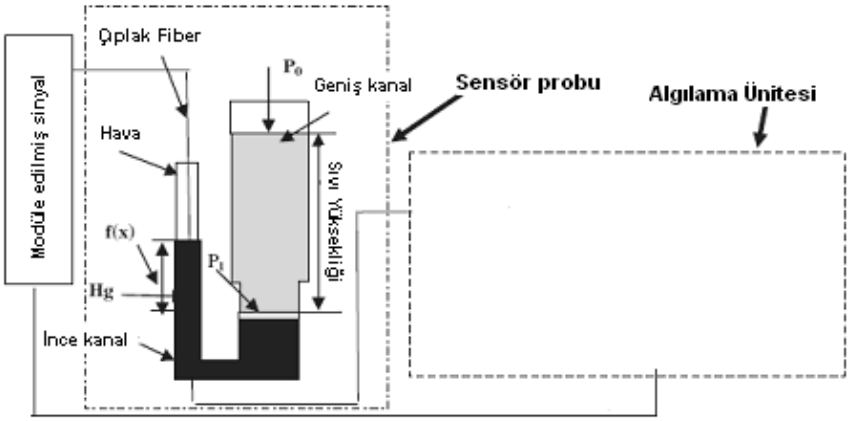
Şekil 2.16 : Fiber Optik Sensörün Çalışma Prensibi [16]

Li, Tigang ve arkadaşları [17] tarafından yapılan çalışmada gümüş kaplı fiber optikler ile seviye ölçümü çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmada gümüş kaplı fiber optik, seviye ölçüm probu olarak kullanılmıştır. Ölçülecek sıvı seviyesi ise bu gümüş kaplamanın boyunun değişimi ile ifade edilmiştir. Teorik analizler ve deneyler göstermiştir ki fiber optiğin çapı ve ışığın dalga boyu uygun seçildiğinde optik güç gümüş kaplamının boyu ile ters orantılı olarak değişmektedir. Şekil 2.17'de etrafına gümüş kaplama yapılmış bir fiber optik görülmektedir. Bu çalışmada sıvı seviyesi ölçümü için uygun değerler seçilerek Şekil 2.18'deki düzenek kurulmuştur.



Şekil 2.17: Gümüş Kaplı Fiber Optik [17]

Şekil 2.18'de görülen düzenekte seviyesi ölçülmek istenen sıvı geniş ağızlı bir kanal içerisinde yer almaktadır. Fiber optik üzerine kaplanacak gümüş ise dar ağızlı bir kanal içerisinde yer almaktadır ve bu iki sıvı bileşik kaplar prensibine göre hareket etmektedirler. Ölçülmek istenen sıvının seviyesi değiştikçe sıvı gümüşünde çıplak fiber üzerindeki yüksekliği değişmektedir. Bu değişim ölçülen optik gücün azalmasına neden olmaktadır. Gümüş kaplamının yüksekliği ile optik güç azalması arasındaki doğrusal bağıntı sıvı yüksekliğinin belirlenebilmesine olanak sağlamaktadır.



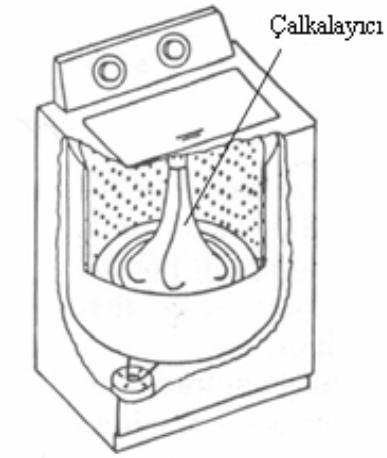
Şekil 2.18: Gümüş Kaplı Fiber İle Seviye Ölçümü [17]

3. ÇAMAŞIR MAKİNASI VE SU ALMA SİSTEMİNİN TANITILMASI

Çamaşır makinaları genel olarak üç ana gruba ayrılmaktadır [4]. Bunlar;

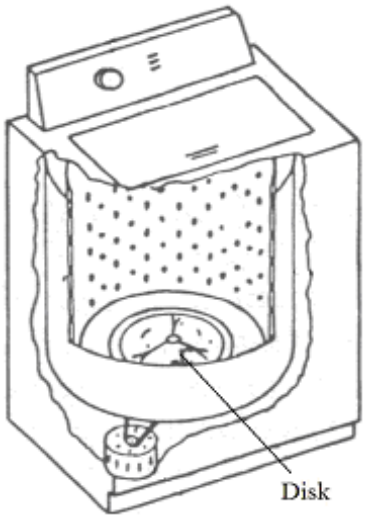
1. Çalkalayıcılı
2. Pervaneli
3. Yatay Tamburlu

Şekil 3.1'de çalkalayıcı tip çamaşır makinası görülmektedir. Bu tip makinalarda düşey olarak yerleştirilmiş olan çalkalayıcı mekanik etkiyi sağlamaktadır. Bu makinalarda ısıtıcı bulunmamaktadır.



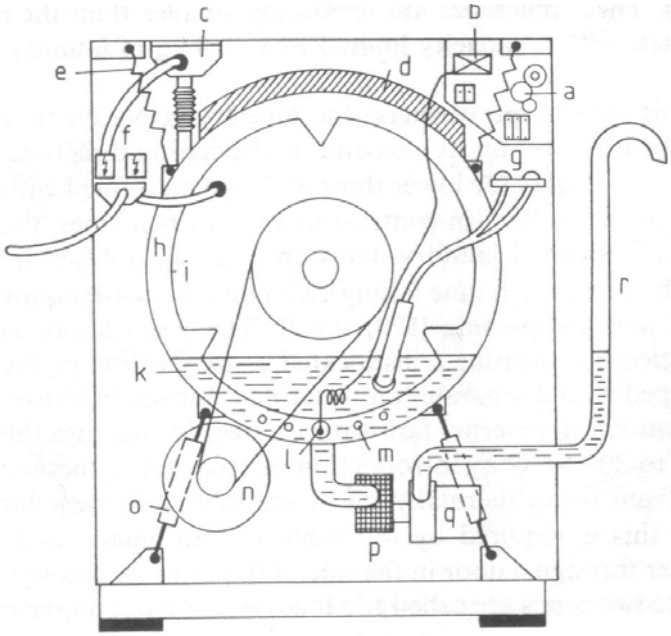
Şekil 3.1 :Çalkalayıcı Tip Çamaşır Makinası [4]

Şekil 3.2'de görülen çamaşır makinası pervaneli tip çamaşır makinasıdır [4]. Bu tip çamaşır makinalarında çalkalayıcının yerine dönen bir disk bulunmaktadır. Bu makinalarda ısıtıcı bulunmamaktadır.



Şekil 3.2 : Pervaneli Çamaşır Makinası [4]

Şekil 3.3'de yatay tamburlu bir çamaşır makinası görülmektedir [4]. Bu tip makinalarda yıkama işlemi delikli bir tambur içerisinde yapılmaktadır. Bu makinalarda yıkama sıvısı ısıtıcı ile ısıtılmaktadır. Çamaşırlar tambur içerisindeki kanatlar vasıtası ile hareket ettirilerek çitileme etkisi yaratılmaya çalışılmaktadır.



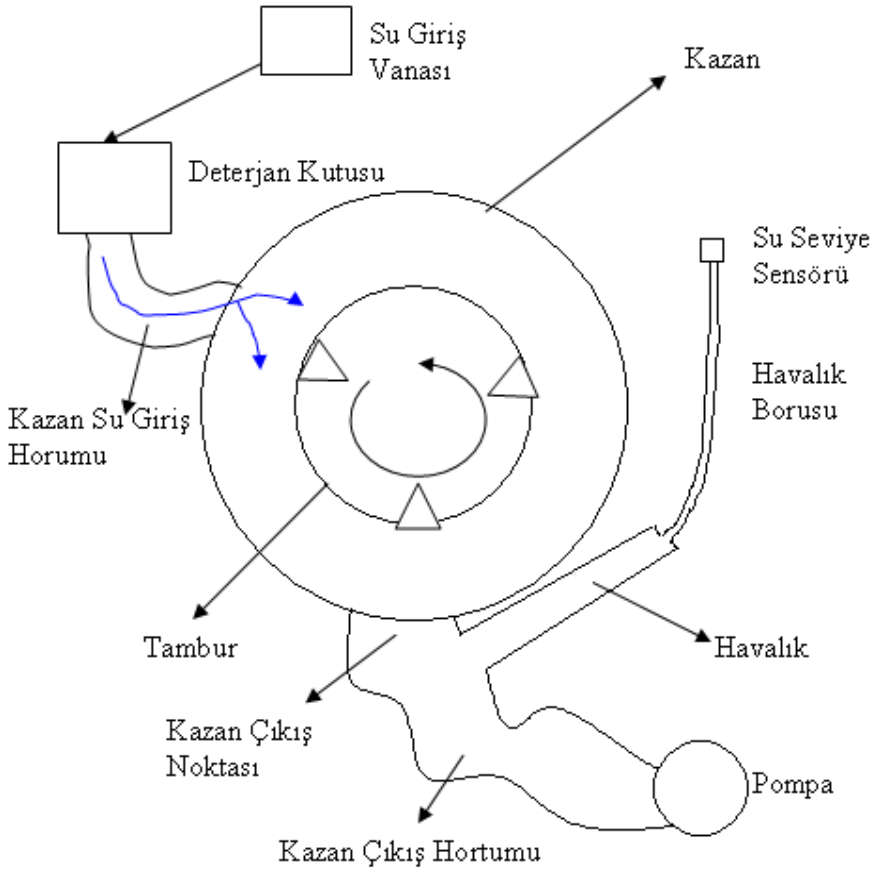
Şekil 3.3 : Yatay Tamburlu Çamaşır Makinası [4]

Yatay tamburlu çamaşır makinaları yükleme şekline göre önden yüklemeli ve üstten yüklemeli olmak üzere ikiye ayrılmaktadır [4]. Önden yüklemelilerde deterjan için ön tarafta bulunan bir çekmece tasarlanmıştır. Üstten yüklemelilerde ise deterjan için makinanın üstünde bir bölme bulunmaktadır.

Yatay tamburlu çamaşır makinalarında sıcaklık için iki adet sistem kullanılmaktadır. Birincisi bir anahtar vasıtası ile belirli bir sıcaklığa kadar ısıtma, ikincisi ise belirli bir süre boyunca ısıtmadır. İkinci durumda kazan içerisindeki suyun sıcaklığı suyun giriş sıcaklığına ve çevre sıcaklığına bağlı olacağından, düzgün bir sıcaklık kontrolü sağlanamamaktadır.

3.1 Yatay Tamburlu Çamaşır Makinalarının Su Alma Sistemi

Bu bölümde projenin çalışma alanı içerisinde yer alan yatay tamburlu çamaşır makinalarının su sistemleri üzerinde durulacaktır. Şekil 3.4'de yatay tamburlu bir çamaşır makinası için su sistemi şematik olarak gösterilmiştir.

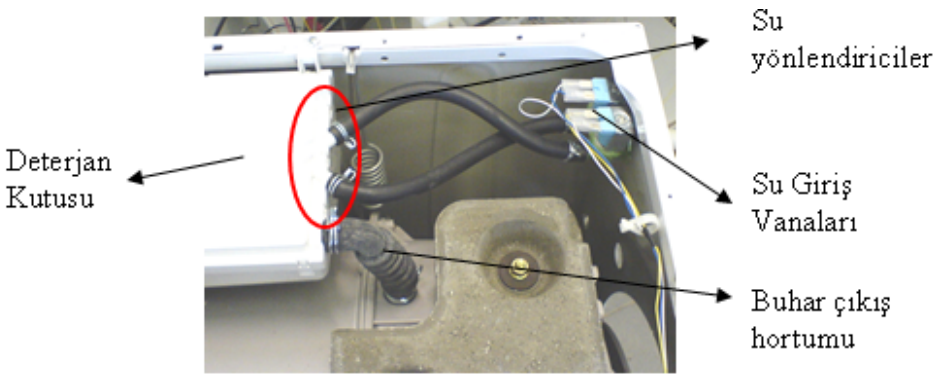


Şekil 3.4 : Yatay Tamburlu Çamaşır Makinası Su Sistemi

Şekil 3.4'de gösterilen sistem en genel hali ile yatay tamburlu bir çamaşır makinasının su alma, seviye ölçme ve tahliye sistemini göstermektedir. Burada gösterilen her bir eleman için farklı tipler bulunmaktadır ancak temel prensipler genellikle değişmemektedir.

3.1.1 Su Alma Sistemi

Yatay tamburlu çamaşır makinalarının su alma sistemi; su giriş vanası, su yönlendirici, deterjan kutusu ve kazan su giriş hortumundan oluşmaktadır.



Şekil 3.5 : Yatay Tamburlu Çamaşır Makinası Su Alma Sistemi

Şekil 3.5'de su alma sisteminin bazı elemanları gösterilmiştir. Bu şekil üzerinde doğrudan su alma sisteminin parçası olmamasına rağmen buhar çıkış hortumu görülmektedir. Buhar çıkış hortumu kazan içerisindeki basıncın atmosfer basıncına getirilmesini ve dolayısıyla çamaşır makinası içerisine su alınabilmesini sağlamaktadır. Çamaşır makinasının modeline bağlı olarak sıcak ve soğuk su giriş vanaları ile tekli, ikili ve üç'lü su giriş vanaları bulunabilmektedir.

Su giriş vanalarından sonra deterjan kutusu girişinde su yönlendiriciler bulunmaktadır. Su yönlendiriciler çamaşır makinası içerisine alınan suyun deterjan kutusu içerisine etkin bir şekilde alınabilmesini sağlamaktadır.

Su alma sisteminin en önemli elemanlarında olan deterjan kutusu, yıkama için gerekli deterjanın alınan su ile birlikte kazan içerisine taşınabilmesini sağlamaktadır.

Deterjan kutusunun altında bulunan kazan su giriş hortumu ise deterjan kutusu içerisine alınan suyun kazan içerisine taşınmasını sağlamaktadır.

3.1.2 Su seviyesi ölçüm sistemi

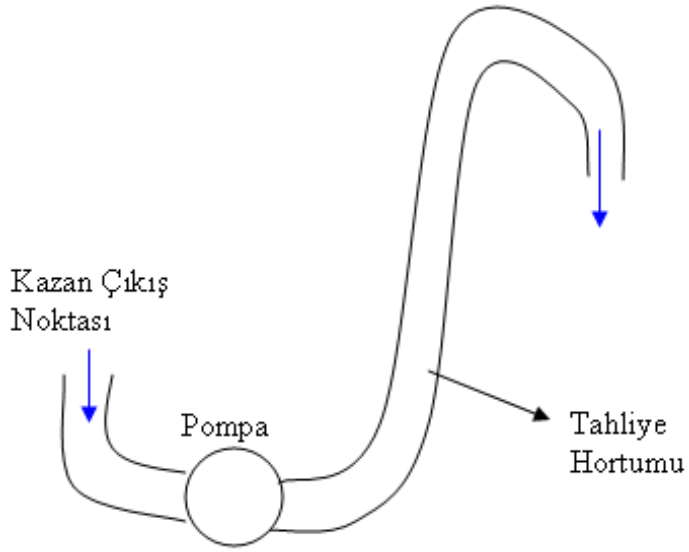
Yatay tamburlu çamaşır makinalarının çoğunda kazan içerisindeki su seviyesi, kazan içerisinde yükselen suyun yüksekliğinin oluşturduğu basıncın bir basınç ölçer ile belirlenmesi prensibine dayanmaktadır.

Yatay tamburlu çamaşır makinalarında kazan içerisine alınan su önce kazan çıkış hortumunda sonra kazan içerisinde yükselmeye başlarken havalığın kazan çıkışına

teğet olarak bulunan ağzını kapatır ve atmosfer ile iletişimini keser (Şekil 3.4). Bu nedenle havalık içerisinde bulunan hava hapsedilmiş olur. Kazan içerisine alınan su kazan içerisinde yükseldikçe havalıkta bulunan havayı sıkıştırır ve basıncının artmasına neden olur. Bu temel prensip kullanılarak kazan içerisindeki suyun yüksekliği basınç ölçer vasıtası ile belirlenir ve bu bilgi algoritma da kullanılarak alınacak su miktarı belirlenir.

3.1.3 Tahliye sistemi

Yatay tamburlu çamaşır makinalarının tahliye sistemi kazan çıkış hortumu pompa ve tahliye hortumundan oluşmaktadır. Yıkama sonrası pompanın çalıştırılması ile kazan içerisindeki su kazan çıkış hortumu, pompa ve tahliye hortumu yolunu izleyerek dışarı atılır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6 : Tahliye Hattı

Şekil 3.6'da tahliye hattı görülmektedir. Bu şekilde görülen tahliye hortumunun geometrisi pompa durduktan sonra deve boynunun en tepesinden itibaren suyun geri dönmesi sağlar.

4. ÇAMAŞIR MAKİNASI SU SAÇINIKLIĞI ÇALIŞMALARI

Çamaşır Makinası (ÇM) su alma sisteminde ana yıkama su alma adımında karşılaşılan saçınıklık probleminin incelenmesi aşamasında temel olarak su alma işleminin başlamasını, durdurulmasını ve gereken yerlerde tekrar su alınmasını sağlayan su seviye sensörleri üzerinde durulmuştur. Su saçınıklığı çalışmaları iki adet deney sistemi üzerinde yapılmıştır.

1. Basınç-frekans eğrisi deneyleri
2. Ana-yıkama su alma deneyleri (ÇM üzerinde)

4.1 Basınç-Frekans Eğrisi Deney Düzeneği

Su seviye sensörlerinin çamaşır makinası dışında test edilebilmesini sağlayabilmek amacı ile bir deney düzeneği tasarımı yapılmıştır. Bu deney düzeneği vasıtası ile su seviye sensörlerinin kazan içerisine alınan suyun havalıkta oluşturduğu basınca karşılık gösterdikleri tepki çamaşır makinası dışında test edilmiştir.

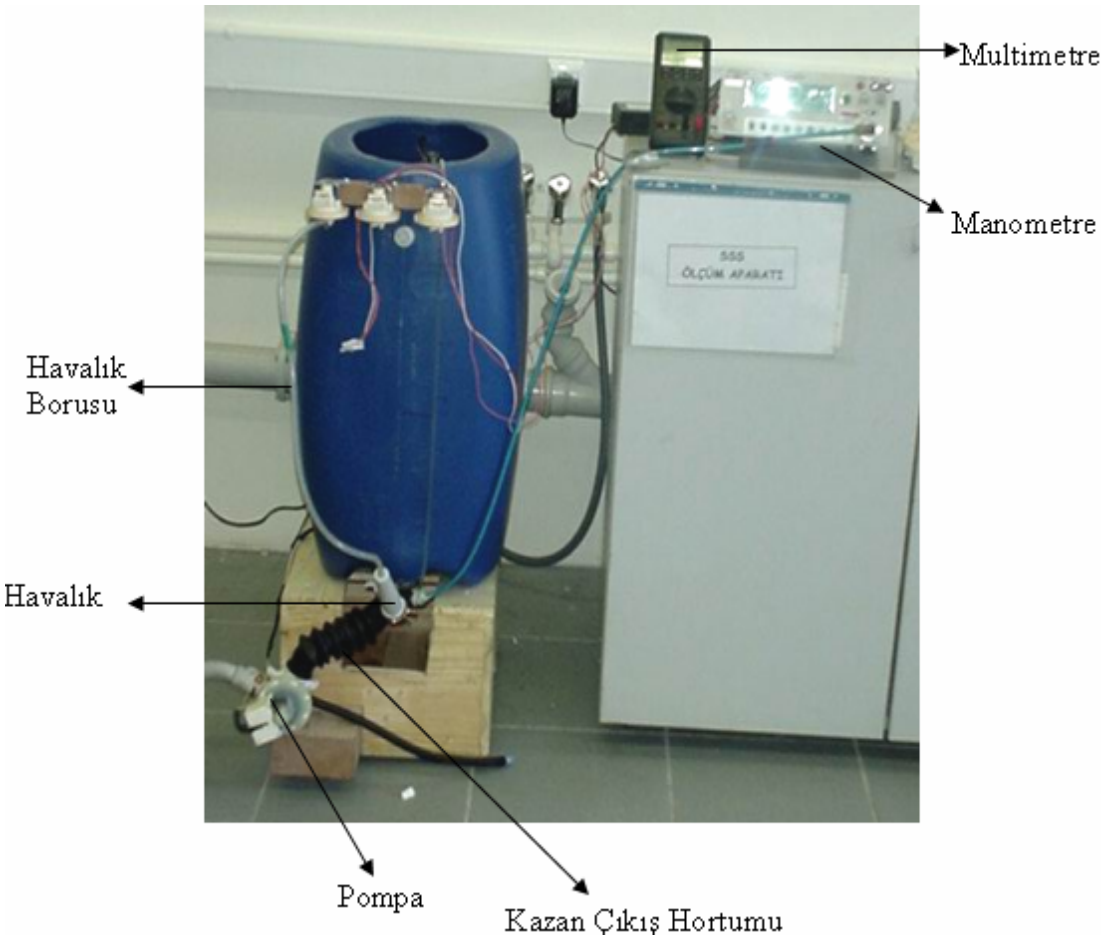
Deney düzeneğinin çalışma prensibi su seviye sensörünün çamaşır makinası üzerinde basıncı algılama ilkesi ile aynıdır. Çamaşır makinası su alma adımı esnasında su giriş vanası ve deterjan kutusu vasıtası ile kazan içerisine alınan su, kazanın tahliye hattı girişine bağlanmış olan havalıktaki havayı hapsederek sıkışmasına ve sıkışan havanın basınç oluşturmasına neden olmaktadır. Kazan içerisine alınan suyun yüksekliği arttıkça havalıkta hapsedilen hava daha fazla sıkıştırılarak hacmi azalır ve havalık borusunda oluşturduğu basınç artar. Havalıkta sıkışan havanın oluşturduğu basınç suyun yüksekliği ile doğru orantılıdır. Bu nedenle kazan içerisine alınan su miktarı ile havalık ve havalık borusunda oluşan basınç arasında ilişki kurmak mümkündür. Çamaşır makinası üzerinde havalık borusunun ucuna bağlanmış olarak bulunan su seviye sensörü, havalıkta oluşan basıncın su seviye sensörü içerisinde bulunan elektriksel elemanlar vasıtası ile frekans şeklinde okunabilmesine olanak sağlar. Su seviye sensörünün çalışma prensibi göz önüne alındığında kazan içerisinde yükselen suyun oluşturduğu basınç değerlerine karşılık frekans değerlerinin elde edilebilmesinin su seviye sensörünün

ölçüm hassasiyeti açısından belirleyici bir bilgi olduğu açıktır. Su seviye sensörlerinin giriş-çıkış karakteristiklerini elde edebilmek için dinamik ve statik olmak üzere iki adet yöntem kullanılmaktadır. Statik yöntemde su seviye sensörlerinde bulunan membran üzerine istenen değerde basınç uygulanarak su seviye sensörünün bağlı olduğu elektronik devre vasıtasıyla frekans değeri okunur. Bu şekilde belirlenen deney yöntemi sayesinde su seviye sensörünün ancak belirli noktalardaki giriş-çıkış değerleri elde edilebilmektedir. Dinamik yöntemde ise su seviye sensörüne dinamik şekilde uygulanan basıncın ve kontrol devresi vasıtası ile okunan frekans değerlerinin eşit zaman aralıklarında aynı anda kaydedilmesi temel prensiptir. Dinamik olarak su seviye sensörlerinin giriş-çıkış karakteristiklerinin belirlenmesi sensörün uygulamadaki çalışma koşulları ile aynı koşullarda elde edilmiş değerler olması nedeni ile daha güvenilir sonuçlar vermektedir. Ayrıca sensörün basınca karşılık her noktada vereceği tepkinin ölçülmüş olması nedeni ile sensörün çalışma karakteristiği açısından da daha ayrıntılı bilgi elde edilmiş olur.

Bu proje kapsamında imal edilen deney düzeneği (Şekil 4.1) su seviye sensörlerinin dinamik olarak ve çamaşır makinası dışında test edilebilmesine olanak sağlamaktadır. İmal edilen deney düzeneğinde bulunan bidon, çamaşır makinasının kazanını temsil etmektedir. Kazan içerisine alınan suyun basıncının suyun yüksekliğine bağlı olması nedeni ile bidonun şeklinin önemi yoktur. Deney düzeneğinin tüm elemanları aşağıdaki gibi sıralanabilir;

1. Bidon
2. Su giriş vanası
3. Havalık
4. Havalık borusu
5. Kazan çıkış hortumu
6. Pompa
7. Manometre
8. Multimetre ve elektronik devre

Daha önce de belirtildiği gibi bidon çamaşır makinasının kazanını temsil etmektedir. Su kazan içerisinde yükseldiği gibi bidon içerisinde yükselmektedir. Bidonun yüksekliği su seviye sensörlerinin ölçüm yapabildiği tüm noktalarda test edilebilmesine imkan sağlayabilecek niteliktedir.



Şekil 4.1 : Bidon Deney Düzeneği ve Elemanları

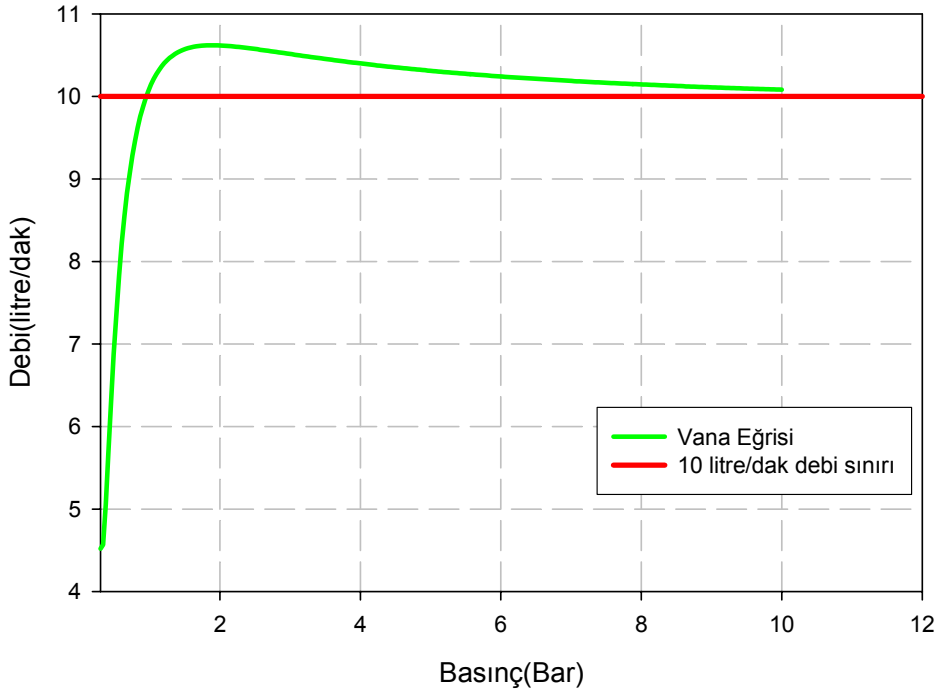
Deney düzeneği üzerinde bulunan tekli su giriş vanası (Şekil 4.2) 2 bar basıncın üzerinde bidon içerisine sabit 10 lt/dak ile su alınabilmesini sağlamaktadır. Tekli su giriş vanasının basınç-debi karakteristiği Şekil 4.3'te görülmektedir.



Şekil 4.2 : Tekli Su Giriş Vanası

Tekli su giriş vanasının deney düzeneği üzerinde bulunması çamaşır makinası ile aynı karakterde bidona su alınmasını sağlamaktadır. Su giriş vanası bir anahtar

vasıtası ile kontrol edilmektedir. Bu anahtar vasıtası ile su giriş vanası açık ve kapalı konuma getirilerek su alma işlemi gerçekleştirilmektedir.



Şekil 4.3 : Tekli Su Giriş Vanası Basınç-Debi Karakteristiği (Çamaşır Makinası dışında denenmiştir)

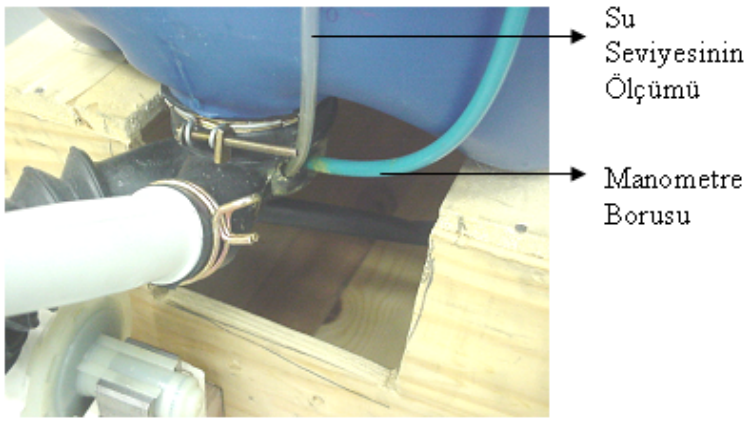
Deney düzeneği içerisine alınan su, tahliye hattına bağlanmış olan pompa vasıtası ile dışarı atılmaktadır. Pompa, su giriş vanasında olduğu gibi anahtar vasıtası ile kontrol edilmektedir.

Bidon içerisine alınan suyun yüksekliği çamaşır makinasında olduğu gibi tahliye hattı girişine bağlanmış olan havalık ve havalık borusu vasıtası ile ölçülmektedir (Şekil 4.4). Bidon içerisinde yükselen su havalıkta bulunan havayı hapsederek sıkıştırır ve su seviye sensörünün sıkışan havanın oluşturduğu basıncı algılaması sağlanmış olur.



Şekil 4.4 : Havalık Bağlantı Noktası

Su seviye sensörü üzerine etkiyen basınç değerini belirleyebilmek amacı kullanılan manometrenin manometre borusu, havalığın tahliye girişinde bağlandığı noktaya bağlanmıştır (Şekil 4.5).



Şekil 4.5 : Manometre Borusunun Bidona Bağlanışı

Bu şekilde manometre vasıtası ile su seviye sensörü üzerine etkiyen basınç değeri ölçülür. Su seviye sensörü ve elektronik devre her bir basınç değerine karşılık bir frekans değeri okunabilmesine imkan sağlamaktadır. Su alımı esnasında manometreden eşit zaman aralıkları ile okunan her bir basınç değerine karşılık aynı anda multimetre üzerinden bir frekans değeri okunmaktadır. Ayrıca manometreden okunan basınç değeri manometre borusu ile aynı noktaya bağlanmış olan şeffaf boru içerisinde yükselen suyun yüksekliğinin ölçülmesi ile teorik olarak da kontrol edilebilmektedir. Deney düzeneği üzerinde bulunan elemanlar çamaşır makinası üzerinde bulunan elemanlar ile aynı elemanlardır. Bu şekilde suyun çamaşır

makinası içerisinde izlediği yolu benzer elemanlar ile benzer şekilde izlemesi sağlanmış olur. Deney düzeneğinden frekans okunabilmesine olanak sağlayan multimetrenin kalibrasyon değerleri Tablo 4.1'de yer almaktadır. Tabloda yer alan kalibrasyon değerleri su seviye sensörünün çalışma aralığının 26.0 Khz ile 23.0 Khz arasında değiştiği göz önüne alınarak incelendiğinde multimetrenin su seviye sensörünün ölçüm aralığında sorunsuz çalıştığı görülmektedir.

Tablo 4.1: Multimetre Kalibrasyon Değerleri

Uygulanan Frekans Değeri (kHz)	Ölçülen Frekans Değeri (kHz)	Frekansta Ölçülen Gerilim (V)
15	15,00	4,67
16	16,00	4,64
17	17,00	4,61
18	18,00	4,58
19	19,00	4,55
20	20,01	4,52
21	21,01	4,49
22	22,01	4,45
23	23,00	4,42
24	24,00	4,39
24,5	24,50	4,37
25	25,00	4,36
25,5	25,50	4,35
26,0	26,00	4,33
26,5	26,50	4,32
27	27,00	4,30
27,5	27,49	4,29
28,0	28,00	4,28
29	29,00	4,25
30	30,00	4,22

4.2 Ana Yıkama Su Alma Deneyleri ve Deney Düzeneği

Ana yıkama su alma deneyleri ön yıkamasız pamuklu 60 °C programda gerçekleştirilen deneyleri kapsamaktadır. Deneylerin yapıldığı çamaşır makinası yıkama işleminin başlatılmasından ısıtıcının devreye girdiği ana kadar olan soğuk yıkama süresi boyunca su alma işlemini parça parça gerçekleştirmektedir. Isıtıcının devreye girmesinin ardından çamaşır makinası su alma işlemini sonlandırmaktadır. Çamaşır makinasının çalıştırılması ile birlikte makina ilk olarak su giriş vanasını açmakta ve su alma işlemini gerçekleştirmektedir. Su alma işlemi elektronik kart üzerinde belirtilen frekans değeri sensör üzerinden okunana kadar devam etmektedir. Bu değere ulaşıldığında kart vananın kapanması için sinyal göndererek

su alma işlemini durdurur ve tambur dönmeye başlar, tamburun dönmesi ile birlikte tambur içerisinde bulunan çamaşırın kuru kalmış üst bölümü de ıslanarak çamaşırın suyun emmesi sağlanır. Çamaşırın tamamının su ile temas etmesi ile birlikte kazan içerisinde ki su seviyesi düşerek basıncın azalmasına neden olur. Tambur hareketi ile birlikte meydana gelen seviye azalması belirli bir değer ulaştığı takdirde tekrar su alınması sağlanarak kazan içerisindeki su seviyesinin belirli bir değerin altına düşmesi engellenmiş olur. Kazan içerisindeki su seviyesinin kontrol edilmesi daha öncede belirtildiği gibi soğuk yıkama süresi boyunca devam eder. Bu nedenle çamaşır makinasının ısıtıcının devreye girmesinin ardından su alması mümkün değildir. Bu bilgi göz önünde bulundurularak ana yıkama su alma deneyleri yalnızca soğuk yıkama süresince devam ettirilmiş ve daha sonra deney sonlandırılmıştır. Deneylerde kullanılan deterjanın bir sonraki deneyi etkilemesini engellemek amacı ile deney sonrasında çamaşır makinası içerisinden çamaşırlar çıkarıldıktan sonra durulama programında çalıştırılmıştır.

Ana yıkama su alma deneylerinde kullanılan yöntem "EN60456 çamaşır makinası performans ölçümleri" standardı ile belirlenen koşullara bağlı kalınarak yapılmıştır [2]. Deneyler çamaşır makinasının deklarasyonunda kullanılan yük miktarı olan 6 kg çamaşır yükü ile yapılmıştır. Standartlar da belirtilen çamaşır yükü, çarşaf, yastık kılıfı ve el havlusundan oluşmaktadır. Yük miktarına bağlı olarak çarşaf, yastık kılıfı ve el havlusunun sayısı değişmektedir. 6 kg yük için belirtilen standart çamaşır 2 adet çarşaf, 8 adet yastık kılıfı ve bunlara ilaveten yükün tamamının 6 kg olmasını sağlayacak kadar el havlusundan oluşmaktadır. Yükün çamaşır makinası içerisinde yüklenmesi de standartda belirtildiği gibi yapılmaktadır (Ek F). Çamaşırın makinaya yüklenişine bir örnek Şekil 4.6'da gösterilmiştir.



Şekil 4.6: Çamaşırın Makinaya Yüklenmesi

Deneylerde kullanılan deterjan miktarı da standartta belirtildiği ölçüde kullanılmaktadır. 6 kg çamaşır için standartta belirtilen deterjan miktarı 150 gram'dır [2].

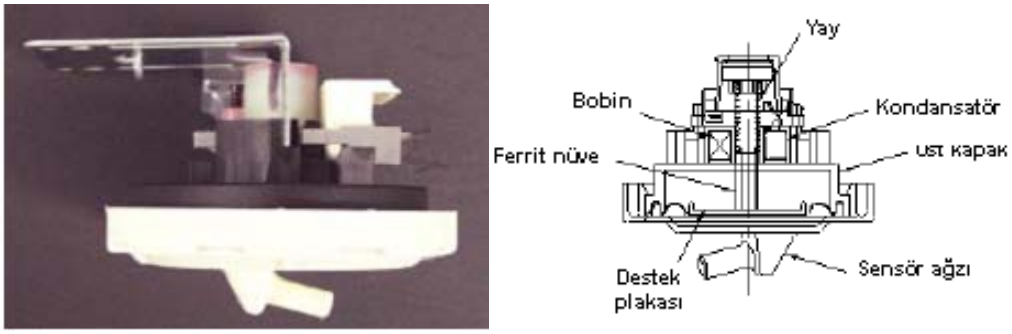


Şekil 4.7 : Manyetik Debimetre

Ana yıkama su alma deneylerinde alınan su miktarı manyetik debimetre (Şekil 4.7) ile ölçülmektedir. Manyetik debimetreden alınan ölçümler veri toplama sistemine aktarılmaktadır. Debimetreden alınan ölçümler veri toplama sistemi (VTS) ile görsel hala getirilerek alınan su miktarı belirlenmektedir.

4.3 Su Seviye Sensörü

Yatay tamburlu çamaşır makinalarında kazan içerisinde yükselen suyun yüksekliğini havalıkta sıkışan havanın basıncından faydalanarak ölçülebilmesine olanak sağlayan su seviye sensörü ve komponentleri Şekil 4.8'de görülmektedir.



Şekil 4.8:Su seviye Sensörü ve Komponentleri [18]

Su seviye sensörü temel olarak;

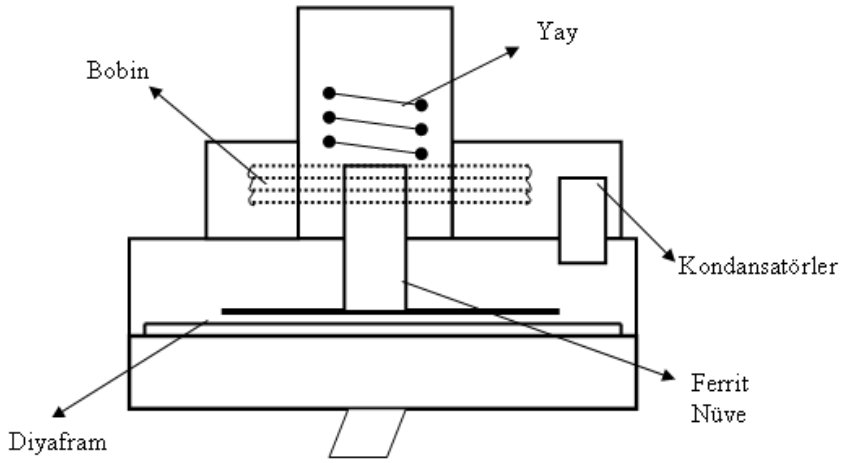
1. Kapak
2. Diyafram Lastiği
3. Ferrit nüve
4. Yay
5. Gövde
6. Bobin

Parçalarından oluşmaktadır [17]. Bu parçalar Şekil 4.9'da gösterilmiştir.



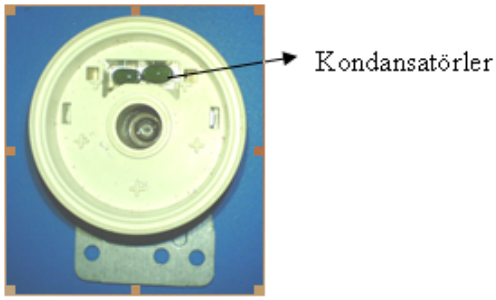
Şekil 4.9: Su Seviye Sensörü Komponentleri [18]

Su seviye sensörü çalışma prensibi nedeni ile basınç sensörü olarak çalışmaktadır. Temel görevi havalıkta oluşan basıncı algılamak ve bunu elektriksel bir sinyale dönüştürebilmektir. Bu çalışmada incelenen su seviye sensörü basınç sinyaline karşılık frekans sinyal okunabilmesine olanak sağlamaktadır.



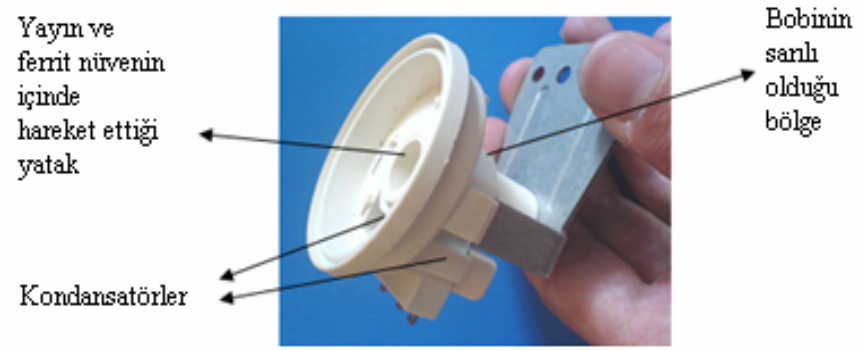
Şekil 4.10: Su Seviye Sensörü ve İç Yapısının Gösterilişi

Su seviye sensörünün iç yapısı Şekil 4.10'da gösterilmiştir. Şekil 4.10'da özellikle basınç sinyalinin frekans sinyaline dönüştürülebilmesine olanak sağlayan elemanların sensör içerisindeki yerleri gösterilmiştir. Bu elemanlar bobin, kondansatörler ve ferrit nüve'dir.



Şekil 4.11: Su Seviye Sensörünün Alt Gövdesinin Üstten Görünüşü

Şekil 4.11'de sensörün alt gövdesinin üst bölümünde ayrılmış bir bölmede bulunan kondansatörler gösterilmiştir.



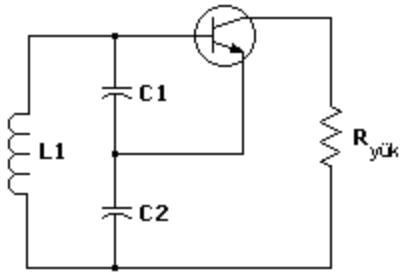
Şekil 4.12: Su seviye Sensörü (Bobinin, Kondansatörlerin ve Yatağın Konumu)

Şekil 4.12'de kondansatörlere ek olarak yayın ve ferrit nüvenin içinde hareket ettiği yatak ile bu yatağın etrafına sarılı olarak bulunan bobinin konumu gösterilmiştir.
Şekil 4.13'de diyaframın elastik olarak şekil değiştirdiği görülmektedir. Diyaframın arkasında bulunan destek plakası ve ferrit nüve yatak içerisinde bulunan yay ile birlikte hareket etmektedirler. Yayın karakteristiği diyaframın şekil değiştirme miktarını etkilemektedir.



Şekil 4.13: Sensörün Alt Gövdesi ve Diyaframın Elastik Şekil Değiştirmesi

Su seviye sensörü frekans sinyalini osilatör çalışma prensibi ile üretmektedir. Alt gövde de yayın ve ferrit nüvenin içinde hareket ettiği yayın etrafına sarılı olarak bulunan bobinin indüktans değeri ferrit nüvenin hareketi ile değişmektedir. Şekil 4.14'de collipits osilatör devre şeması verilmiştir.



Şekil 4.14 : Collipits Osilatör Devresi [19]

Şekil 4.14'de görülen collipits osilatörünün frekansı denklem 4.1 kullanılarak hesaplanabilmektedir [19].

$$f = \frac{1}{2\Pi[LC_1C_2/(C_1+C_2)]^{1/2}} \qquad \textbf{(4.1)}$$

Diyaframın basıncın etkisi ile şekil değiştirmesi sonucunda diyaframın arkasında bulunan destek plakası ferrit nüveyi itmekte sensörün gövdesine gömülü olarak bulunan bobinin indüktans değerinin değişmesine neden olmaktadır. Bobinin indüktans değerinin ferrit nüvenin hareketi ile değişmesi diyaframın yer değiştirmesine karşılık değişen bir frekans üretilmesine olanak sağlar. Diyaframın yer değiştirmesi de basıncın fonksiyonu olduğundan, basınca karşılık frekans sinyali üretilmiş olur.

4.4 Tip-01 Su Seviye Sensörü Çalışmaları

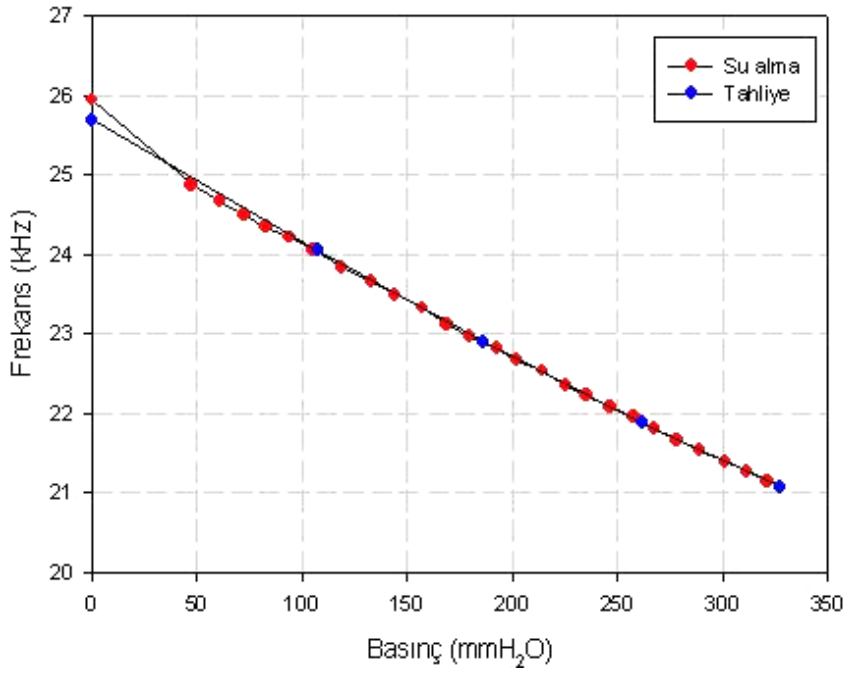
Tip-01 su seviye sensörlerinin ana yıkama su alma adımında alınan su miktarında meydana gelen saçınıklık problemi üzerine etkisini inceleyebilmek amacı ile ilk olarak 5 adet aynı model çamaşır makinası temin edilmiştir. Bu makina ve sensörler "ÇM-M" (M:1,2...5) olmak üzere isimlendirilmiştir. Bu makina ve üzerlerinde bulunan su seviye sensörleri kullanılarak ana yıkama su alma deneyleri yapılmış ve ortalamaları alınmıştır. Yapılan deneyler standart pamuklu 60°C programda, 6 kg çamaşır ve standart yükleme şekli ile yapılmıştır.

Tablo 4.2: ÇM-M Makina ve Üzerlerinde Bulunan Su Seviye Sensörleri İle Yapılan Deneylerde Elde Edilen Ana Yıkama Sonuçlarının Ortalama Değerleri

Alınan su miktarı (Lt)	
ÇM-1	17,16
ÇM-2	17,01
ÇM-3	16,95
ÇM-4	16,79
ÇM-5	16,30

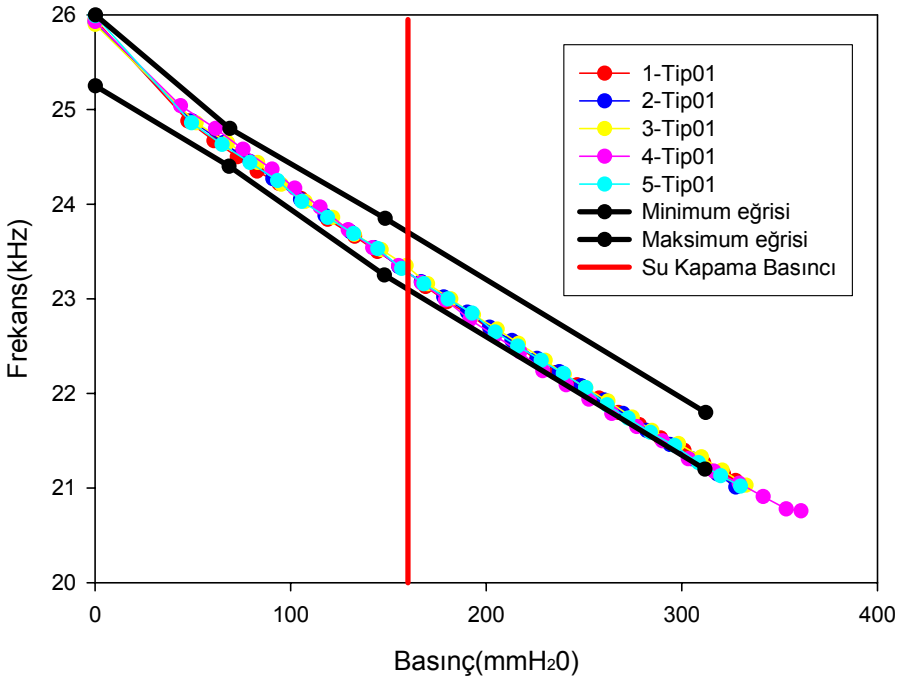
Yukarıdaki sonuçlar su seviye sensörlerinin ∓ 1 litre olan hassasiyetleri göz önüne alınarak incelendiğinde su seviye sensörlerinin problemsiz çalıştığı söylenebilmektedir.

Tip-01 su seviye sensörleri daha sonra sensörlerin çalışma eğrilerini elde edebilmek amacı ile imal edilmiş olan deney düzeneği üzerinde test edilmiştir. Tip-01 su seviye sensörleri ile yapılan testlerden bir tanesi Şekil 4.15'de görülmektedir. Su alma ve tahliye esnasında yapılan basınç-frekans ölçümleri bu şekil üzerinde bir arada gösterilmektedir. Tip-01 su seviye sensörleri ile yapılan ölçümlerde meydana gelen histerezis kaybı hakkında bilgi edinmek için Şekil 4.15'i incelemek gerekmektedir. Su alma ve tahliyede yapılan ölçümlerden elde edilen basınç-frekans eğrilerinin arasında fark olmaması histerezis kaybının olmadığını göstermektedir.



Şekil 4.15 : Tip-01 Su Alımı-Tahliye, Basınç-Frekans Eğrisi

Tip-01 su seviye sensörlerinin çalışma eğrileri hakkında fikir elde edebilmek amacıyla yapılacak deneylerde kullanmak üzere üretimden rastgele 5 adet Tip-01 su seviye sensörü temin edilmiştir Rastgele seçilen 5 adet Tip-01 su seviye sensörü ile yapılan basınç-frekans eğrisi ölçümleri Şekil 4.16'da görülmektedir.



Şekil 4.16 : Tip-01 Su Seviye Sensörleri Basınç-Frekans Eğrileri

Şekil 4.16 üzerinde firmanın belirlediği kabul aralıklarının alt ve üst değerlerini temsil eden eğriler ile su seviye sensörlerinin ana yıkama adımında ulaştıkları yaklaşık su kesme basıncı da görülmektedir.

Şekil 4.16'da görülen eğriler incelendiğinde su seviye sensörlerinin su kesme basıncına kadar firmanın belirlediği aralıklar içerisinde kaldığı görülmektedir. Su kesme basıncından sonra eğriler giderek alt tolerans eğrisine yaklaşmaktadır. Eğriler su seviye sensörlerinin ölçebildiği maksimum basınç noktasına yaklaştıkça alt tolerans eğrisini takip etmeye başlamaktadır. Yıkama çevrimi boyunca su alma adımlarında kazan içerisinde ki basıncın bu derece yüksek değerlere ulaşmadığı düşünülürse su seviye sensörlerinin basınç-frekans eğrileri bakımından sorunsuz olduğu görülmektedir.

4.4.1 Tip-01 Su Seviye Sensörü Alt ve Üst Tolerans Değerleri

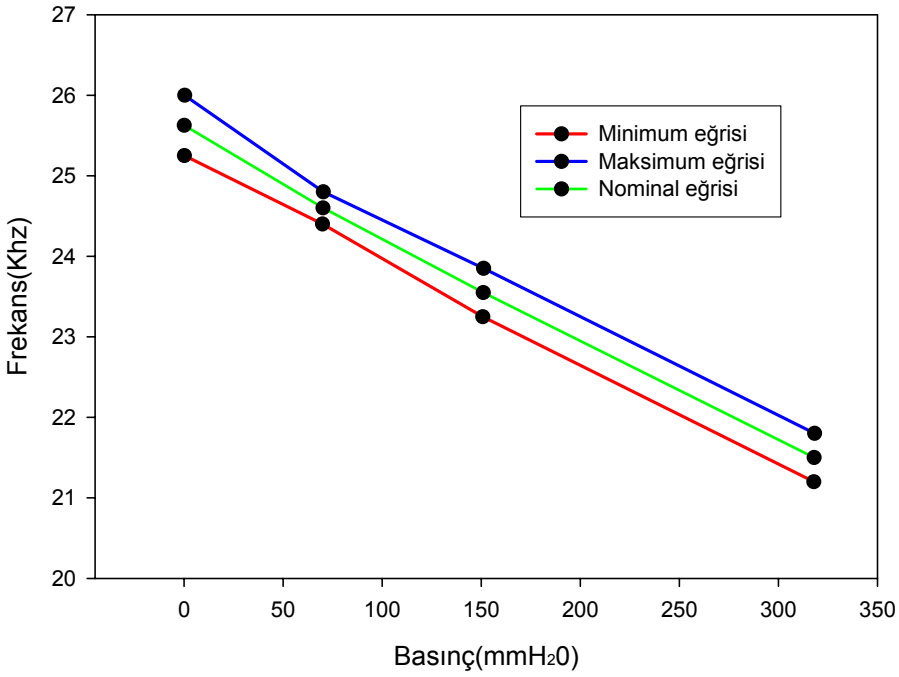
Tip-01 su seviye sensörleri için firmanın belirlediği tolerans sınırlarının alt ve üst değerleri Tablo 4.3'de görülmektedir. Tablo 4.3 incelendiğinde 4 adet basınç-

frekans noktasında alt ve üst tolerans değerlerinin belirtildiği görülmektedir. Tolerans noktalarındaki minimum ve maksimum basınç değerlerinin aynı denebilecek kadar birbirine yakın olduğu görülürken bu noktalardaki minimum ve maksimum frekans değerlerinin anlamlı oranda birbirinden farklı olduğu görülmektedir. Bu değerlendirme sensörlerin test edilmesi aşamasında belirli bir basınca karşılık okunan frekans değerlerinin daha etkili olduğunu göstermektedir. Şekil 4.17 firmanın Tip-01 su seviye sensörleri için belirlediği tolerans eğrilerini göstermektedir.

Tablo 4.3 : Tip-01 Tolerans Değerleri

BASINÇ (PASCAL) NOM	BASINÇ (PASCAL) MİN	BASINÇ (PASCAL) MAX	FREKANS (KHz) MİN.	FREKANS (KHz) MAX.
0	1	2	25,25	26
687	685	689	24,4	24,8
1481	1479	1483	23,25	23,85
3120	3118	3122	21,2	21,8

Çamaşır makinasının, su alma adımını durdurmasını sağlayan parametrenin sabit bir frekans değerine karşılık geldiği düşünülürse, minimum eğrisi üzerinde olan bir sensör için, bu frekans değerinin daha düşük basınçta sağlandığı görülürken maksimum eğrisi üzerinde olan bir sensör için daha yüksek basınç değerinde aynı frekans değerinin sağlanacağı görülmektedir. Bu nedenle su seviye sensörlerinin çalışma eğrilerinin minimum tolerans eğrisine yakın olması alınan su miktarının düşmesine, maksimum tolerans eğrisine yakın olması ise alınan su miktarının artmasına neden olmaktadır. Sonuç olarak, alt ve üst tolerans eğrileri arasındaki açıklığın miktarı su seviye sensörlerinin su alma miktarları arasındaki farkı önemli ölçüde etkilemektedir.



Şekil 4.17 : Tip-01 SSS Tolerans Eğrileri

Tip-01 su seviye sensör toleransının alt ve üst değerlerinde bulunabilecek iki su seviye sensörünün su alma miktarları arasında oluşabilecek farkı belirleyebilmek amacı ile bir grup deney yapılmıştır.

Tip-01 su seviye sensörlerinin minimum ve maksimum noktalarda iken ana yıkamada alabileceği tahmini su miktarlarını bulabilmek amacı ile su kesme basıncına en yakın tolerans noktasının frekans değeri sensör içerisinde yayın bulunduğu yatağın sıkıştırabilmesine imkan sağlayan vida kullanılarak ayarlanır. Su seviye sensörünün çalışma karakteristiğinin minimum ve maksimum noktalara çekilebilmesi amacı ile su kesme basıncına en yakın tolerans noktasındaki frekans değeri o noktadaki basınç değerinin sensör üzerine uygulanması ile ayarlanır.

Proje kapsamında bir adet Tip-01 su seviye sensörü temin edilerek üzerinde bulunan ayar vidası yardımı ile su kesme basıncına en yakın tolerans noktasındaki değerler ayarlanmıştır. Bu sayede ana yıkama su alma adımında alabileceği minimum ve maksimum su miktarları bulunmuştur.

Su seviye sensörünün minimum ve maksimum çalışma karakteristiklerinin elde edilebilmesi amacı ile ayarlama yapılan maksimum ve minimum basınç-frekans noktaları Tablo 4.4'de görülmektedir.

Tablo 4.4 : Tip-01 SSS Deneylerinde Kullanılan Alt ve Üst Basınç-Frekans Değerleri

Minimum Basınç(Pa)	Maksimum Basınç(Pa)	Minimum Frekans(Khz)	Maksimum Frekans(Khz)
1479	1483	23,25	23,85

Tablo 4.4 incelendiğinde bu tolerans noktasına ait alt ve üst frekans değerleri arasında 0,6 kHz'lik bir fark olduğu görülmektedir. Tablo 4.5 incelendiğinde Tip-01 su seviye sensörü için minimum ve maksimum noktalarda ana yıkamada alınabilecek su miktarları arasındaki farkın 6 litre olabileceği söylenebilmektedir.

Tablo 4.5: Tip-01 Minimum-Maksimum Tolerans Deneyleri

	Ana yıkamada alınan su miktarı(L)	
	Minimum	Maksimum
Deney 1	12,49	18,45
Deney 2	13,39	18,25
Deney 3	12,79	20,33
Ortalama	**12,89**	**19,01**

4.5 Tip-02 Su Seviye Sensörü Çalışmaları

Tip-02 su seviye sensörleri kullanılan elemanlar ve çalışma prensibi açısından Tip-01 su seviye sensörleri ile aynı yapıdadır. Ancak tasarım sonucunda elde edilen giriş-çıkış karakteristiklerinin Tip-01 su seviye sensörlerinden farklı olması nedeni ile ana yıkama su alma adımında karşılaşılan saçınıklık üzerine etkisi de farklı olacaktır. Tip-02 SSS'lerinin saçınıklık üzerine etkisini belirleyebilmek amacı ile 5 adet Tip-02 SSS temin edilmiştir. Tip-02 SSS'lerinin çalışma karakteristiklerinin farklı olması nedeni ile bu tip sensörlerin kullanıldıkları çamaşır makinaları da farklıdır. Bu nedenle Tip-02 SSS'leri üzerinde test yapabilmek amacı ile bir adet Tip-02 su seviye sensörü kullanılan çamaşır makinası temin edilmiştir. 5 adet Tip-02 SSS ve bu sensörlerin kullanıldığı tip bir çamaşır makinası ile yapılan deneylerin ortalama değerleri Tablo 4.6'da görülmektedir.

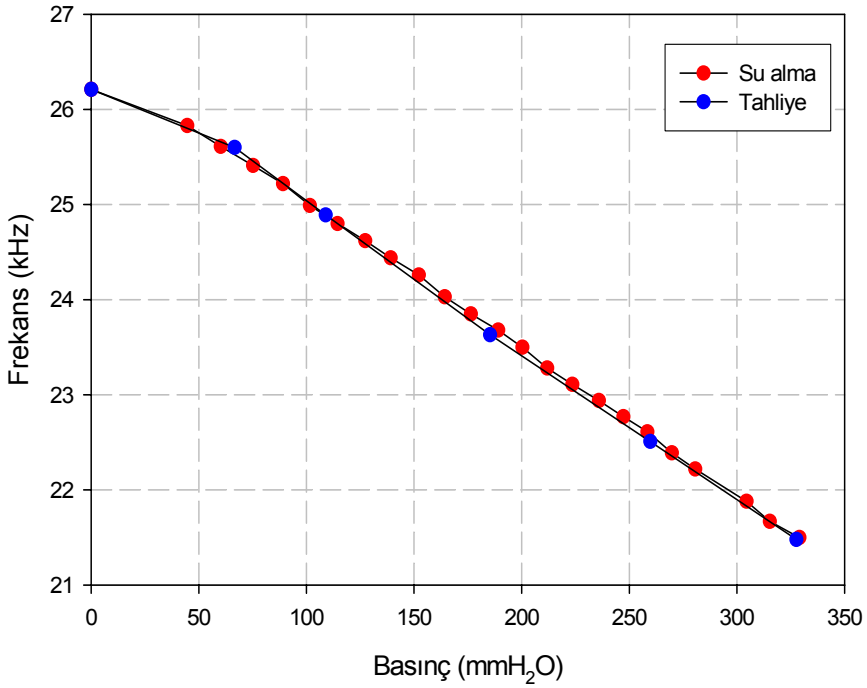
Tablo 4.6: Tip-02 SSS Kullanılan Bir Adet Çamaşır Makinası Üzerinde Kendi Sensörü ve Diğer Tip-02 Su Seviye Sensörleri İle Yapılan Deneylerin Ortalamaları

Alınan su miktarı (L)	
Orijinal sensör	17,90
Sensör-1	18,22
Sensör-2	17,36
Sensör-3	18,06
Sensör-4	18,42
Sensör-5	18,06

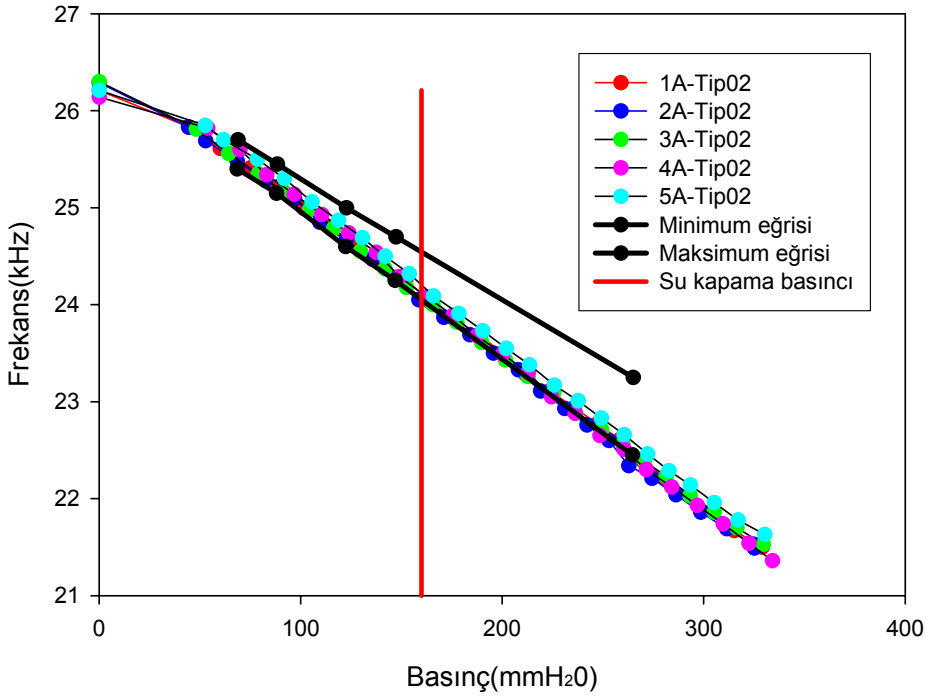
Bu deneyler standart 6 kg yük, standart yükleme şekli ve 150 gram deterjan kullanılarak yapılmıştır. Bu deneylerde ana yıkamada alınması gereken su miktarı 16 litre ve su seviye sensörünün toleransı $\mp$ 1 litre'dir. Tip-02 SSS'leri ile yapılan ana yıkama su alma testlerinin ortalama değerleri incelendiğinde çamaşır makinasının ana yıkama adımında alması gereken su miktarından fazla su aldığı görülmektedir.

Makina üzerinde yapılan bu deneylerin ardından Tip-02 su seviye sensörlerinin bidon deney düzeneği üzerinde basınç-frekans eğrileri çıkartılmıştır. Bu ölçümlerden bir tanesi Şekil 4.18'de görülmektedir. Şekil 4.19'da ise Tip-02 su seviye sensörlerinin tümünün basınç-frekans eğrileri görülmektedir. Şekil 4.19

incelendiğinde tüm sensörlerin kabul edilebilir sınırlar içinde olduğu söylenebilmektedir. Şekil 4.18 incelendiğinde Tip-02 su seviye sensörü ile yapılan ölçümlerde histerezis kaybının olmadığı görülmektedir.



Şekil 4.18 : Bir Tip-02 Su Seviye Sensörüne Ait Su Alımı–Tahliye, Basınç-Frekans Eğrisi



Şekil 4.19: Tip-02 Su Seviye Sensörleri Basınç-Frekans Eğrileri

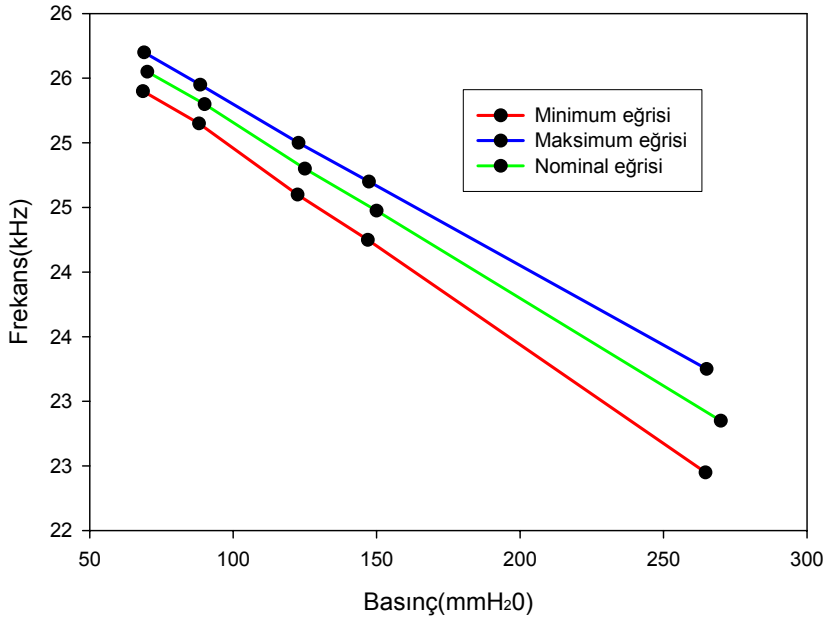
4.5.1 Tip-02 Su Seviye Sensörü Alt ve Üst Tolerans Değerleri

Tip-01 su seviye sensörü için firmanın belirlediği tolerans sınırlarında çamaşır makinasının alabileceği tahmini su miktarları arasındaki fark daha önce belirlenmişti. Tip-02 SSS'leri için firmanın belirlediği tolerans değerleri Tablo 4.7'de görülmektedir.

Tablo 4.7: Tip-02 Su Seviye Sensörleri Tolerans Alt ve Üst Değerleri

BASINÇ (PASCAL) NOM	BASINÇ (PASCAL) MİN	BASINÇ (PASCAL) MAX	FREKANS (KHz) MİN.	FREKANS (KHz) MAX
687	685	689	25,4	25,7
883	881	885	25,15	25,45
1226	1224	1228	24,6	25
1471	1469	1473	24,25	24,7
2648	2646	2650	22,45	23,25

Tablo 4.7'de bulunan değerlerin grafik üzerinde gösterimi Şekil 4.20'de görülmektedir.



Şekil 4.20: Tip-02 Su Seviye Sensörleri Tolerans Eğrileri

Tip-01 su seviye sensörlerinde olduğu gibi minimum eğrisine yakın çalışma eğrisine sahip bir Tip-02 sensörünün teorik olarak alması gereken su miktarından

daha az su alacağı, maksimum eğrisine yakın bir Tip-02 sensörün ise alması gereken su miktarından daha fazla su alacağı Şekil 4.20 üzerinden görülmektedir.

Tip-01 su seviye sensörlerinin minimum ve maksimum kabul eğrileri üzerinde yapılan ana yıkama su alma deneyleri Tip-02 SSS'lerinde de aynı şekilde yapılmıştır. Su alma basıncına en yakın tolerans noktasındaki basınç-frekans değerleri kullanılarak sensörlerin çalışma karakteristikleri minimum ve maksimuma çekilmiştir.

Tablo 4.8 : Tip-02 SSS'lerinin Ayarlanması İçin Kullanılan Tolerans Noktasının Alt ve Üst Değerleri

Minimum Basınç(Pa)	Maksimum Basınç(Pa)	Minimum Frekans(Khz)	Maksimum Frekans(Khz)
1469	1473	24,25	24,7

Tip-02 SSS'lerinin minimum ve maksimum kabul eğrileri üzerlerinde yapılan ana yıkama su alma deneylerinin sonuçları Tablo 4.9'da görülmektedir.

Tablo 4.9: Tip-02 SSS'leri Minimum–Maksimum Deneyleri

	Alınan Su Miktarı (L) - Ana Yıkama	
	Minimum	**Maksimum**
Deney 1	15,28	19,74
Deney 2	14,05	19,3
Deney 3	15,13	20,01
Ortalama	**14,82**	**19,68**

Tablo 4.9 incelendiğinde Tip-02 su seviye sensörleri için minimum ve maksimum noktalarda ana yıkamada 5 litre fark olabileceği bulunmuştur.

Tip-01 SSS'leri ile yapılan minimum-maksimum tolerans deneylerinde ana yıkamada ortaya çıkabilecek farkın 6 litre olduğu bulunmuştu. Tip-02 SSS'lerinde ise ana yıkamada ortaya çıkabilecek farkın 5 litre olabileceği bulunmuştur. Bu iki deney grubu incelendiğinde Tip-01 ve Tip-02 SSS'lerinin kabul aralıkları arasındaki farkın aynı olmadığı görülmektedir. Bu durumu anlayabilmek amacı ile minimum ve maksimum deneylerinde kullanılan frekans değerlerini incelemek gerekmektedir. Tolerans aralığının belirlenmesinde önemli faktörün frekans değeri

olduğu daha önce belirtilmişti. Tip-01 SSS'leri için yapılan deneylerde kullanılan minimum ve maksimum frekans değerleri arasındaki fark 0,6 kHz iken Tip-02 SSS'leri ile yapılan deneylerde kullanılan frekans değerleri arasındaki fark 0,45 kHz'dir. Bu iki değer göz önüne alınarak Tip-02 SSS'lerinin tolerans aralığının Tip-01 SSS'lerinin kabul aralığından daha dar bir toleransa sahip olduğu görülmektedir. Yapılan minimum-maksimum deneylerinde de Tip-02 SSS'lerinin minimum ve maksimum noktalarında ana yıkamada alınan su miktarları arasındaki farkın daha az olduğu bulunmuştu.

4.6 Su Seviye Sensörleri Yaşlandırma Deneyleri

Çalışmanın önceki bölümlerinde Tip-01 ve Tip-02 su seviye sensörleri için önce çamaşır makinası üzerinde deneyler yapılarak her sensörün ana yıkamada ortalama olarak alabileceği su miktarı bulunmuştur. Daha sonra su seviye sensörleri basınç-frekans eğrisi deney düzeneği üzerinde denenmiştir. Bu deney düzeneği üzerinde ölçülen basınç-frekans değerleri firmanın tolerans değerleri ile karşılaştırılarak sensörlerin problemli olup olmadığı incelenmiştir. Son olarak da su seviye sensörleri firmanın alt ve üst kabul değerlerinde denenerek Tip-01 ve Tip-02 su seviye sensörleri için ana yıkamada minimum ve maksimum noktalarında alınan su miktarları arasındaki fark belirlenmeye çalışılmıştır. Tüm bu deneylerin ardından Tip-01 ve Tip-02 su seviye sensörlerinin zamanla davranışlarının incelenmesi amacı ile farklı su seviye sensörleri ile ana yıkama su alma deneyleri tekrarlanmıştır.

Yaşlandırma deneylerinde, yıkama çevrimi ana yıkama su alma adımı bittiğinde sona erdirilmiştir. Su alma işleminin sonu olarak da ısıtıcının devreye girdiği an göz önüne alınmıştır. Yaşlandırma deneyleri standart deklarasyon deneylerinde kullanılan ön yıkamasız Pamuklu 60 ° C program kullanılarak 6 kg yük ve standart yükleme ile yapılmıştır. Deneylerin ardından ana yıkama su alma adımı boyunca kazan içerisinde biriken köpüğün atılabilmesi için makinaya durulama yaptırılmıştır. Yıkamanın ısıtıcının devreye girmesinin ardından sonlandırılması ile makinadan çıkan çamaşırın üzerinde biriken köpüğün diğer deneyleri etkilememesi için, çamaşıra başka bir makinada durulama yaptırılmış ve daha sonra kurutucuda kurutulmuştur. Yaşlandırma deneylerinde su seviye sensörleri standart yıkama testleri ile yaşlandırılmış ve ikişer hafta aralıklarla bu deneyler tekrarlanmıştır.

Yaşlandırma deneylerinde elde edilen deneysel verilerin istatistiksel analizi yapılmıştır. Ortalama değerin belirsizliği denklem 4.2 kullanılarak hesaplanarak, ortalama değerin belirsizliği 1,2 ve 3 standart sapma için denklem 4.3, denklem 4.4 ve denklem 4.5 kullanılarak ifade edilmiştir [20].

$$x_m = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad \textbf{(4.2)}$$

$$x_{m,\sigma} = x_m \pm \sigma \qquad (2.15\text{-}1) \quad \textbf{(4.3)}$$

$$x_{m,2\sigma} = x_m \pm 2\sigma \quad (21\text{-}1) \quad \textbf{(4.4)}$$

$$x_{m,3\sigma} = x_m \pm 3\sigma \quad (369\text{-}1) \quad \textbf{(4.5)}$$

Ek olarak %90 ve %95 güven seviyesi için güven aralığı hesapları denklem 4.6 kullanılarak yapılmıştır. Denklem 4.6'deki z değerleri Ek.E'de verilmiştir. Güven aralığı %95 ve %90 güven seviyesi için denklem 4.7 ve denklem 4.8'de belirtildiği gibi ifade edilmiştir [20].

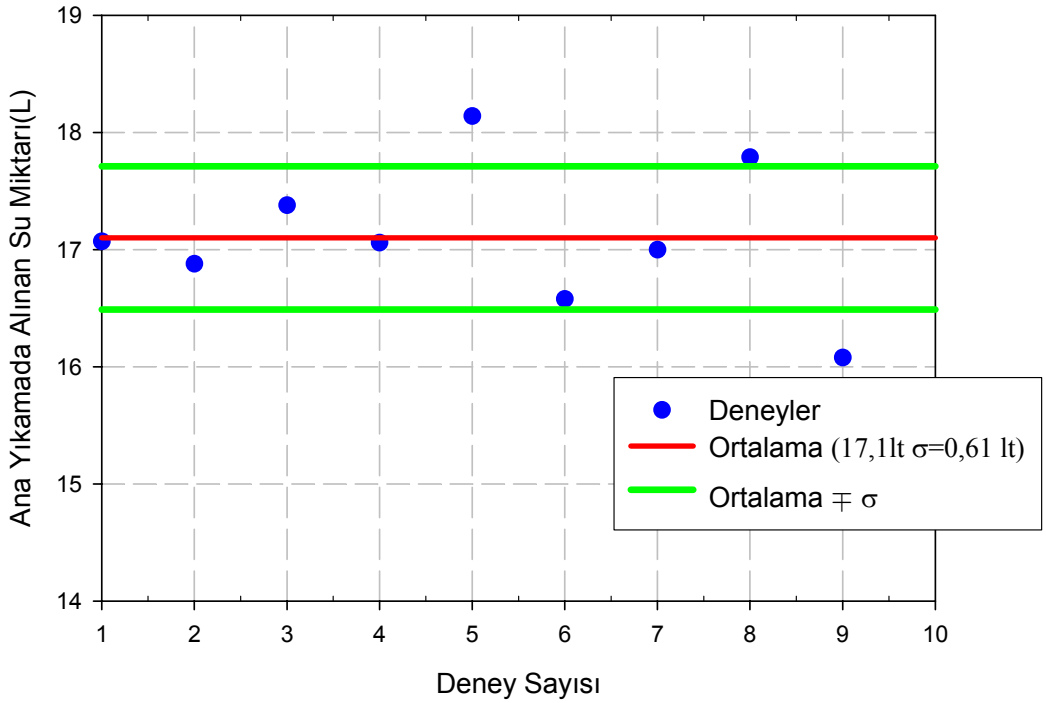
$$\Delta = \frac{z\sigma}{\sqrt{n}} \quad \textbf{(4.6)}$$

$$x_{m,95} = x_m \pm \Delta \quad \textbf{(4.7)}$$

$$x_{m,90} = x_m \pm \Delta \quad \textbf{(4.8)}$$

4.6.1 ÇM-1 (Tip-01) Su Seviye Sensörü Yaşlandırma Deneyleri

İlk olarak ÇM-1 çamaşır makinasına ait ÇM-1 su seviye sensörü ile yaşlandırma deneyleri yapılmıştır. ÇM-1 SSS üzerinde yapılan ilk yaşlandırma deneylerinin sonuçları, ortalama değeri ve ortalamanın bir standart sapma altı ve üst aynı grafik üzerinde gösterilerek yaşlanmanın saçınıklık üzerine etkisi gözlemlenmiştir. Şekil 4.21 incelendiğinde bu deneylerin ortalamasının 17,1 litre ve standart sapmasının 0,61 litre olduğu görülmektedir. Deney sonuçları incelendiğinde nominale yakın bir adet deney sonucu bulunduğu ve sonuçların 18 litre üzerine de çıkmak üzere genelde 17 litre etrafında toplandığı görülmektedir.



Şekil 4.21:İlk Grup ÇM-1 Deneyleri

ÇM-1 su seviye sensörü ile yapılan deneylerin istatistiksel analizi yapıldığında ortalama değerin belirsizliği;

$$x_{m,\sigma} = 17,1 \pm 0,203 \quad \textbf{(4.9)}$$

$$x_{m,2\sigma} = 17,1 \pm 0,406 \quad \textbf{(4.10)}$$

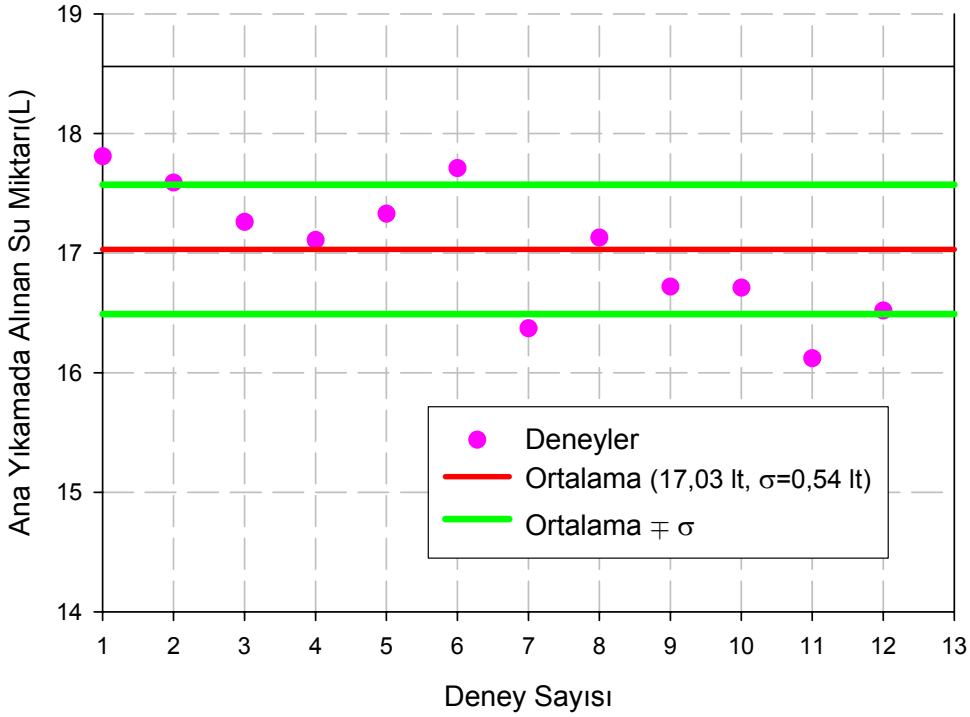
$$x_{m,3\sigma} = 17,1 \pm 0,61 \quad \textbf{(4.11)}$$

Güven aralığının belirlenmesi aşamasında ise %90 ve %95 güven seviyesi için hesaplar yapılmıştır.

$$x_{m,95} = 17,1 \pm 0,398 \quad \textbf{(4.12)}$$

$$x_{m,90} = 17,1 \pm 0,335 \quad \textbf{(4.13)}$$

Daha sonra ÇM-1 su seviye sensörü iki hafta bekletilmiş ve standart deneyler tekrarlanarak deney sonuçları incelenmiştir. ÇM-1 su seviye sensörünün iki hafta bekletilmesinin ardından yapılmış yaşlandırma deneylerine ait sonuçlar Şekil 4.22'de görülmektedir.



Şekil 4.22:İkinci Grup ÇM-1 Deneyleri

Bu deneylerin ilk bölümünde alınan su miktarının, beklemenin etkisiyle arttığı, daha sonra deneylerle yaşlanan sensörün ortalama değerinin ilk deneylerin altına düştüğü görülmektedir. Bu deneylerin ortalaması 17,03 litre ve standart sapma değeri 0,54 litre olarak hesaplanmıştır. İkinci grup deneyler arasında 18 litre üzerinde bulunan deney sonucu görülmemiştir ve değerlerin bir önceki deney grubundakilere oranla daha fazla nominale yaklaştığı göze çarpmaktadır. Ancak halen anlamlı bir düşüş görülmemektedir. Buna rağmen bu sensör ile yapılan deneylerde elde edilen ortalama değerin ve standart sapmanın azalması yaşlanmanın etkileri hakkında fikir vermektedir. İkinci grup yaşlandırma deneyleri için ortalama değerin belirsizliği ve güven aralığı hesaplarının sonuçları aşağıda verilmiştir.

$$x_{m,\sigma} = 17,03 \pm 0,155 \quad \textbf{(4.14)}$$

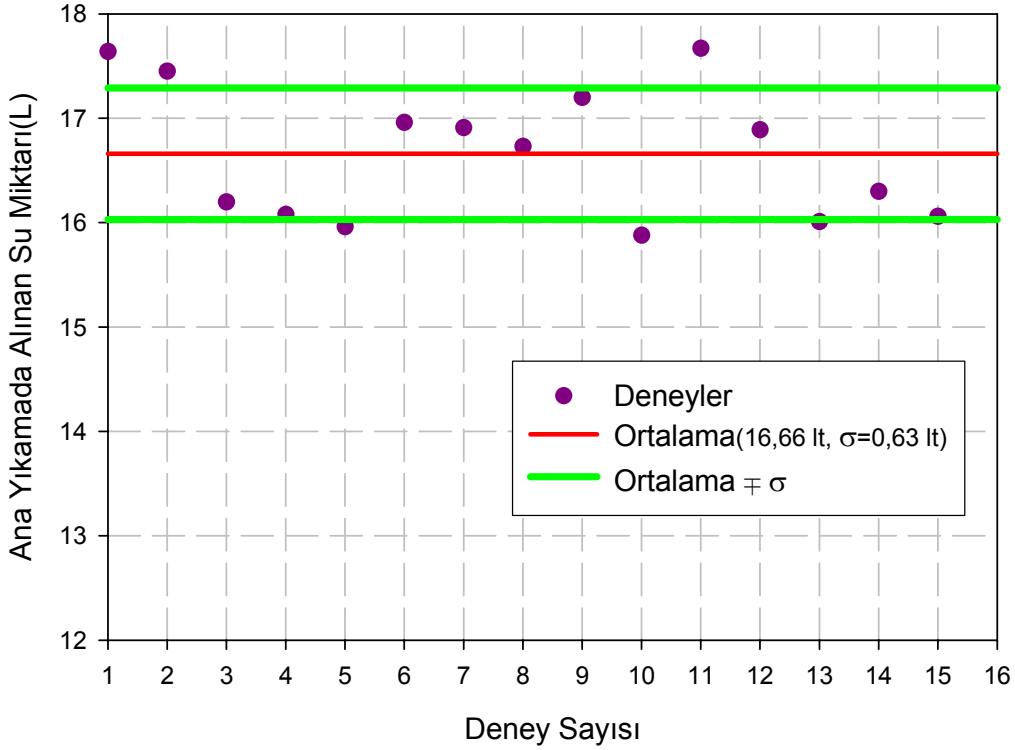
$$x_{m,2\sigma} = 17,03 \pm 0,311 \quad \textbf{(4.15)}$$

$$x_{m,3\sigma} = 17,03 \pm 0,467 \quad \textbf{(4.16)}$$

$$x_{m,95} = 17,03 \pm 0,305 \quad \textbf{(4.17)}$$

$$x_{m,90} = 17,03 \pm 0,257 \quad \textbf{(4.18)}$$

ÇM-1 su seviye sensörü iki hafta daha bekletilerek standart deneylere alınmış ve Şekil 4.23'deki sonuçlar elde edilmiştir. Yaşlanmanın etkisini belirginleştirmek amacı ile yapılan üçüncü grup deneylerde elde edilen ortalama 16,66 litre ve standart sapma değeri 0,63 litre'dir. Bu değerler incelendiğinde ortalama değerde belirgin bir düşüş olduğu ve standart sapmanın bir miktar arttığı görülmektedir.



Şekil 4.23:ÇM-1 Son Grup Deneyleri

Son grup deneyleri için ortalama değerin belirsizliği, %95 ve %90 güven seviyesi için güven aralığı hesaplamaları yapılmıştır.

$$x_{m,\sigma} = 16,66 \pm 0,162 \quad \textbf{(4.19)}$$

$$x_{m,2\sigma} = 16,66 \pm 0,325 \quad \textbf{(4.20)}$$

$$x_{m,3\sigma} = 16,66 \pm 0,488 \quad \textbf{(4.21)}$$

$$x_{m,95} = 16,66 \pm 0,317 \quad \textbf{(4.22)}$$

$$x_{m,90} = 16,66 \pm 0,268 \quad \textbf{(4.23)}$$

Şekil 4.14'de görülen deney sonuçları ayrıntılı olarak incelendiğinde sensörün yaşlanmaya başladığı ve nominale yakın elde edilen deney sonucu sayısının arttığı gözlemlenmektedir. Yine de sensörün dengeye gelecek kadar yaşlanmamış olması nedeni ile su alma miktarları arasında fark bir miktar artmış ve standart sapma değeri diğer deneylerden yüksek çıkmıştır. Üçüncü grup deneylerin ilk bölümünde alınan su miktarının yüksek olduğu, ancak yapılan deneylerin ardından alınan su miktarının düştüğü ve sensörün yaşlanmaya başladığı görülmektedir.

Özet olarak, ÇM-1 su seviye sensörüne ait yaşlandırma deneylerinin sonuçları incelendiğinde deney ortalamalarının düşerek nominal değer olan 16 litre'ye yaklaştığı görülmektedir. Standart sapma değeri ise ikinci grup deneylerde bir miktar düşmüş, ancak üçüncü grup deneylerde alınan su miktarı ortalamasının azalmış olması standart sapma değerinin bir miktar artmasına neden olmuştur. Yaşlanmanın standart sapma değeri üzerine etkisi ancak tam olarak yaşlanmış bir su seviye sensörü ile yapılan deneylerle belirlenebilecektir.

4.6.2 ÇM-3 (Tip-01) Su Seviye Sensörü Yaşlandırma Deneyleri

ÇM-1 su seviye sensöründen sonra ilk deneylerinin ortalaması 16,95 litre olan ÇM-3 su seviye sensörü ile yaşlandırma deneyleri yapılmıştır. İlk deneyler sonunda ortalaması 16,83 litre ve standart sapma değeri 0,28 litre olan sonuçlar elde edilmiştir. Bu deneylerin sonuçları Şekil 4.24'de görülmektedir.

İlk grup deneylerinin ortalama değerinin belirsizliği ve güven aralığı hesapları aşağıda verilmiştir.

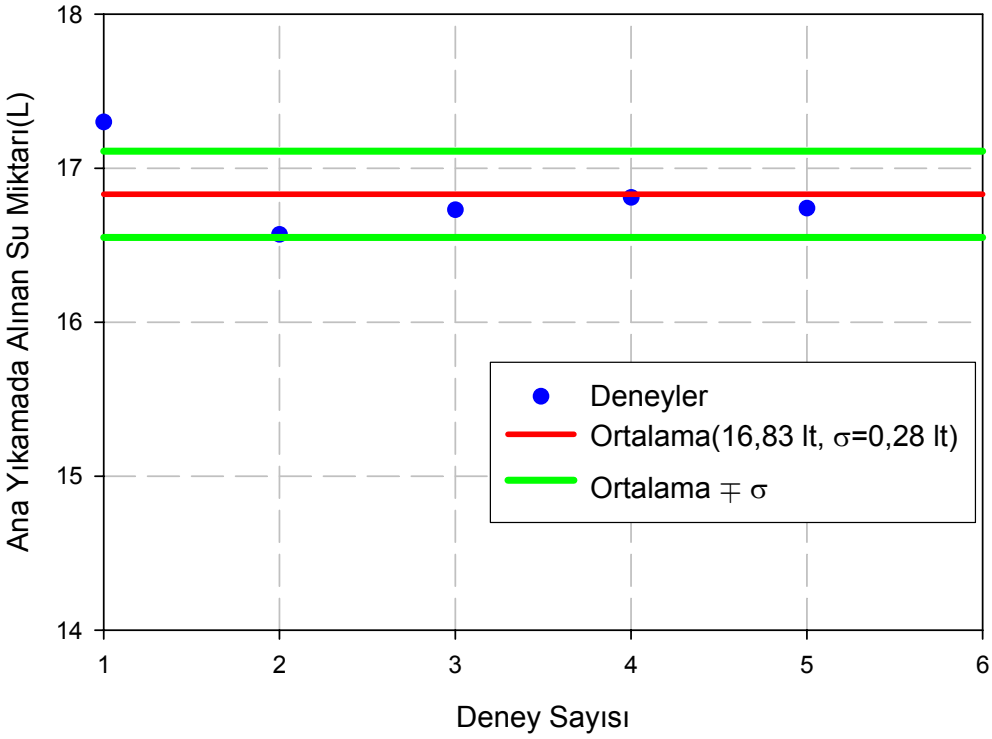
$$x_{m,\sigma} = 16,83 \pm 0,125 \quad \textbf{(4.24)}$$

$$x_{m,2\sigma} = 16,83 \pm 0,250 \quad \textbf{(4.25)}$$

$$x_{m,3\sigma} = 16,83 \pm 0,375 \quad \textbf{(4.26)}$$

$$x_{m,95} = 16,83 \pm 0,244 \quad \textbf{(4.27)}$$

$$x_{m,90} = 16,83 \pm 0,206 \quad \textbf{(4.28)}$$



Şekil 4.24:ÇM-3 İlk Grup Deneyleri

ÇM-3 su seviye sensörünün iki hafta bekletilmesinin ardından yapılan deneylerde elde edilen deneylerin sonuçları Şekil 4.25'de görülmektedir. Bu deneylerin ortalaması 16,28 litre ve standart sapma değeri 0,51 litre olarak elde edilmiştir. ÇM-3 su seviye sensörünün ikinci grup yıkama testleri sonucunda yaşlanmaya başladığı deneylerin sonuçlarından görülmektedir. İkinci grup deneylerinin istatistiksel analizi aşağıda verilmiştir.

$$x_{m,\sigma} = 16,28 \pm 0,147 \quad \textbf{(4.29)}$$

$$x_{m,2\sigma} = 16,28 \pm 0,294 \quad \textbf{(4.30)}$$

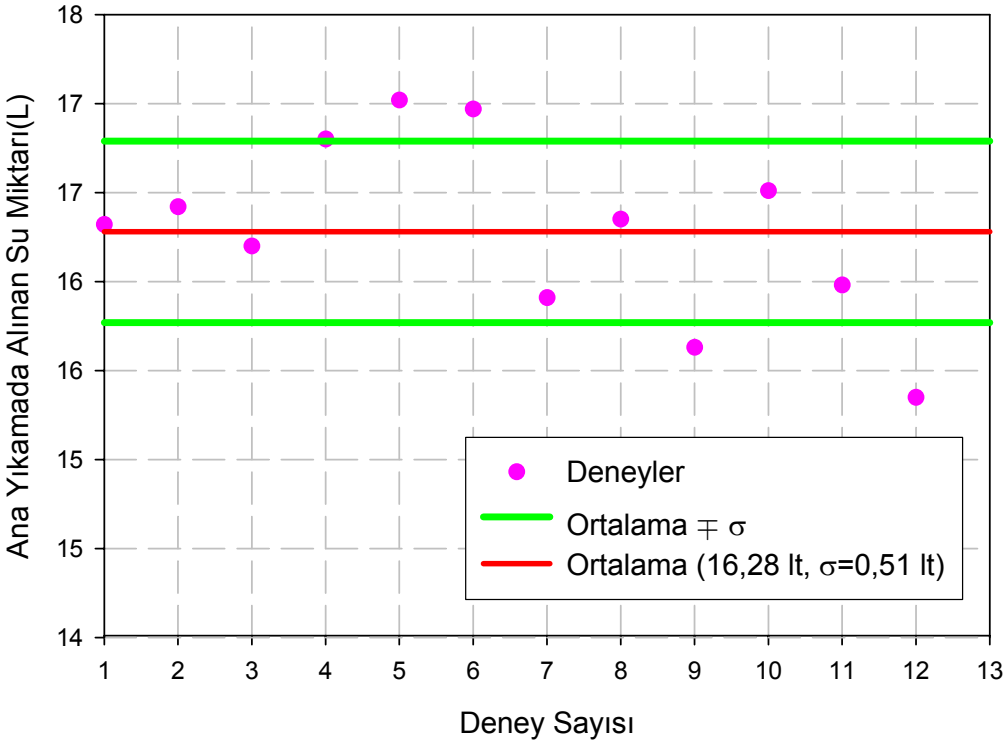
$$x_{m,3\sigma} = 16,28 \pm 0,441 \quad \textbf{(4.31)}$$

$$x_{m,95} = 16,28 \pm 0,288 \quad \textbf{(4.32)}$$

$$x_{m,90} = 16,28 \pm 0,243 \quad \textbf{(4.33)}$$

Bu iki grup deney sonucu incelendiğinde alınan su miktarları ortalamasının belirgin bir şekilde düştüğü ve standart sapma değerinin belirgin bir şekilde arttığı gözlemlenmektedir. İlk grup deney sonuçları incelendiğinde alınan su miktarlarının

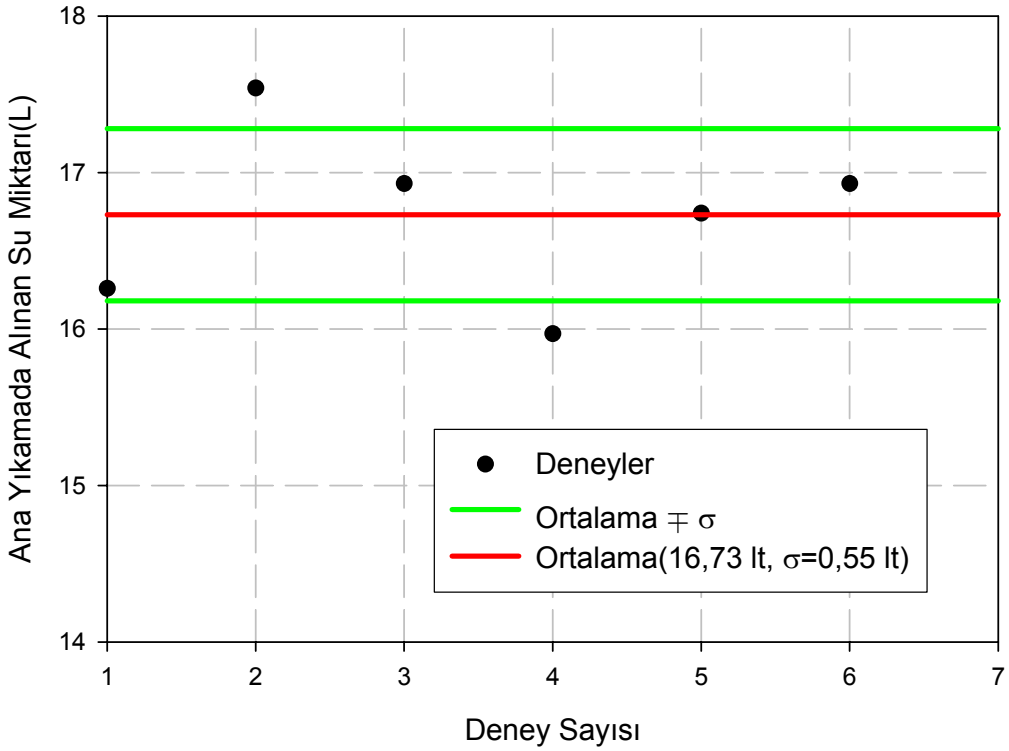
yüksek olduğu ve sensörün yaşlanmaya başlamamış olduğu tespit edilebilmektedir. Bu nedenle deney sonuçları birbirine yakın ve standart sapma değeri düşüktür. İkinci grup deneylerde ise alınan su miktarının yüksek olduğu deney sonucunun azaldığı ve sensörün 16 litre'nin altında da su almaya başladığı görülmektedir. İlk deneylerde alması gerekenden fazla miktarda su alınmasına neden olan su seviye sensörünün yaşlanmaya başlamış olması, nominale yakın sonuçlar da elde edilmesini sağlamıştır. Bu nedenle deneyler arasındaki fark artmış ve standart sapma değeri birinci grup deneylerde elde edilen değerden yüksek çıkmıştır. Özellikle son altı deney sonucu incelendiğinde 17 litre olan deney sonucunun bulunmadığı ve 16 litre altında bulunan deney sonuçlarının bu bölüm içerisinde bulunduğu görülmektedir.



Şekil 4.25: ÇM-3 SSS İkinci Grup Deneyleri

4.6.3 ÇM-4 (Tip-01) Su Seviye Sensörü Yaşlandırma Deneyleri

Yaşlandırma deneylerinde ilk deneylerinin ortalaması 16,79 litre olan ÇM-4 su seviye sensörü de kullanılmıştır.



Şekil 4.26:ÇM-4 SSS İlk Grup Deneyleri

İlk grup yaşlandırma deneylerinin sonuçları Şekil 4.26'da görülmektedir. İlk grup yaşlandırma deneylerinin ortalaması 16,73 litre standart sapma değeri ise 0,55 litre olarak gerçeklemiştir. Bu deneylerin istatistiksel analizi yapılarak ortalama değerin belirsizliği ve güven aralığı belirlenmiştir.

$$x_{m,\sigma} = 16,73 \pm 0,224 \quad \textbf{(4.34)}$$

$$x_{m,2\sigma} = 16,73 \pm 0,449 \quad \textbf{(4.35)}$$

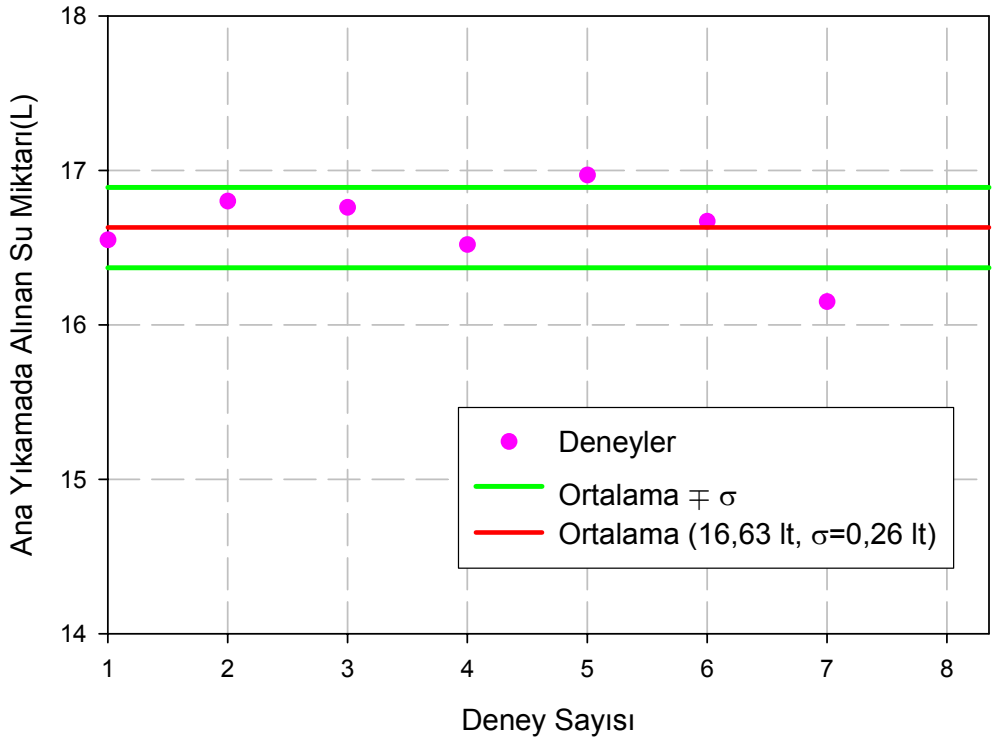
$$x_{m,3\sigma} = 16,73 \pm 0,673 \quad \textbf{(4.36)}$$

$$x_{m,95} = 16,73 \pm 0,440 \quad \textbf{(4.37)}$$

$$x_{m,90} = 16,73 \pm 0,370 \quad \textbf{(4.38)}$$

ÇM-4 su seviye sensörünün iki hafta bekletilmesinin ardından yapılan son grup deneylerinin sonuçları ise Şekil 4.27'de gösterilmektedir. Şekil 4.27 incelendiğinde ortalamanın ve standart sapmanın azaldığı görülmektedir. Ortalama ve standart sapma değerleri birlikte karşılaştırıldığında ortalama değerde büyük bir azalma olmazken standart sapma değerinin önemli ölçüde azaldığı görülmektedir. Bu da ilk

grup deneylerde yaşlanmaya başlayan sensörün, ikinci grup deneylerde ancak dengeye gelebilecek kadar yaşlandığını göstermektedir.



Şekil 4.27:ÇM-4 SSS Son Grup Deneyleri

Son grup deney verilerinin istatistiksel analizlerinin sonuçları aşağıda verilmiştir.

$$x_{m,\sigma} = 16,63 \pm 0,098 \quad \textbf{(4.39)}$$

$$x_{m,2\sigma} = 16,63 \pm 0,197 \quad \textbf{(4.40)}$$

$$x_{m,3\sigma} = 16,63 \pm 0,295 \quad \textbf{(4.41)}$$

$$x_{m,95} = 16,63 \pm 0,192 \quad \textbf{(4.42)}$$

$$x_{m,90} = 16,63 \pm 0,162 \quad \textbf{(4.43)}$$

4.6.4 FB-3 (Tip-01) Su Seviye Sensörü Yaşlandırma Deneyleri

ÇM-1, ÇM-3 ve ÇM-4 su seviye sensörlerinin yaşlandırma deneylerinin ardından saçınıklığı en fazla olan sensör ile daha fazla çevrim yapılarak yaşlanmanın etkisi incelenmiştir. Bu deneylerde FB-3 su seviye sensörü kullanılmıştır. İlk grup yaşlandırma deneylerinin ortalaması 17,71 litre ve standart sapma değeri 2,03 litre'dir. İlk grup deneylerinin istatistiksel analizi aşağıda verilmiştir.

$$x_{m,\sigma} = 17,71 \pm 0,563 \quad \textbf{(4.44)}$$

$$x_{m,2\sigma} = 17,71 \pm 1,126 \quad \textbf{(4.45)}$$

$$x_{m,3\sigma} = 17,71 \pm 1,689 \quad \textbf{(4.46)}$$

$$x_{m,95} = 17,71 \pm 1,103 \quad \textbf{(4.47)}$$

$$x_{m,90} = 17,71 \pm 0,929 \quad \textbf{(4.48)}$$

İlk deneylerin ardından FB-3 su seviye sensörü 60 çevrim yaşlandırılarak deneyler tekrarlanmıştır. Bu deneylerin ortalaması 16,17 litre ve standart sapması 0,48 litre olarak elde edilmiştir. Bu deneylerin istatistiksel analizi ise aşağıda verilmiştir.

$$x_{m,\sigma} = 16,17 \pm 0,240 \quad \textbf{(4.49)}$$

$$x_{m,2\sigma} = 16,17 \pm 0,480 \quad \textbf{(4.50)}$$

$$x_{m,3\sigma} = 16,17 \pm 0,720 \quad \textbf{(4.51)}$$

$$x_{m,95} = 16,17 \pm 0,470 \quad \textbf{(4.52)}$$

$$x_{m,90} = 16,17 \pm 0,396 \quad \textbf{(4.53)}$$

Daha sonra sensör tekrar 40 çevrim daha yaşlandırılarak sensör yaşı 100 çevrime tamamlanmış ve 100 çevrim sonunda ana yıkama su alma deneyleri tekrarlanmıştır. 100 çevrim sonunda yapılan ana yıkama su alma deneylerinin ortalaması 15,70 litre değerine düşmüş ve standart sapma değeri 0,26 litre olarak gerçekleşmiştir. Son grup deneyleri için elde edilmiş istatistiksel sonuçlar aşağıda verilmiştir

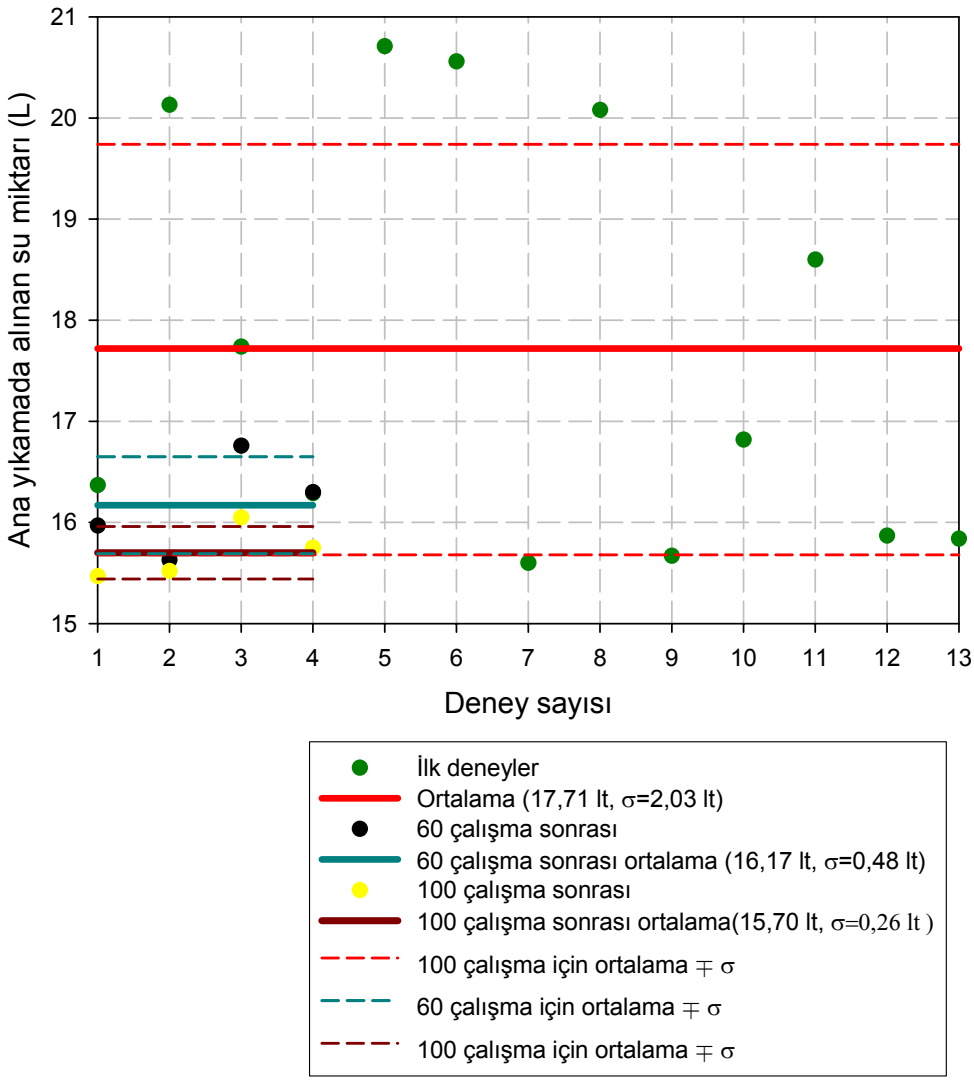
$$x_{m,\sigma} = 15,70 \pm 0,130 \quad \textbf{(4.54)}$$

$$x_{m,2\sigma} = 15,70 \pm 0,260 \quad \textbf{(4.55)}$$

$$x_{m,3\sigma} = 15,70 \pm 0,390 \quad \textbf{(4.56)}$$

$$x_{m,95} = 15,70 \pm 0,254 \quad \textbf{(4.57)}$$

$$x_{m,90} = 15,70 \pm 0,215 \quad \textbf{(4.58)}$$



Şekil 4.28:FB-3 SSS Yaşlandırma Deneyleri

FB-3 su seviye sensörü ile yapılan yaşlandırma deneylerinin sonuçları Şekil 4.28'de gösterilmiştir. FB-3 su seviye sensörü, deney yapılan sensörleri içerisinde ilk yapılan deneylerinde su alma miktarı ve saçınıklığı en fazla olan sensör'dür. Yaşlanmanın su alma miktarı ve saçınıklığı üzerine etkisini, anlamlı sayıda yaşlandırılmış bir sensör üzerinde yapılan deneylerin sonuçlarını kullanarak belirleme aşamasında FB-3 su seviye sensörünün saçınıklığı en fazla olan sensör olması etkili olmuştur.

FB-3 su seviye sensörü ile ilk yapılan deneylerde elde edilen ortalama 17,71 litre'dir. İlk deneylerin sonuçları incelendiğinde 20 litre üzerindeki su alma değerlerinin deneylerin ilk bölümünde gerçekleştiği ve deneylerin son bölümünde

alınan maksimum su miktarının giderek azaldığı görülmektedir. Bu da sensörün az da olsa yaşlanmaya başladığını göstermektedir. Standart sapmanın yüksek olması ise dengesizliğin devam ettiğini göstermektedir. Diğer su seviye sensörleri ile yapılan yaşlandırma deneylerinin sonuçları incelendiğinde sensörün yaşlanmaya başlayarak alınan ortalama su miktarının düştüğü ancak yaşlanma esnasındaki azalmalar nedeni ile dengesizliğin kısmi olarak arttığı görülmektedir. Yaşlanmanın saçınıklık üzerine etkisini kesinleştirmek amacı ile sensör üzerinde daha fazla yıkama çevrimi yapıldıktan sonra ana yıkama yaşlandırma deneyleri gerçekleştirilmiştir.

İkinci aşamada su seviye sensörü 60 çevrim yaşlandırıldıktan sonra yaşlandırma deneylerine devam edilmiştir. İkinci grup deneylerde elde edilen ortalama değer ilk deneylerde elde edilen ortalamaya oranla oldukça düşüktür. FB-3 su seviye sensörünün yaşlanmaya karşı gösterdiği tepkinin kesinleştirilmesi amacı ile sensör 40 çevrim daha yaşlandırılmış ve ana yıkama deneyleri sonucunda en düşük ortalamalar elde edilmiştir. FB-3 su seviye sensörünün ilk deneylerinden 60 ve 100 çevrim yaşına kadar yapılan deneylerde alınan su miktarı ortalamalarının sürekli olarak düştüğü görülmektedir. Ancak bu düşüş bu üç grup deney arasında aynı oranda olmamıştır. İlk deney grubu ile 60 yaş çevrim deneyleri arasında ki düşüş 60 ile 100 çevrim yaş arasındaki azalmaya oranla önemli ölçüde yüksektir. Bu sonuç sensörün ilk 60 çevrim sonunda önemli ölçüde yaşlandığını, sensörün 40 çevrim daha yaşlandırıldıktan sonra yaşlanmanın devam ettiği ancak yaşlanma etkisinin aynı oranda görülmediği belirlenmiştir. Bu da sensörün yaşlanma karakteristiğinin azalarak arttığını ve bir noktadan sonra doyuma ulaşacağını göstermektedir. FB-3 su seviye sensörü ile yapılan deneylerde elde edilen standart sapma değeri su alma miktarı dışında, deneylerin kendi aralarındaki fark, yani bir anlamda saçınıklık hakkında da fikir vermektedir. İlk deneylerde standart sapma 2,03 litre olarak gerçeklemiştir. Sensör 60 çevrim yaşlandırıldıktan sonra yapılan deneylerin standart sapma değeri 0,48 litre, 100 çevrim sonunda yapılan deneylerin standart sapma değeri ise 0,26 litre olarak gerçekleşmiştir. FB-3 su seviye sensörü ile yapılan deneylerde elde edilen standart sapmanın azalması yaşlanmanın alınan ortalama su miktarı dışında, deneylerin ortalamadan sapma miktarlarını da azalttığını göstermektedir. Diğer sensörler ile yapılan deneylerde su seviye sensörlerinin yaşlandırıldıkça standart sapmalarının yükselmesi, FB-3 su seviye sensörü ile

yapılan deneylerde görülmemektedir. Bu da FB-3 su seviye sensörünün yeterli ölçüde yaşlandırıldıktan sonra deneylerin yapılmasından kaynaklanmaktadır.

4.6.5 Tüm Su Seviye Sensörlerine Ait Yaşlandırma Deneyleri

Tüm su seviye sensörleri ile yapılan deneylerin sonuçları aşağıdaki tabloda özetlenmiştir.

Tablo 4.10:Tüm Su Seviye Sensörlerine Ait Yaşlandırma Deney Sonuçları

		Yaşlandırma Deneyleri					
		1. Grup		2. Grup		3. Grup	
Sensörler	İlk Deneyler (Litre)	Ortalama (Litre)	Standart Sapma (Litre)	Ortalama (Litre)	Standart Sapma (Litre)	Ortalama (Litre)	Standart Sapma (Litre)
ÇM-1	**17,16**	**17,1**	0,61	**17,03**	0,54	**16,66**	0,63
ÇM-3	**16,95**	**16,83**	0,28	**16,28**	0,51		
ÇM-4	**16,79**	**16,73**	0,55	**16,63**	0,26		
100 Çevrim Yaşlandırma Deneyleri							
		İlk Deneyler (Litre)	Standart Sapma (Litre)	60 Yaş Deneyleri (Litre)	Standart Sapma (Litre)	100 Yaş Deneyleri (Litre)	Standart Sapma (Litre)
FB-3		**17,71**	2,03	**16,17**	0,48	**15,7**	0,26

Yukarıdaki tabloda da görüldüğü gibi su seviye sensörlerinin ana yıkama su alma adımında aldıkları su miktarı ortalamaları çevrim sayısı arttıkça düşmektedir.

4.7 MALZEME DENEYLERİ

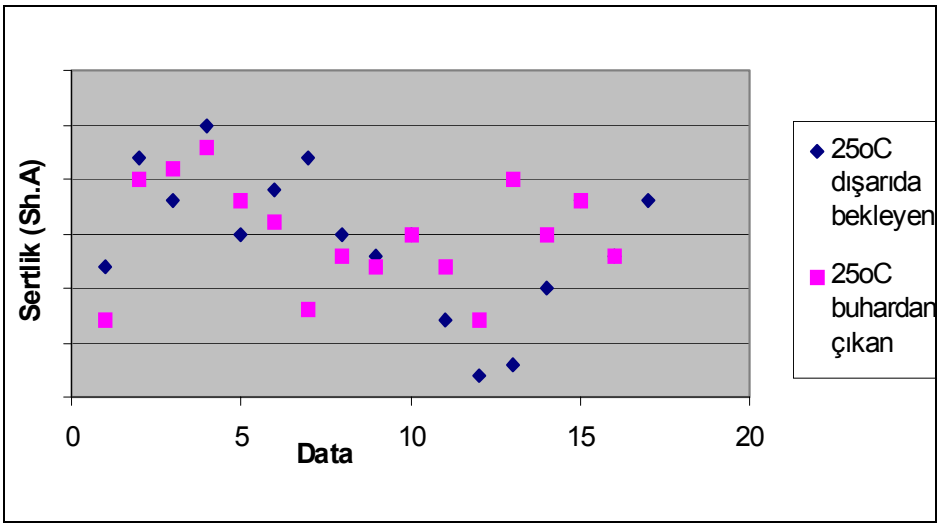
Su seviye sensörünün basınç-frekans eğrisi deney düzeneğinde ve çamaşır makinası üzerinde denenmesinin ardından havalıkta sıkışan havanın oluşturduğu basıncın sensör içerisinde etkidiği yüzey olan membran üzerinde malzeme sertliği deneyleri yapılmıştır. Malzeme deneylerinde kıyaslama durumunda ölçüm için gerekli kalınlığı sağlayabilmek amacı ile 7 adet membran üst üste kullanılarak ölçüm yapılmıştır.

Testlere başlanmadan önce parçanın sertliği ölçülmüştür. Deneyler 25 ve 60 ° C olmak üzere iki farklı sıcaklıkta yapılmıştır. Numuneler yarım saat su buharında (%1 deterjanlı), sonrasında ise yarım saat dışarıda oda sıcaklığında bekletilmiştir. Numunelerin sertliği su buharından çıkarıldıktan sonra ve oda sıcaklığında bekletildikten sonra ayrı ayrı ölçülmüştür. Bu işlem gün boyu tekrarlanmıştır. Deneyler 5 gün boyunca tekrarlanmıştır.

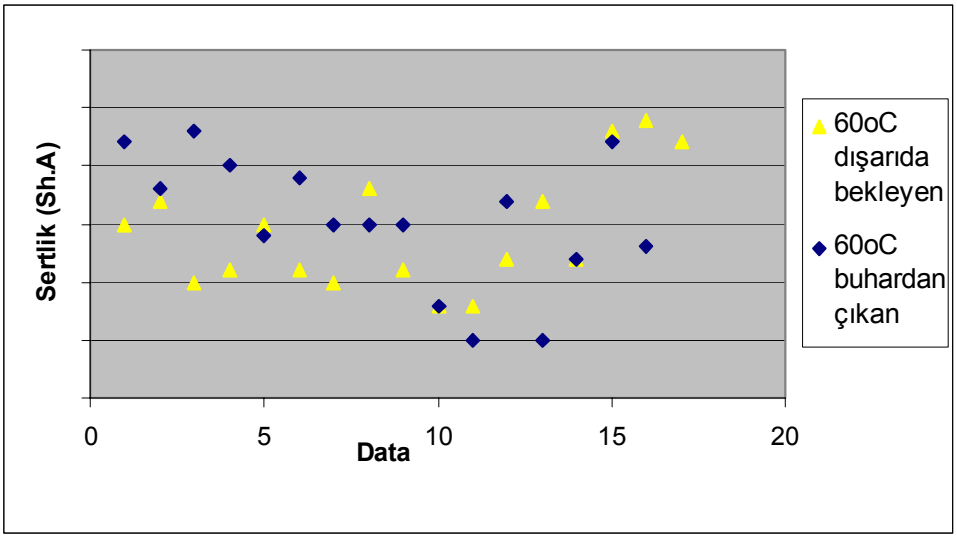


Şekil 4.29: Malzeme Deney Düzeneği

Deneylerin yapıldığı deney düzeneği Şekil 4.29'da görülmektedir



Şekil 4.30:25 °C'de Yapılan Malzeme Deneyleri



Şekil 4.31:60 ° C'de Yapılan Malzeme Deneyleri

Şekil 4.30 ve Şekil 4.31'de 25 °C ve 60°C yapılan deneylerin sonuçlar görülmektedir. Deney verileri incelendiğinde yaşlandırılan parçaların sertliğinin 45,5 ve 47,5 Sh.A arasında değiştiği ve düzenli bir değişim olmadığı görülmüştür. Buhardan çıkan numunelerin sertlik değerleri arasında fark olmadığı ve aynı aralıkta olduğu söylenebilir. Lastik parçaların üretimde hedeflenen sertliğinin 46-46,5 Sh.A olduğu düşünülürse ± 1 Sh.A'lık değişimin kauçuk malzeme için doğal bir davranış olduğu kabul edilir.

5. HAVALIK TASARIMI

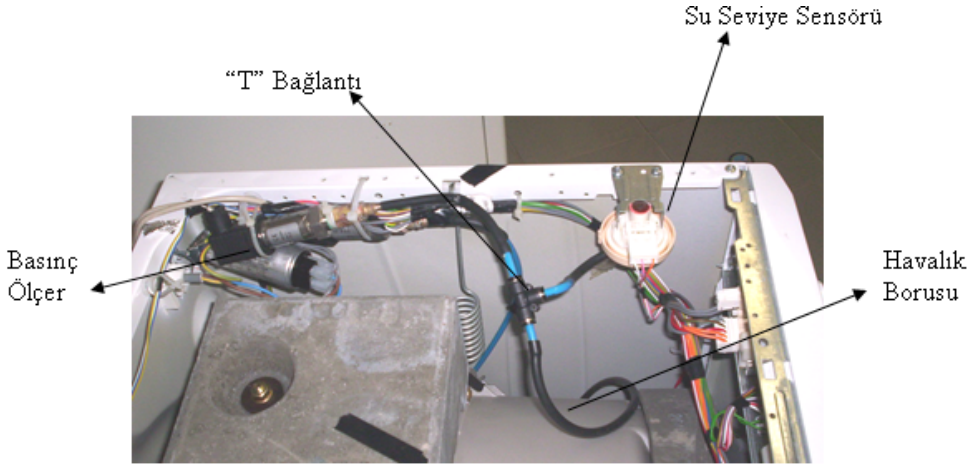
Mevcut durumda ana yıkama adımında çamaşır makinası kazanına su alma esnasında tambur hareketsizdir. Tamburun hareketsiz olması kazan içerisine su alımı esnasında havalıkta bulunan havanın düzgün bir şekilde sıkışmasına ve basıncının düzgün bir şekilde artmasına neden olmaktadır. Havalıkta oluşan basıncın düzgün bir şekilde artması, su seviye sensörünün sorunsuz çalışmasını ve kazan içerisindeki suyun seviyesini düzgün bir şekilde okumasını sağlamaktadır. Ancak tambur hareketi ile birlikte su alımının gerçekleştirilmesi esnasında kazan içerisinde yükselen suyun yüksekliği tambur hareketi ile birlikte değişmekte ve suyun hava ile oluşturduğu ara yüzey çalkantı hareketine maruz kalmaktadır. Kazan içerisinde yükselen su tambur hareketinin oluşturduğu çalkantı hareketi ile havalıkta bulunan havayı sıkıştıran suyun yüzeyinin de çalkantı hareketine maruz kalmasına ve havalıkta oluşan basıncın da aynı çalkantıdan etkilenmesine neden olmaktadır. Havalıkta oluşan basıncın çalkantı hareketi ile birlikte artması su seviye sensörünün kazan içerisinde oluşan su seviyesini düzgün olarak ölçememesine neden olarak alınan su miktarının belirlenmemesine yol açmaktadır. Bu nedenle çalışmanın bu aşamasında tambur hareketi ile birlikte su alımı esnasında oluşan basınç çalkantılarını sönümleyebilecek bir havalık tasarımı üzerine çalışmalar yapılmıştır.

Bu çalışma esnasında tambur hareketi ile birlikte oluşan basınç çalkantılarını sönümleyeceği düşünülen prototipler üretilmiş ve bu prototipler kurulan deney düzeneği vasıtası ile denenmiştir. Yapılan deneyler sonucunda prototiplerin basınç çalkantılarını hangi oranda sönümleyebildiği gözlemlenmiştir.

Tasarımı yapılan prototipler 52 devir/dak tambur hareketi ile su alımı esnasında basınçta oluşan çalkantı kullanılarak ile test edilmişlerdir. Prototiplerin performansı bu algoritma ile test edildiklerinde basınçta oluşan çalkantı hareketini sönümlemelerine bağlı olarak belirlenmiştir.

5.1 Havalık Tasarımı Deney Düzeneği ve Deney Sistematiği

Havalık tasarımı deney düzeneği bir adet çamaşır makinası, basınç transdüseri, manyetik debimetre ve veri toplama sisteminden oluşmaktadır. Kazan içerisine su giriş hortumu, su giriş vanası, deterjan kutusu ve kazan su giriş hortumu yolu vasıtasıyla su alımı esnasında kazan içerisinde yükselen su, kazan çıkış hortumuna teğet olarak bulunan havalık içerisindeki havayı sıkıştırır ve basıncının artmasına neden olur. Bu basınç su seviye sensörü vasıtası ile ölçülür. Havalık tasarımı çalışmalarında kullanılmak üzere kurulan deney düzeneğinde su seviye sensörünün ölçtüğü basıncı belirleyebilmek amacı ile su seviye sensörü girişine "T" bağlantı ile basınç transdüseri bağlanmıştır. Şekil 5.1'de su seviye sensörü, havalık borusu, "T" bağlantı ve basınç ölçer borusu görülmektedir.

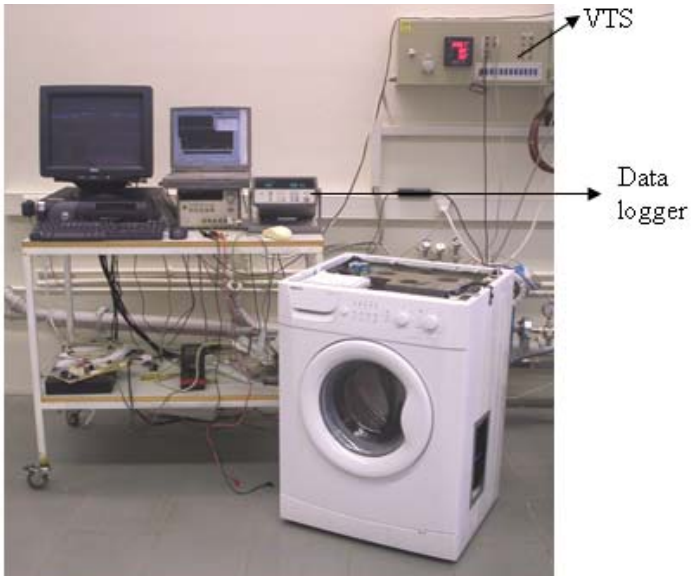


Şekil 5.1: Havalık Tasarımı Deney Düzeneği (Basınç Ölçümü)

Şekil 5.2'de havalık test düzeneğinin tamamı görülmektedir. Bu düzenekte su seviye sensörü girişinde "T" boru ile ölçülen basınç değerleri data logger vasıtası ile okunmuş ve bilgisayarda bulunan yazılım ile kaydedilmiştir. Bu deney düzneğinde kullanılan sistemin getirdiği bir kısıt olarak basınç sinyali 1 saniyelik aralıklar ile okunmuştur. Bu okuma aralığının tamburun dönüş frekansının deneysel olarak belirlenebilmesi aşamasında yetersiz olacağı belirtilmelidir. Deneylerde, çamaşır makinasının testler esnasında aldığı su miktarı ise manyetik debimetre ile ölçülmüş ve VTS (Veri Toplama Sistemi) vasıtası ile kaydedilerek bilgisayara aktarılmıştır.

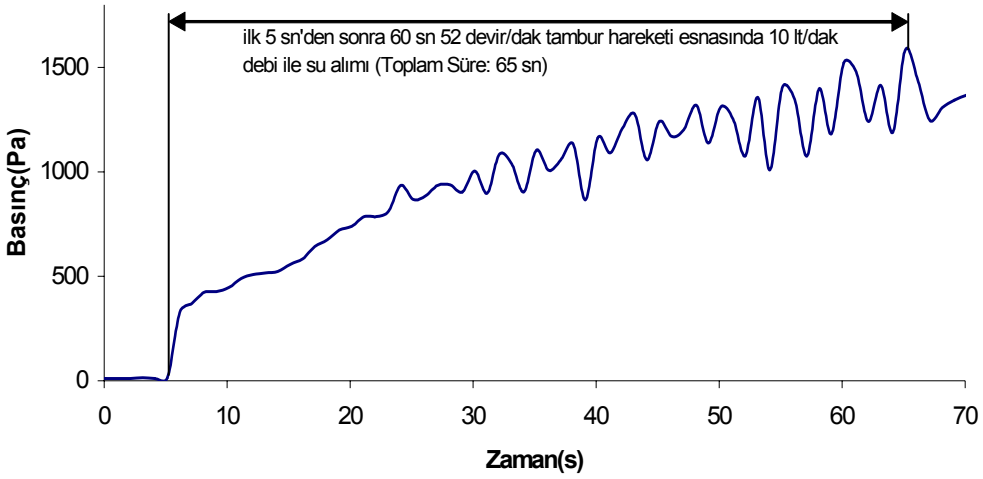
Bu çalışmada izlenen deney sistematiği ise şu şekildedir. Öncelikli olarak standart durumda gerçekleşen çalkantı miktarı belirlenmiştir. Standart havalık kullanılarak ölçülen çalkantı prototipler kullanılarak ölçülen çalkantı miktarı ile grafiksel olarak

kıyaslanmıştır. Bu şekilde izlenen deney sistematiği ile prototiplerin çalkantı sönümleme performansları karşılaştırılmıştır.



Şekil 5.2: Havalık Test Düzeneği

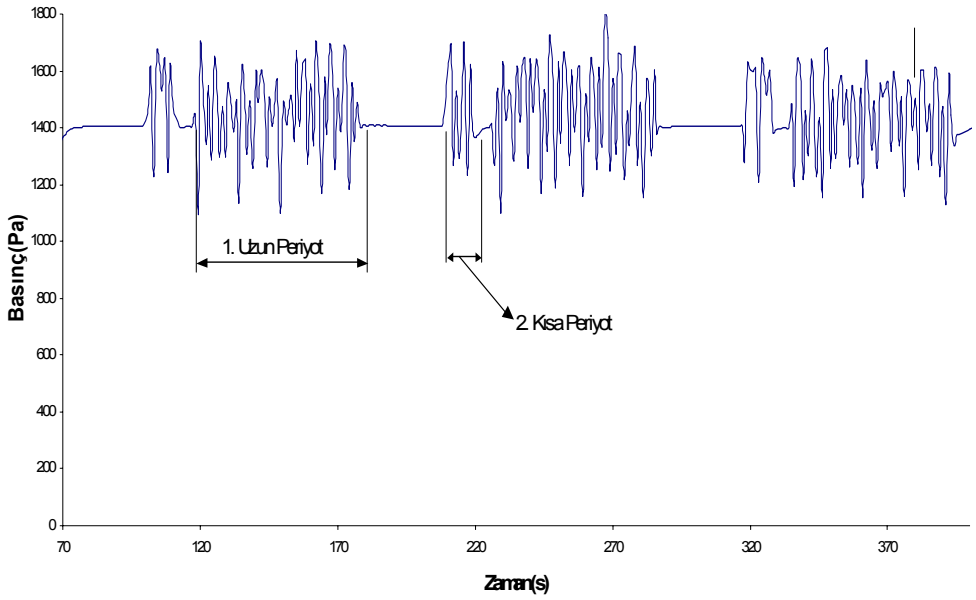
Standart durumda meydana gelen çalkantıyı belirleyebilmek amacı ile üç adet deney yapılmıştır. Bu deneylerde çamaşır makinası su alımına başladıktan 5 saniye sonra 52 devir/dak ile tambur hareketi başlamaktadır.



Şekil 5.3 :İlk 5 sn'den Sonra 60 sn 52 devir/dak Tambur Hareketi İle Su Alımı

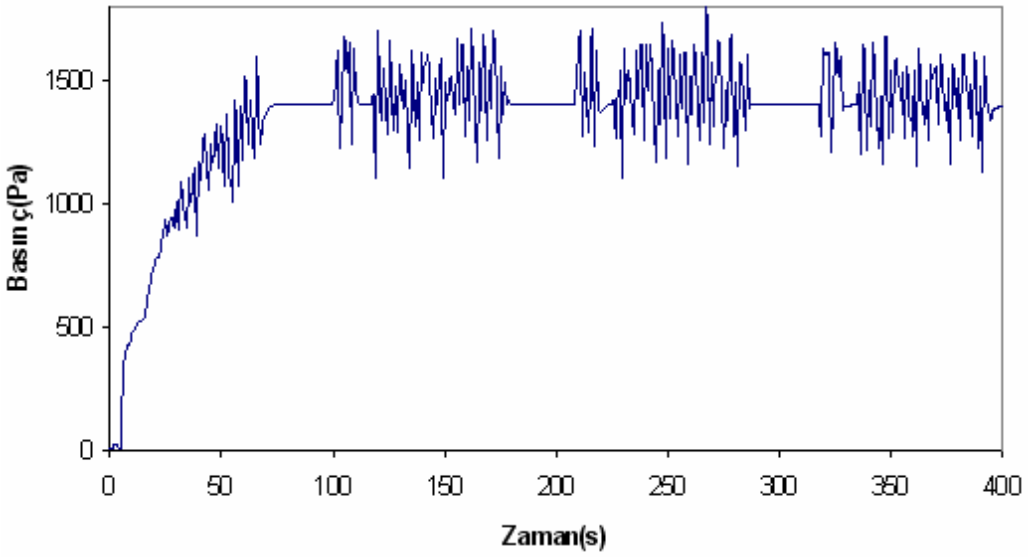
60 saniye tambur hareketi ile su alımını gerçekleştirdikten sonra çamaşır makinası su alımını durdurmakta ve içindeki sabit su ile kısa ve uzun periyotlarla tambur hareketini yapmaktadır. Şekil 5.3'de 10 lt/dak debi ile su alımı esnasında 52 devir/dak tambur hareketi ile basınçda oluşan çalkantı görülmektedir. Su alımının

başlamasından 65 saniye sonra su alımı makina tarafından durdurulur ve bundan sonraki tambur hareketleri kazan içerisindeki sabit su ile gerçekleştirilir.



Şekil 5.4 : Sabit Su İle Kısa ve Uzun Periyotlu Tambur Hareketleri

Şekil 5.4'de kazan içerisindeki sabit su ile gerçekleştirilen kısa ve uzun periyotlu tambur hareketleri sonucunda basınçda oluşan çalkantılar görülmektedir. Kısa periyotlar 5 saniye 52 devir/dak ile tambur hareketini uzun periyotlar ise 60 saniye boyunca 52 devir/dak ile tambur hareketini göstermektedir.

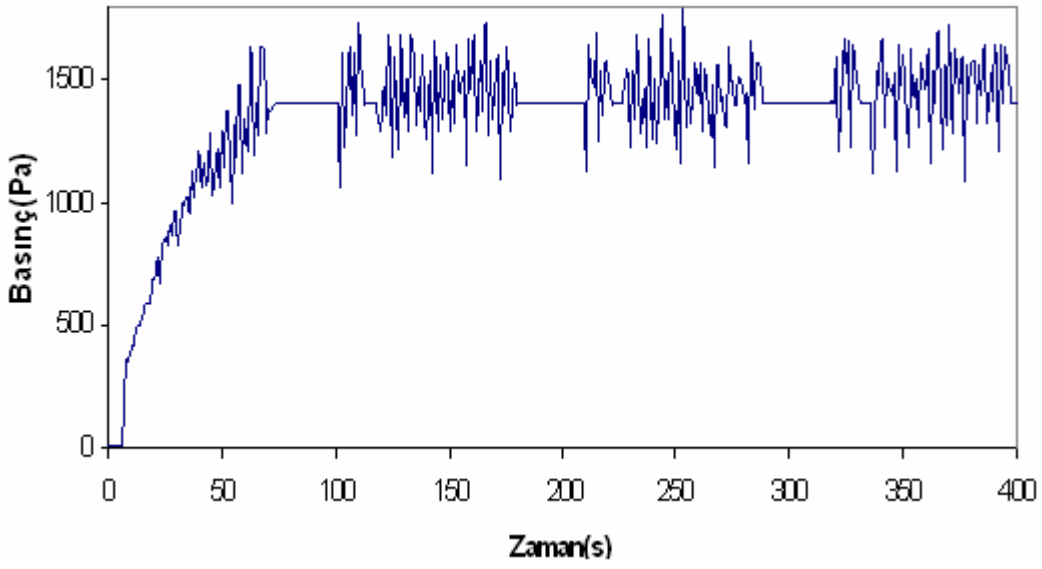


Şekil 5.5 : Standart Havalık İle Yapılan Birinci Deney

Şekil 5.5'de standart havalık ile yapılan birinci deneyin sonucu görülmektedir. Uzun ve kısa periyotlarla tambur hareketi esnasında ölçülen basınç değerinde

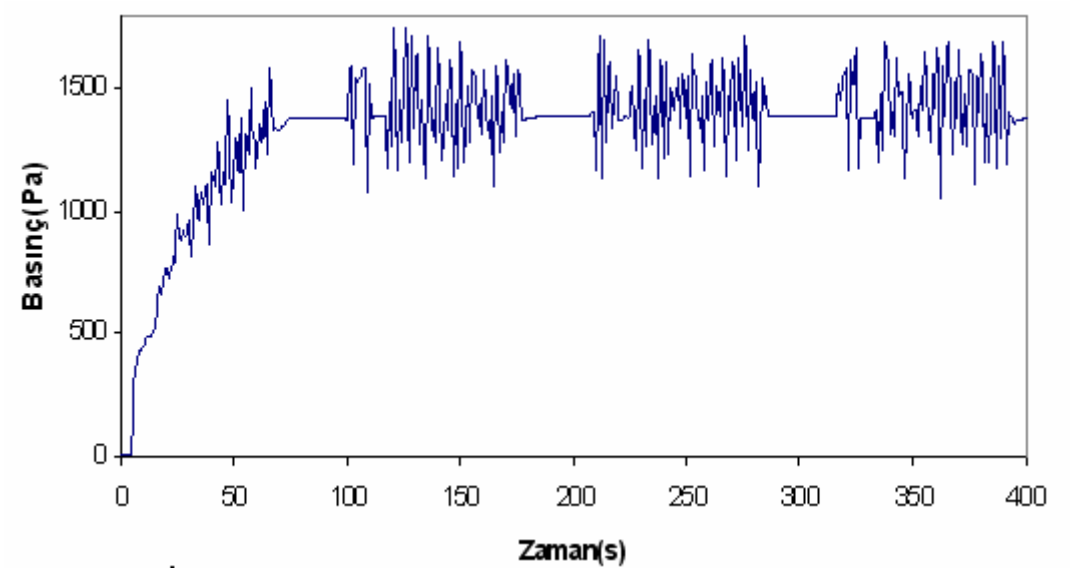
meydana gelen çalkantı miktarı bu deneyde minimum 1100 pascal maksimum ise 1800 pascal olarak gerçekleşmiştir. Bu deneyde birinci uzun periyotta basınçda oluşan çalkantının standart sapması 155 pascal olarak hesaplanmıştır. İkinci uzun periyotta bu değer 175 pascal olarak gerçekleşmiştir. Üçüncü uzun periyotta hesaplanan standart sapma değeri ise 152 pascal değerindedir. Bu değerler göz önüne alındığında içerisinde sabit miktarda su bulunan kazan içerisinde 52 devir/dak ile dönen tamburun basınç değerinde meydana getirdiği çalkantı her zaman aynı değerde olmamaktadır. Yapılan birinci deney sonucunda standart sapma değerinde de 20 pascal civarında bir sapma beklenebileceği görülmüştür. Bu nedenle deneyler tekrarlanarak kıyaslama için gerekli verilerin doğrulanması sağlanmıştır.

Şekil 5.6'da standart havalık ile yapılan ikinci deneyin sonuçları görülmektedir. Bu deneyde kısa ve uzun periyotlarla gerçekleştirilen tambur hareketi esnasında oluşan basınç değerindeki çalkantı minimum 1070 pascal maksimum ise 1770 pascal olarak gerçekleşmiştir. Birinci uzun periyotta basınç değerinde oluşan standart sapma değeri 156 pascal'dır. İkinci uzun periyotta hesaplanan standart sapma değeri 148 pascal olarak hesaplanmıştır. Üçüncü uzun periyot sonucunda ise 151 pascal değerinde bir standart sapma elde edilmiştir.



Şekil 5.6 : Standart Havalık İle Yapılan İkinci Deney

Standart durumdaki çalkantı oranını belirleyebilmek amacı ile yapılan üçüncü deneyin sonuçları Şekil 5.7'de görülmektedir.

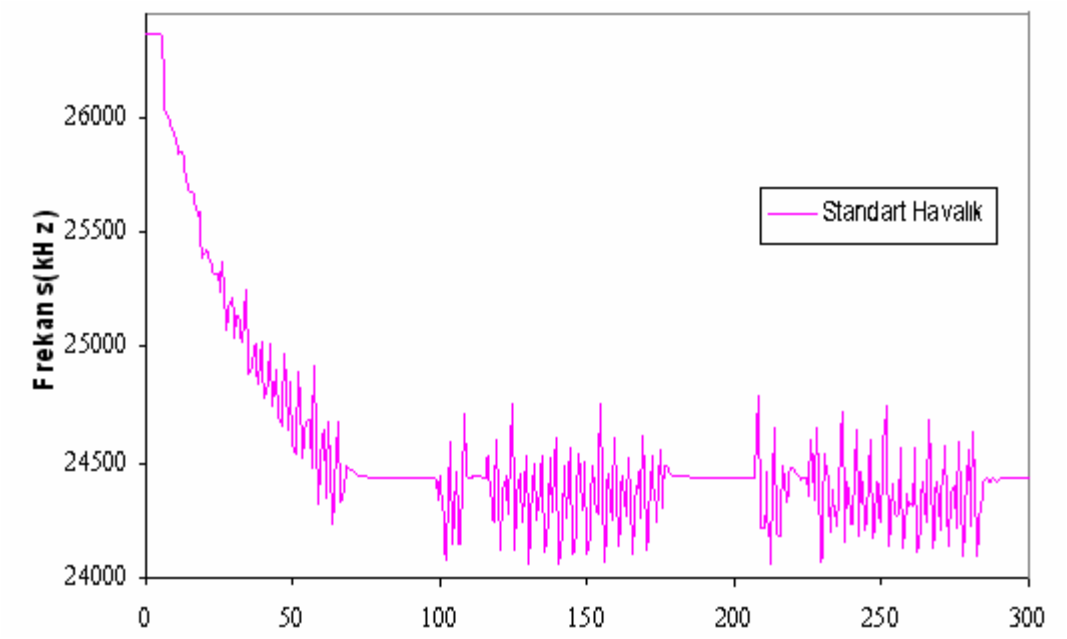


Şekil 5.7: Standart Havalık İle Yapılan Üçüncü Deney

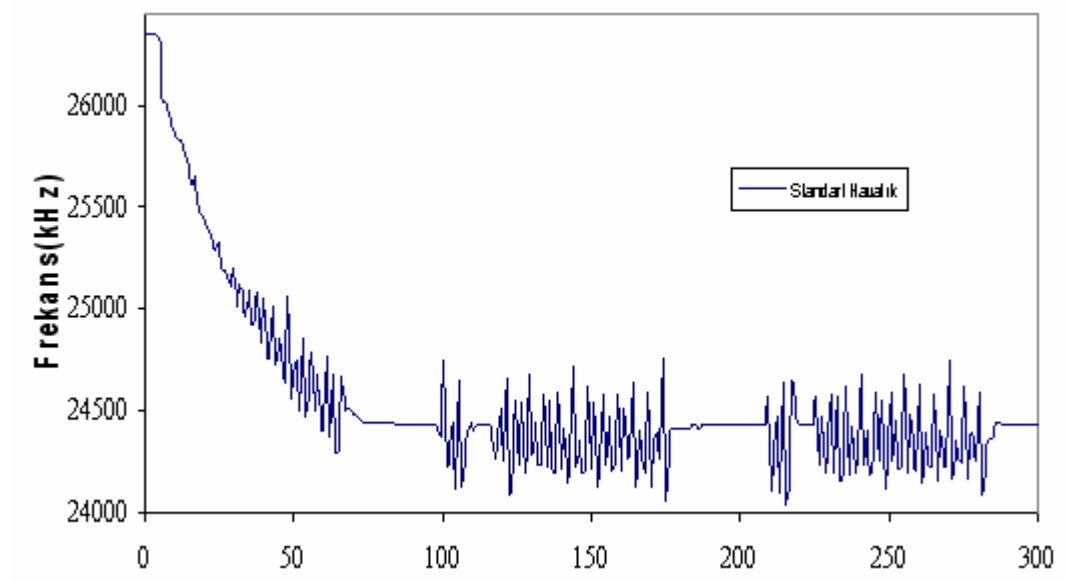
Bu deneyde birinci uzun periyotta elde edilen standart sapma değeri 170 pascal iken bu değer ikinci uzun periyotta 160 pascal üçüncü uzun periyotta ise 165 pascal değerindedir.

Standart havalık ile yapılan deneyler incelendiğinde standart sapmada 20 pascal değerinde bir değişimin anlamlı olmadığı gözlemlenmiştir. Bu nedenle prototiplerin değerlendirilmesi aşamasında grafiksel olarak anlamlı değişimler görülmediği takdirde prototipin başarısız olduğu kararı verilecektir. Standart durum ile prototipin kıyaslanması aşamasında ise her durum için yapılan ilk deneyler grafiksel olarak kıyaslanarak prototiplerin performansları değerlendirilecektir.

Sensör girişine bağlanan "T" boru ile yapılan basınç ölçümleri çalkantının belirlenmesi yanında, su seviye sensörünün çıkış sinyali olan frekans sinyalini ölçerek de havalıkta oluşan çalkantıyı belirlemek mümkündür. Şekil 5.8 ve Şekil 5.9'da frekans ölçülerek yapılan iki deneye ait sonuçlar görülmektedir.

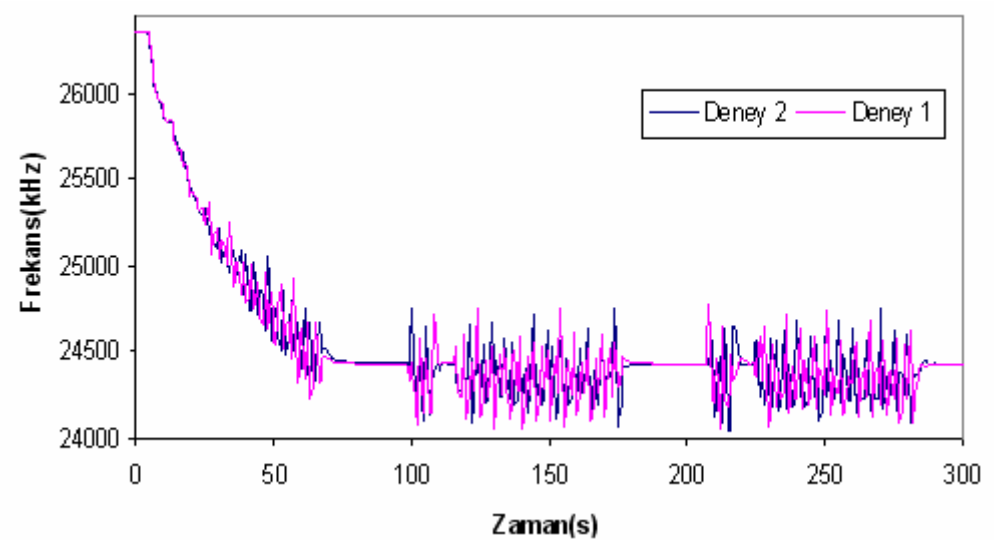


Şekil 5.8: Standart Havalık ile 52 devir/dak Tambur Hareketi Esnasında Yapılan Frekans Ölçümü (Deney 1)



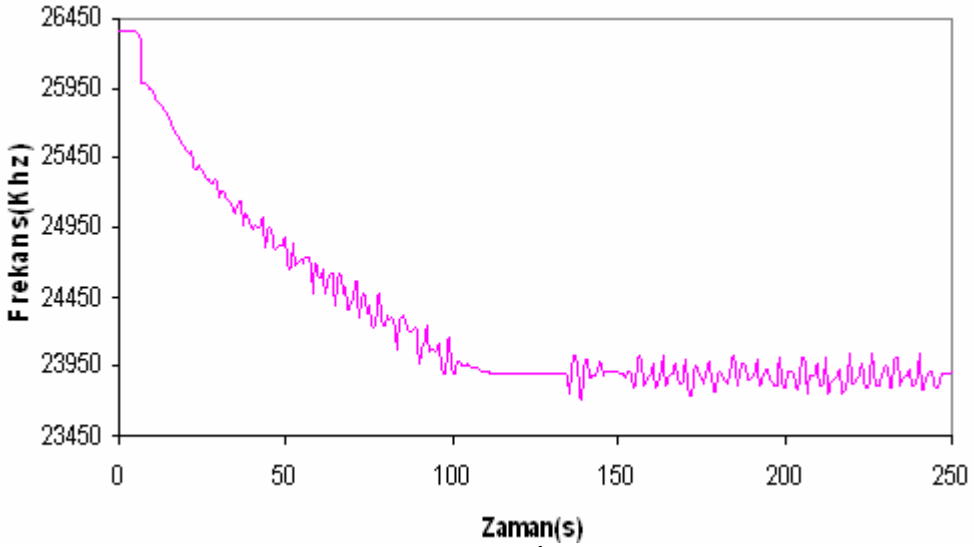
Şekil 5.9 : Standart Havalık İle 52 devir/dak İle Tambur Hareketi Esnasında Yapılan Frekans Ölçümü (Deney 2)

Bu iki deney sonucu üst üste eklenerek gösterildiğinde çalkantı karakteristiği açısından basınç ölçümlerinde olduğu gibi fark olmadığı görülmektedir. Bu sonuç Şekil 5.10'da gösterilmiştir.



Şekil 5.10: Standart Havalık İle 52 devir/dak Tambur Hareketi Esnasında Yapılan Frekans Ölçümlerin Birlikte Gösterimi (Deney1/Deney 2)

Ek olarak 34 devir/dak tambur hareketi ile 100 saniye boyunca su alımı esnasında frekans ölçümünde elde edilen çalkantı hareketinin grafiği Şekil 5.11'de gösterilmiştir.



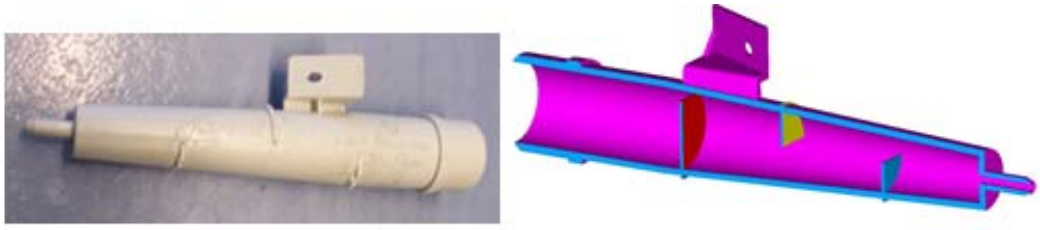
Şekil 5.11: 34 dev/dak Tambur Hareketi İle 100 Saniye Boyunca Su Alımı

5.2 Prototiplerin tanıtılması

Tambur hareketi ile su alımı esnasında oluşan basınç çalkantılarını sönümleyeceği düşünülen 5 adet prototip üretilmiş ve tamburun 52 devir/dak ile 60 sn döndüğü esnada su alımı koşulunda denenmişlerdir. Bu prototiplerde temel olarak tambur hareketi esnasında oluşan basınç çalkantılarının basınç kaybı yaratılarak sönümlenmesi amaçlanmıştır.

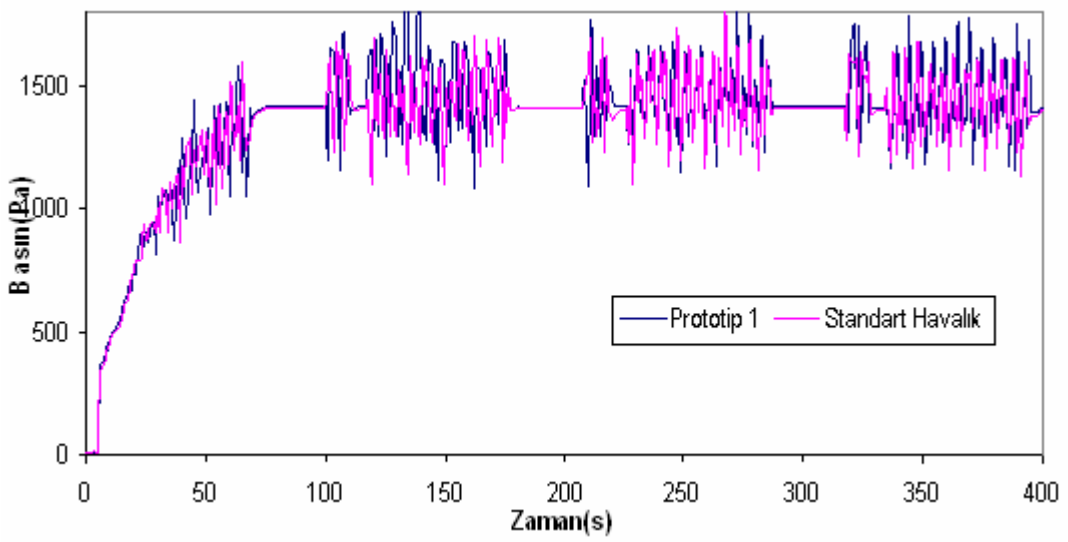
5.2.1 Prototip 1

Prototip 1'de havalık içerisine çapraz kanatlar eklenmiş ve çalkantı hareketini ne derece sönümleyebildiği gözlemlenmiştir. Bu prototipte (Şekil 5.12) kanatlar yaklaşık olarak eşit uzaklıklar ile yerleştirilmiştir. Prototipte havanın geçmesine imkan sağlayacak açıklık yaklaşık olarak o noktadaki çap değerinin %20'sine denk gelmektedir.



Şekil 5.12 : Prototip 1

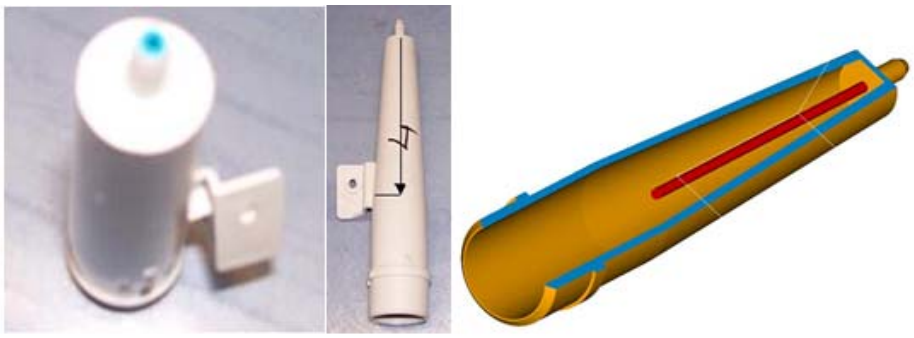
Standart havalık ile yapılan deneyler prototip 1 ile tekrarlanmıştır. Aynı koşullarda yapılan bu deneyler grafiksel olarak kıyaslanmıştır. Bu kıyaslamada yapılan ilk deneylerin sonuçları karşılaştırılmıştır. Prototip 1 ile yapılan birinci deneyin sonucu standart havalık ile yapılan deneyin ilk sonucu ile kıyaslandığında grafiksel olarak anlamlı bir değişiklik gözlemlenmemiştir. Bu sonuçlar Şekil 5.13'de gösterilmiştir. Şekil üzerinde su alımı esnasındaki çalkantı ile sabit su ile meydana gelen çalkantı miktarı gösterilmiştir. Her iki durumda da bir numaralı prototipin sönümlemeye etkisinin olmadığı görülmüştür.



Şekil 5.13 : Prototip 1 İle Standart Havalığın Kıyaslanması

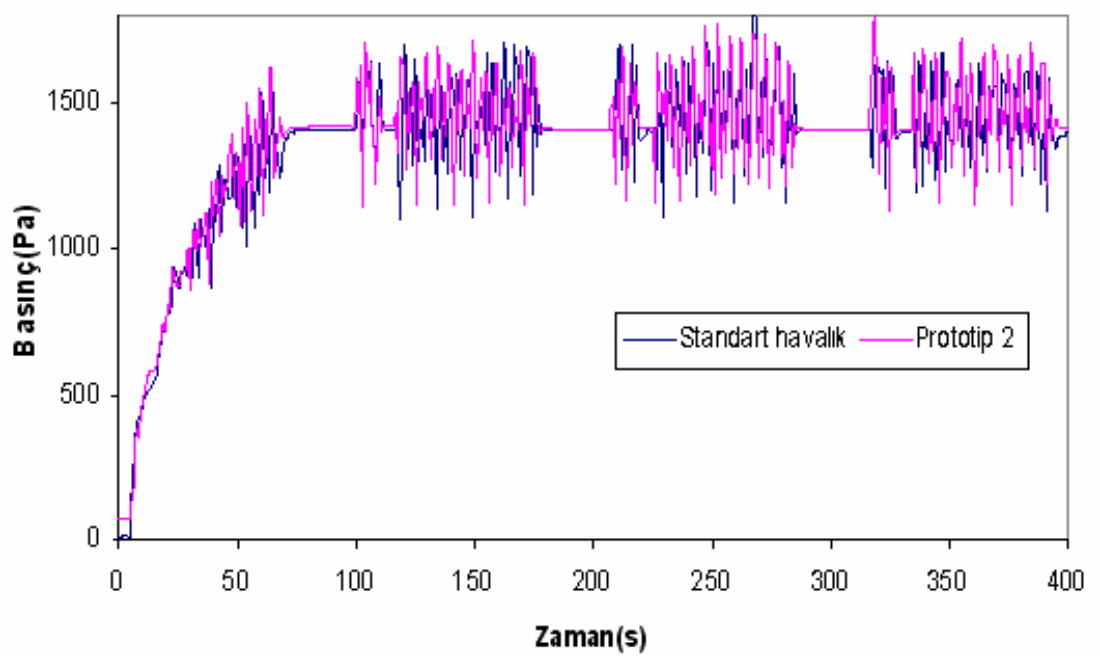
5.2.2 Prototip 2

İki numaralı prototip'te havalık borusu girişinden 2 mm iç çapa sahip bir boru geçirilmiş ve bu şekilde test edilmiştir. Bu prototip'e ait resim ve çizim Şekil 5.14'de görülmektedir.



Şekil 5.14 : Prototip 2

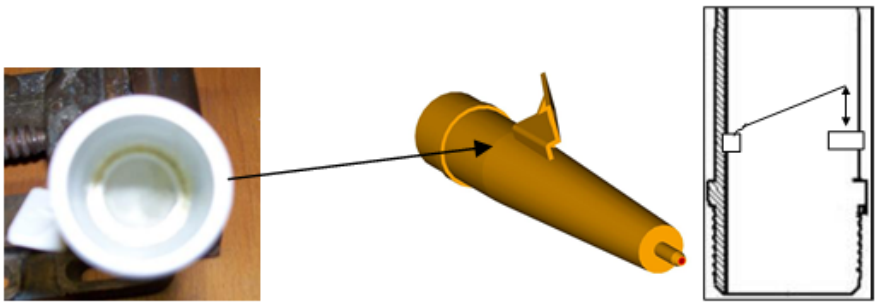
Diğer prototiplerde olduğu gibi bu prototiple yapılan deneyler standart havalık ile yapılan deneyler ile kıyaslanmıştır. Şekil 5.15 standart havalık ile prototip 2 arasında yapılan kıyaslamayı göstermektedir. Bu kıyaslamada standart havalık ile yapılan birinci deney ile prototip 2 ile yapılan birinci deneyin sonuçları kıyaslanmıştır. Şekil 5.15'deki grafiksel kıyaslama göz önüne alındığında anlamlı bir değişiklik olmadığı gözlemlenmiştir.



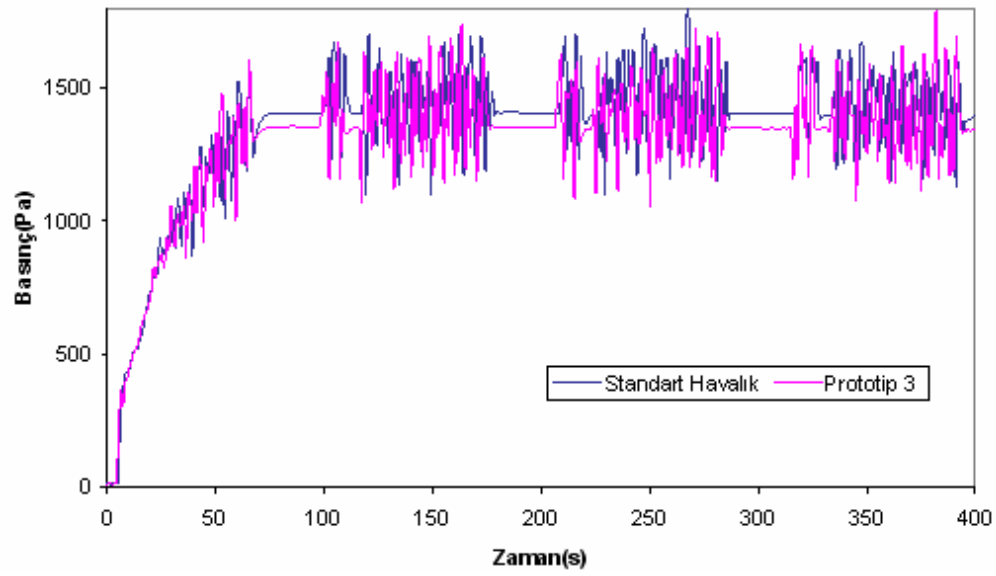
Şekil 5.15 : Prototip 2 İle Standart Havalığın Kıyaslanması

5.2.3 Prototip 3

Prototip 3'de havalık içerisine yaprak şeklinde hareket edebilir plastik bir eleman yerleştirilmiştir. Şekil 5.16'da üretilen prototipin resmi, katı model çizimi ve iki boyutlu şekli görülmektedir. Bu prototipte basınç çalkantılarının yaprak üzerinde sönümlenmesi amaçlanmıştır. Ancak tahmin edilebileceği gibi hareket edebilir yaprak elemanının malzemesi ve ağırlığı önemli ölçüde etkili olmaktadır. Bu nedenle elde edilecek sonuçlar ancak bu prototipte kullanılan malzemeler ile elde edilen sonuçlar olacaktır. Bu prototip ile de standart havalık ile yapılan deneyler tekrarlanmıştır. Kıyaslama aşamasında yapılan deneylerin ilki kullanılmıştır. Bu kıyaslama sonuçları Şekil 5.17'de görülmektedir. Şekil 5.17 incelendiğinde 3 numaralı prototip ile de elde edilen sonuçları standart havalık ile elde edilen sonuçlardan farklı olmadığı görülmektedir.



Şekil 5.16 : Prototip 3



Şekil 5.17: Prototip 3 İle Standart Havalığın Kıyaslanması

Şekil 5.17'de sabit su ile tambur hareketi esnasında kazan içerisindeki suyun tambur hareketsiz olduğu anda oluşturduğu basınç değerinin standart havalık deneyi

için 1400 pascal ve prototip 3 ile yapılan deney için 1360 olduğu gözlemlenmiştir. Ancak kıyaslama noktasına gelindiğinde bu farkın anlamlı bir fark olmadığı, standart havalık ile yapılan deneylerde, deneyler arasında oluşan farklılıklardan söylenebilmektedir. Anlamlı bir fark olduğu söylenebilmesi için deneyler arasında meydana gelebilecek farklardan daha büyük değişiklikler olması gerekmektedir.

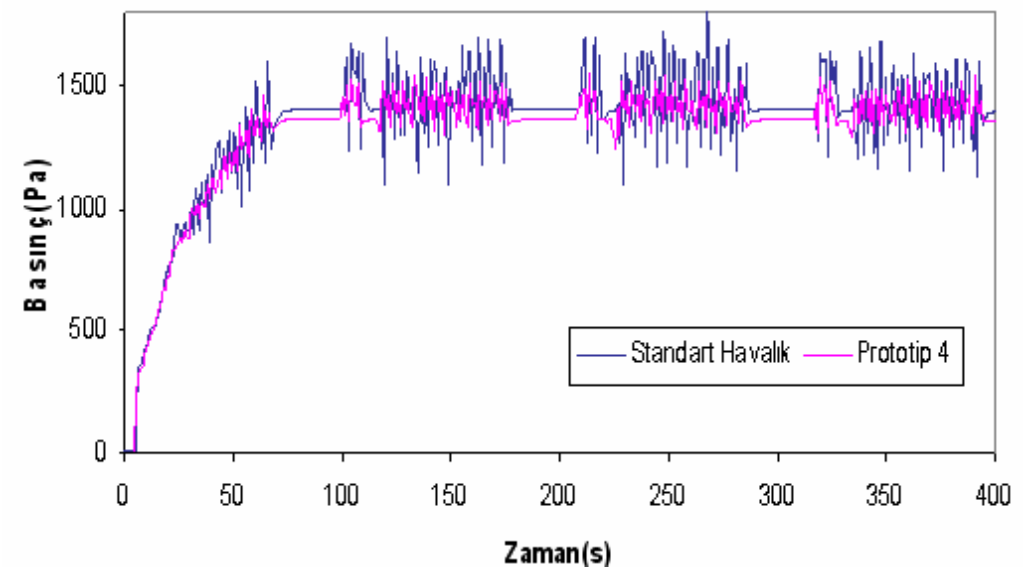
5.2.4 Prototip 4

4 numaralı prototipte havalığın havalık borusu 0.5 mm mertebesinde küçültülmüş ve delik çapının etkisi incelenmiştir. Şekil 5.18'de prototip 4'e ait resimler görülmektedir.



Şekil 5.18 : Prototip 4

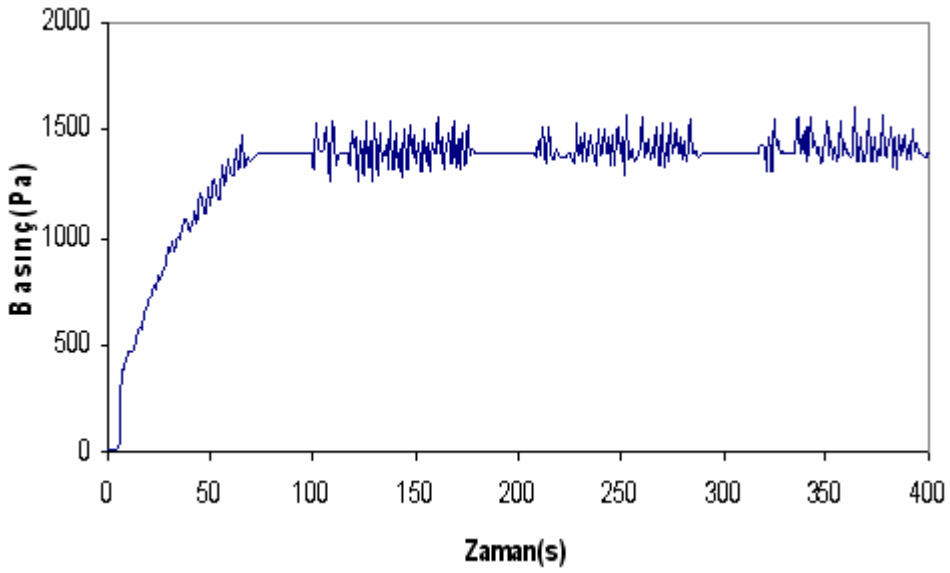
Prototip 4 ile yapılan deney sonuçlarının standart havalık ile yapılan deney sonuçları ile karşılaştırılması Şekil 5.19'de görülmektedir. Bu grafik incelendiğinde standart havalık ve prototip 4 ile elde edilen durum arasında anlamlı bir değişim olduğu görülmektedir.



Şekil 5.19 : Prototip 4 İle Standart Havalığın Kıyaslanması

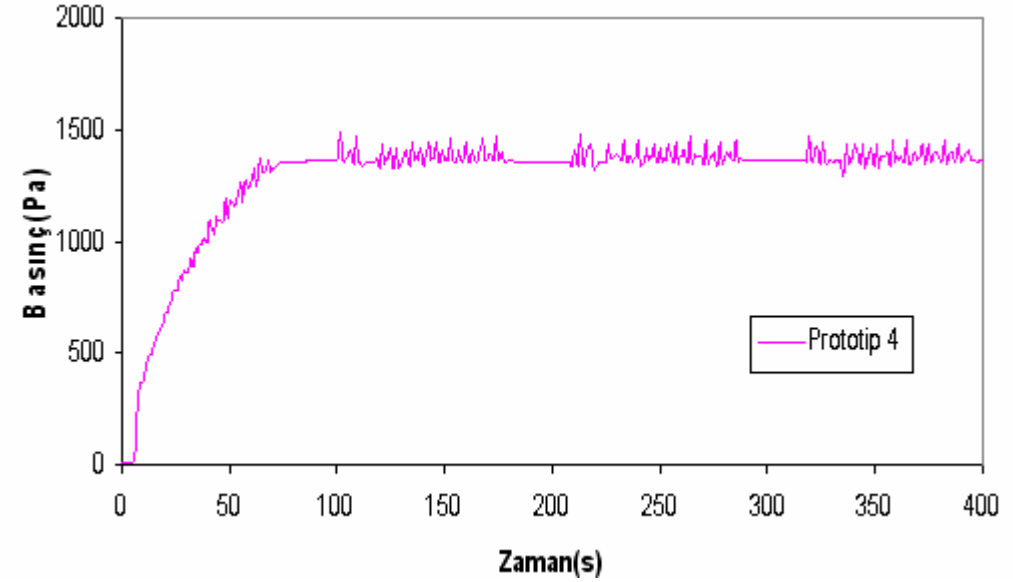
Prototipin ne oranda başarılı olduğunu anlayabilmek amacı ile prototip 4 ile yapılan ilk deneyin sonuçları incelenmiştir. Kazan içerisindeki sabit su ile tambur hareketi esnasında basınçda oluşan çalkantıların standart sapma değerleri hesaplanarak standart havalık ile elde edilen standart sapma değerleri ile karşılaştırılmıştır. Birinci uzun periyot sonucunda edilen standart sapma değeri 65 pascal iken, bu değer ikinci uzun periyot sonunda 69 pascal, üçüncü uzun periyot sonunda 66 pascal olarak hesaplanmıştır. Standart havalık ile hesaplanan standart sapma değeri ise ortalama olarak 165 pascal civarında idi. İki durum arasında ki standart sapma değerleri birbirlerine oranlandığında 2.5 gibi bir değer elde edilmektedir. Bu da bize 4 numaralı prototipin basınç çalkantılarını 2.5 kat azalttığını göstermektedir.

Prototip 4'ün farklı devirlerde oluşacak çalkantıyı ne derece sönümleyebileceğini belirleyebilmek amacı ile standart havalık ile yapılan deneyler tambur dönüş hızının 34 devir/dak olduğu durumda tekrarlanmıştır.



Şekil 5.20 : Standart Havalık İle 34 devir/dak Tambur Hareketi İle Yapılan Deney

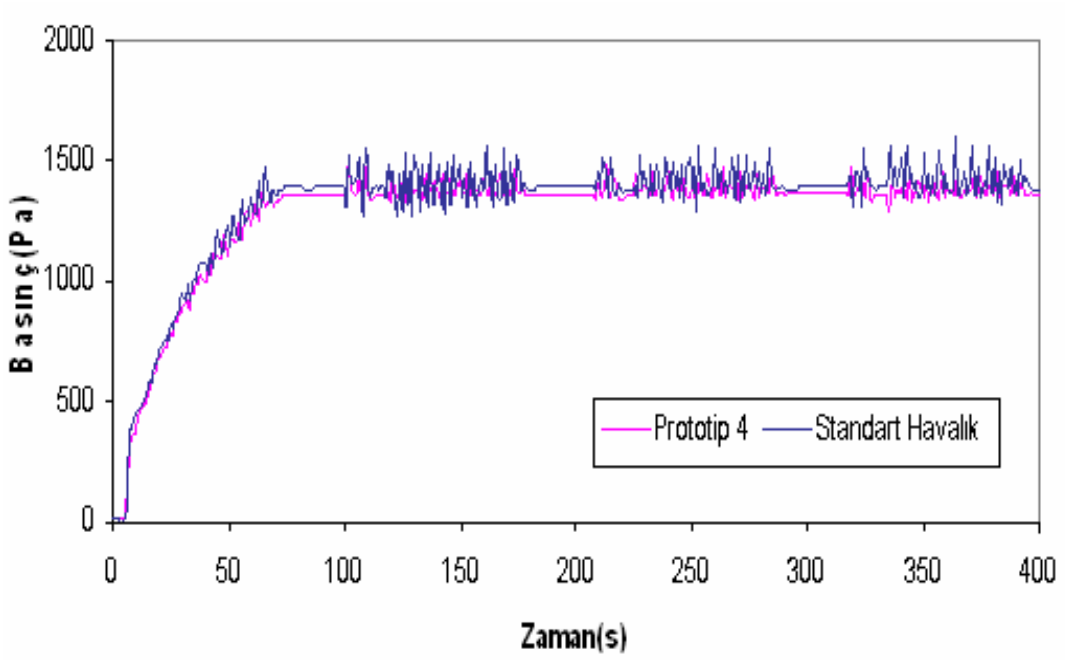
Şekil 5.20'de standart havalık kullanılarak 34 devir/dak tambur hareketi ile yapılan deneyin sonuçları görülmektedir. Bu deneyin sonuçları incelendiğinde ilk uzun periyot sonucunda elde edilen standart sapma değerinin 82 pascal , ikinci uzun periyot sonucunda elde edilen standart sapma değerinin 66 pascal, üçüncü periyot sonucunda elde edilen standart sapma değerinin ise 68 pascal olduğu görülmektedir. Bu değeler incelendiğinde ortalama olarak 75 pascal civarında bir standart sapma oluştuğu söylenebilmektedir.



Şekil 5.21: Prototip 4 İle 34 devir/dak Tambur Hareketi İle Yapılan Deney

Dört numaralı prototipin 34 devir/dak tambur hareketi ile davranışını ölçebilmek amacı ile aynı deney prototip 4 ile tekrarlanmıştır. Prototip 4 ile yapılan deneyin sonuçları Şekil 5.21'de görülmektedir.

.



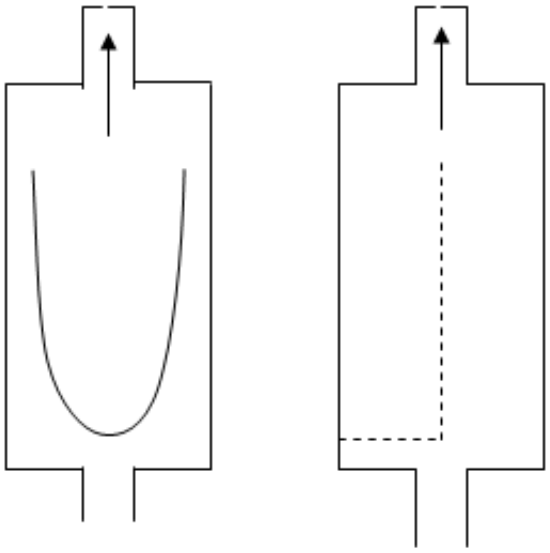
Şekil 5.22 :34 devir/dak Tambur Hareketi İçin Prototip 6 İle Standart Havalığın Kıyaslanması

Standart havalık ile prototip 4'nın kıyaslanması ise Şekil 5.22'de görülmektedir. Bu grafik incelendiğinde 34 devir/dak tambur hareket için anlamlı bir sönümleme elde edildiği gözlemlenmiştir. Prototip 4 ile yapılan deneyin sonuçları analiz edildiğinde

ilk uzun periyot sonucunda 37 pascal değerin bir standart sapma elde edilmiştir, ikinci uzun periyotta ise bu değer 36 pascal, üçüncü uzun periyotta hesaplanan değer ise bir önce periyotta olduğu gibi 36 pascal olarak elde edilmiştir. Bu değerler ve standart havalık ile elde edilen standart sapma değerleri göz önüne alındığında prototip 4'ün çalkantıyı 2 kat oranında sönümlediği gözlemlenmiştir.

5.2.5 Prototip 5

Dört numaralı prototip ile elde edilen bilgi başka bir prototip üretilerek kullanılmıştır. Bu prototip havalık ile su seviye sensörü arasına yerleştirilecek bir kutudan ibarettir. Bu kutunun giriş çapı havalık borusunun iç çapı ile aynı kalarak çıkış çapı 0.5 mm mertebesinde küçültülmüştür (Şekil 5.23). Bu prototipin üretilmesinin nedeni ise havalığın havalık borusu girişinde yapılabilecek bir çap daralmasının buhar ve yıkama sıvısı nedeni ile tıkanma riskidir. Bu nedenle bu prototip içerisinde yıkama sıvısı içerisinde oluşabilecek su buharının daraltılmış delik çapına ulaşmasını engellemek amacı ile kanat yerleştirilmiştir.

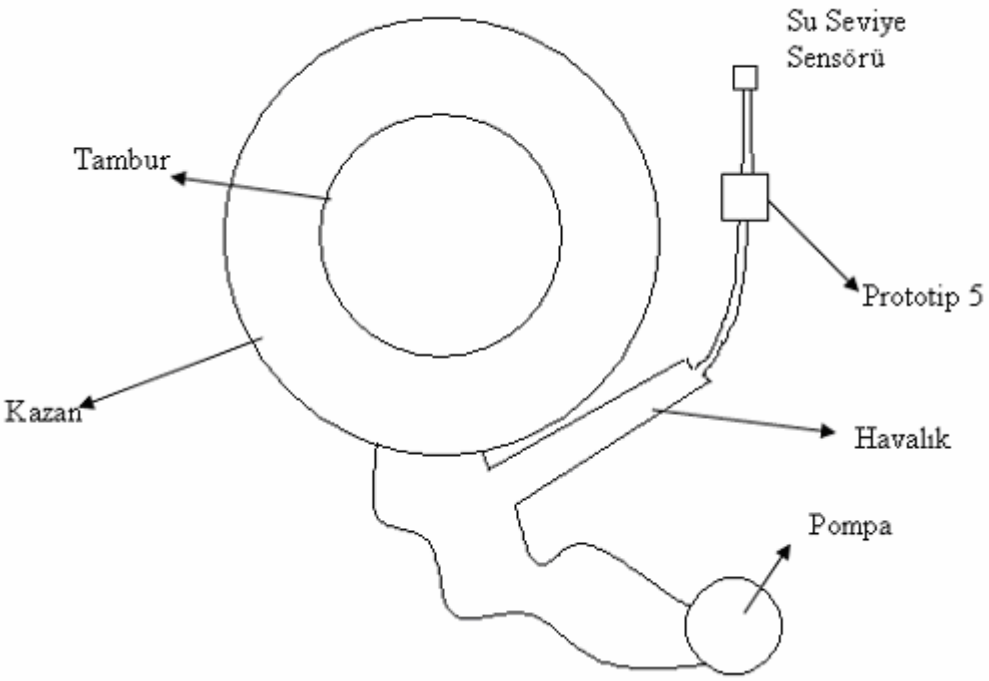


Şekil 5.23: Prototip 5



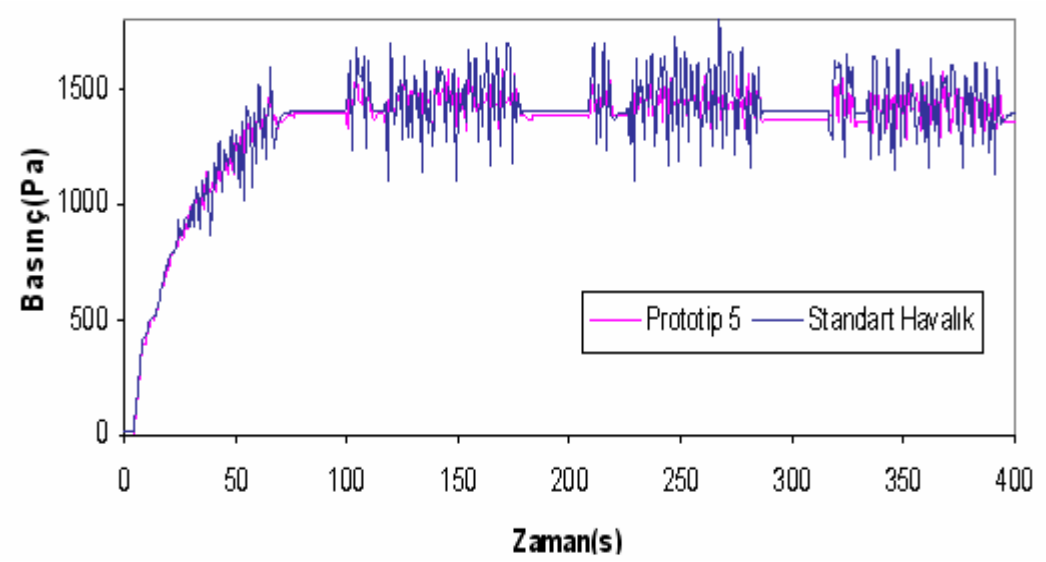
Şekil 5.24 : Prototip 5'in Yerleşim Resmi

Şekil 5.24'de prototip 5'in makina üzerine yerleştirilmiş konumdaki resmi görülmektedir. Şekil 5.25'de ise şematik olarak prototip 5'in makinaya hangi şekilde monte edildiği gösterilmiştir.



Şekil 5.25 : Prototip 5'in Makina Üzerine Montajı

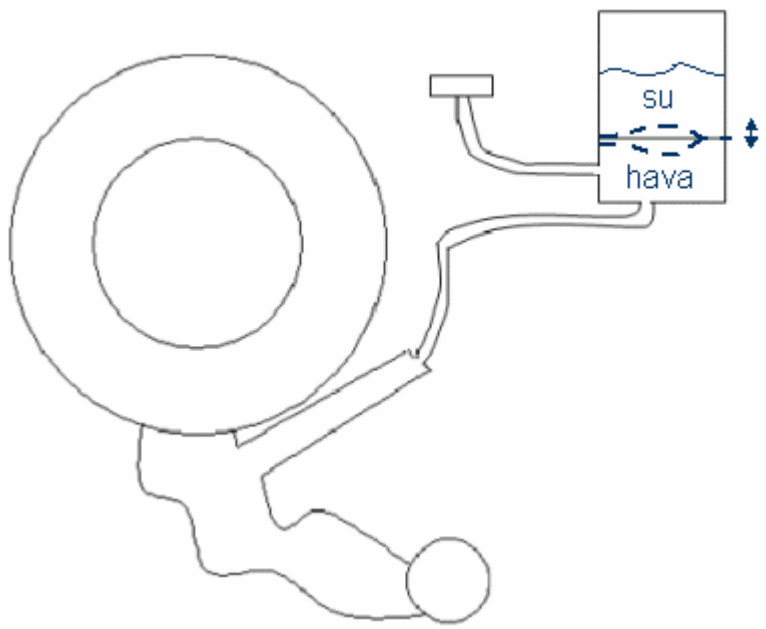
Beş numaralı prototip ile yapılan deneyler standart havalık ile yapılan deneyler ile kıyaslanmıştır. Tambur hareketinin 52 devir/dak olduğu durumda yapılan kıyaslama Şekil 5.26'da görülmektedir.



Şekil 5.26 : Prototip 5 İle Standart Havalığın Kıyaslanması

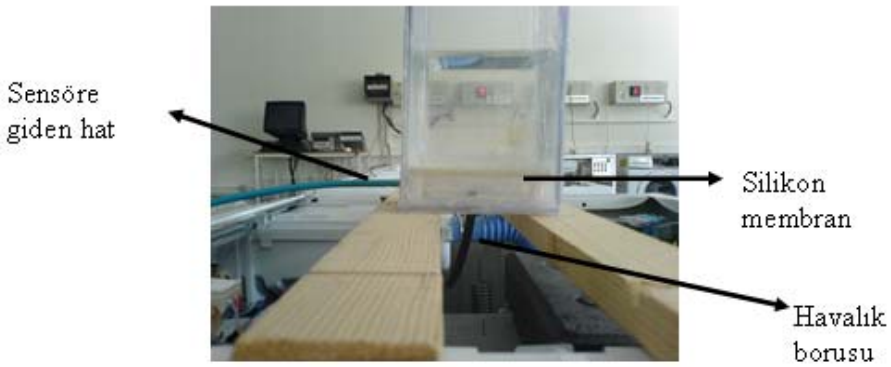
Şekil 5.26 incelendiğinde 5 numaralı prototipin 4 numaralı prototip ile aynı oranda bir sönümleme karakteri gösterdiği görülmektedir. Prototip 5 ile yapılan deneyin ilk uzun periyodunda elde edilen standart sapma 79 pascal, ikinci uzun periyodunda elde edilen standart sapma 72 pascal, üçüncü uzun periyodunda elde edilen standart sapma değeri ise 74 pascal olarak elde edilmiştir. Bu değerler göz önüne alındığında prototip 5 'in 2 kat sönümleme gerçekleştirdiği görülmüştür.

5.2.6 Prototip 6



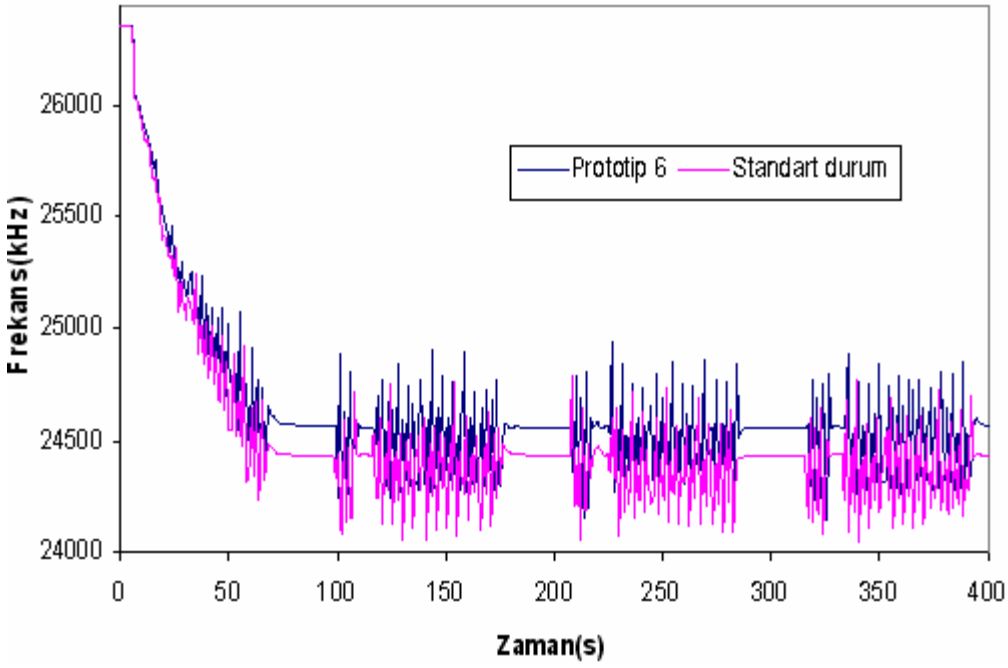
Şekil 5.27 : Prototip 6'nın Yerleşimi

Bu prototipte dikdörtgen bir kutu silikon bir malzeme ile iki ayrı bölmeye ayrılmıştır. Havalık borusu çıkışı bu hacme bağlanmış ve başka bir boru ile bu hacimden çıkış yapılarak su seviye sensörüne bağlanmıştır (Şekil 5.27). Kutunun içindeki silikon malzeme havalıktaki çalkantı ile salınım yapmaktadır.



Şekil 5.28: Prototip 6

Silikon malzemenin üstüne su eklenmiş ve silikon malzemenin hareketine karşı kuvvet yaratılmaya çalışılmıştır (Şekil 5.28). Bu prototip ile yapılan deneyin sonucu frekans ölçümleri ile kıyaslanmış ve Şekil 5.29'da gösterilmiştir.



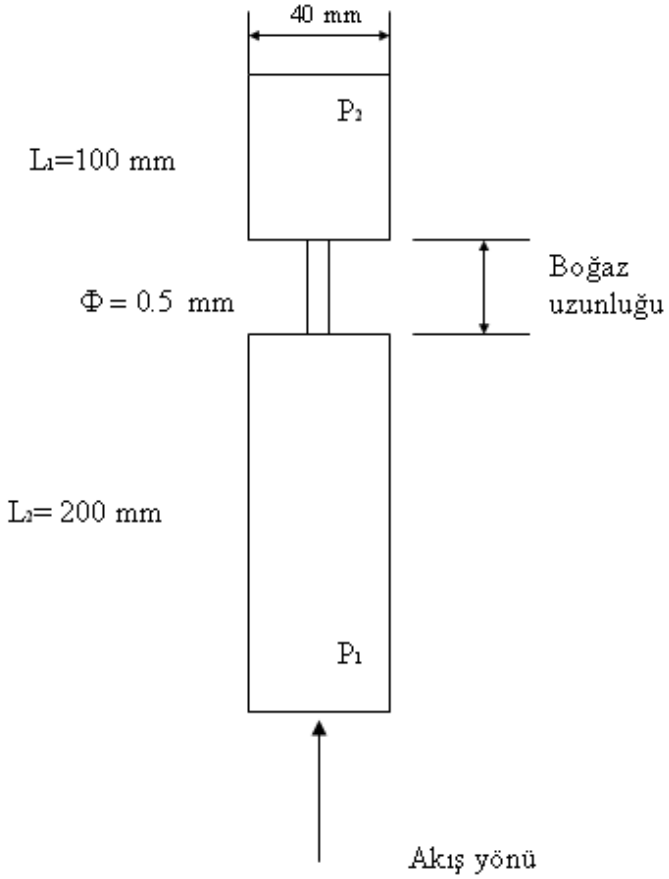
Şekil 5.29 : Prototip 6 İle Standart Havalığın Kıyaslanması

Şekil 5.29 incelendiğinde çalkantı karakteristiğinin önemli ölçüde değişmediği statik durumdaki frekans değerinin ise arttığı görülmektedir. Frekans ile basıncın ters orantılı olduğu düşünülürse prototip 6 ile yapılan deneyde havalıkta oluşan basıncın düştüğü görülmektedir. Bu düşmenin nedeni havalık ve havalık

borusundan su seviye sensörüne kadar olan sıkıştırma hacminin prototipin hacmi kadar artması nedeni ile aynı miktarda su için havalıkta oluşan basıncın düşmesidir.

5.3 CFD (Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği-HAD) Analizleri

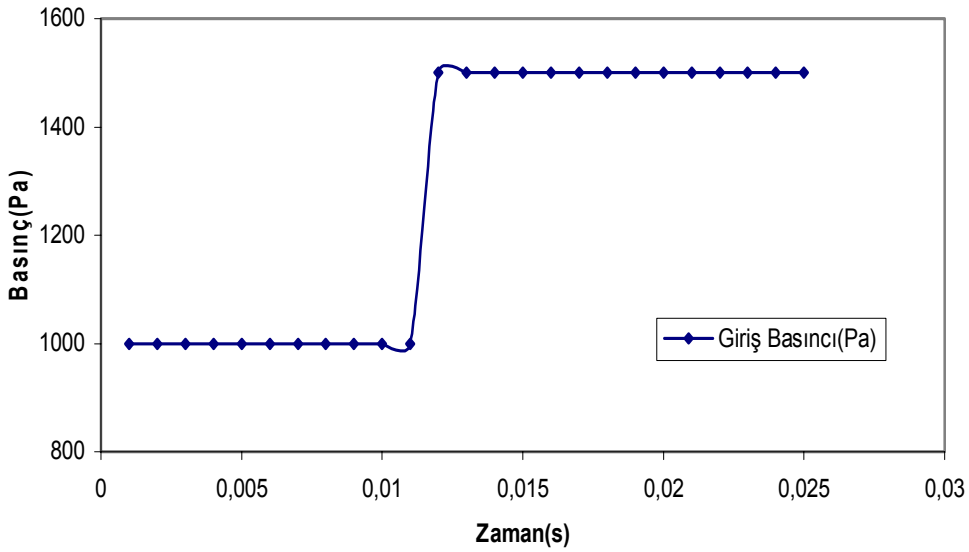
Havalık tasarımı çalışması içinde yer alan CFD analizlerinde temel geometri olarak orifis kullanılmıştır. Kullanılan temel geometri Şekil 5.30'da görülmektedir. CFD analizleri Fluent (versiyon 6.1.18) paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu geometride orifis boğaz çapı 0.5 mm olarak seçilmiştir. CFD analizleri sonucunda orifis boğazının iki tarafında yer alan giriş ve çıkış basınçlarının zamanla değişimleri izlenmiştir. Analizlerin tümü geçici rejim için gerçekleştirilmiştir. Zaman aralığı olarak 10e-3 seçilmiştir. Analizlerde akışkan olarak hava seçilmiş ve sıkıştırılabilir akış analizleri gerçekleştirilmiştir. CFD analizlerinde türbülans modeli olarak k-ε modeli seçilmiştir.



Şekil 5.30: CFD Temel Modeli

Analizlerde giriş sınır şartı olarak 1000 pascal' dan 1500 pascal'a 10e-3 saniyede yükselen basamak sinyali verilmiş ve P_1 ile gösterilmiştir. Analiz sonucu olarak orifis çıkış ağzındaki basıncın (P_2) zamanla değişimi izlenmiştir. Bu analizlerde giriş sınır şartı olarak basınç (pressure inlet) seçilmiş ve 0,01 saniye ile artan

basıncın zamanla değişimi için profil dosyası oluşturulmuştur. Oluşturulan profil dosyasına yazılan basıncın zamanla değişimi Şekil 5.31'de gösterilmiştir. Bu profilde basınç 12. zaman adımına kadar 1000 pascal olarak ilerlemekte ve 12. zaman adımında 10e-3 saniyede 1500 pascal'a çıkarak basamak cevabı sinyalini oluşturmaktadır.

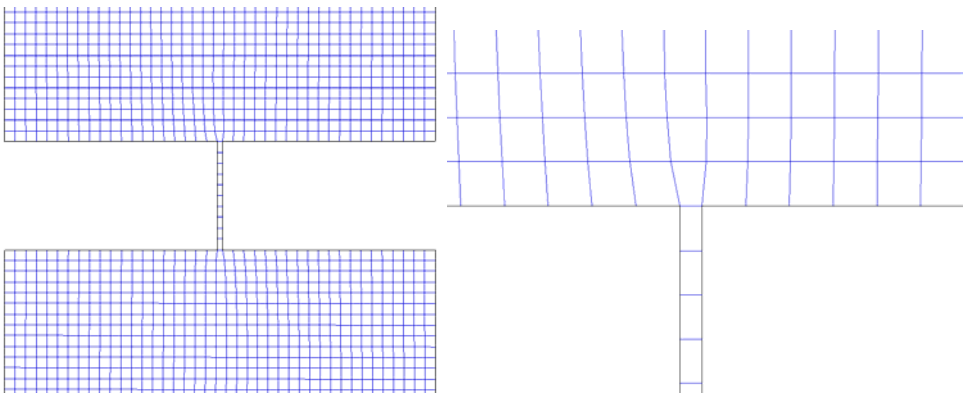


Şekil 5.31 : Giriş Basıncı İçin Kullanılan Profil

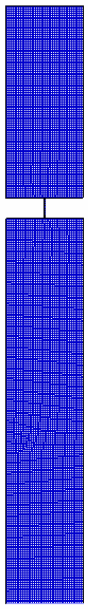
CFD analizleri sonucunda orifisin çıkış ağzında oluşan basıncın giriş basıncını nasıl takip ettiği izlenmiştir.

5.3.1 Orifis Boğaz Uzunluğu 10 mm için

Şekil 5.30'da temel geometrisi verilen orifis'in 10 mm boğaz uzunluğu için tek fazlı, sıkıştırılabilir, geçici rejim akış analizi yapılmıştır. Boğaz bölümü için kullanılan çözüm ağı yapısı Şekil 5.32'de görülmektedir.

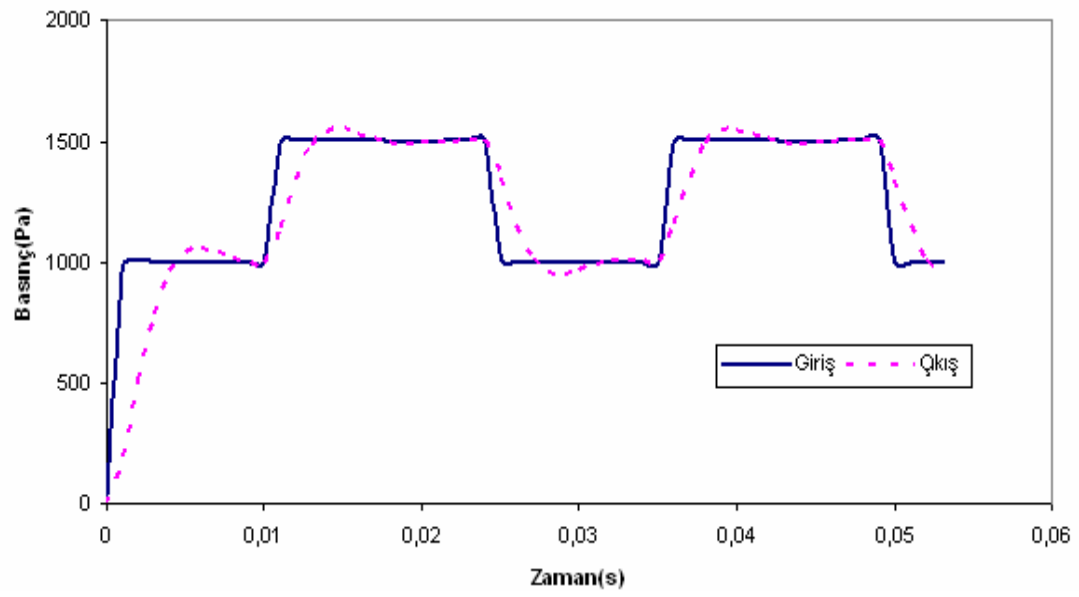


Şekil 5.32 : Boğaz Bölümü İçin Kullanılan Çözüm Ağı Yapısı



Şekil 5.33: Geometrinin Tamamına Ait Çözüm Ağı Yapısı

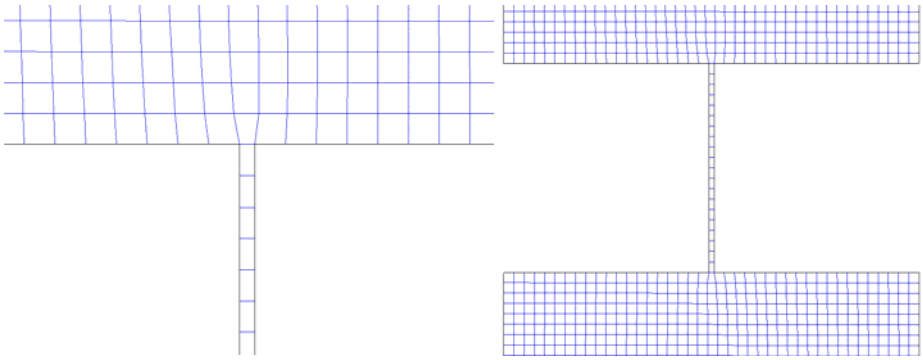
CFD analizlerinde kullanılan geometrinin tamamına ait çözüm ağı yapısı ise Şekil 5.33'de görülmektedir. Boğaz uzunluğu 10 mm seçilerek giriş ve çıkış basıncının değişimi izlenmiş ve bu değişimler üst üste eklenerek orifisin etkisi gözlemlenmiştir. Boğaz uzunluğunun 10 mm olduğu durumda elde edilen giriş çıkış basınç karakteristiği Şekil 5.34'de görülmektedir.



Şekil 5.34 : Giriş ve Çıkış Basıncının Zamanla Değişimi

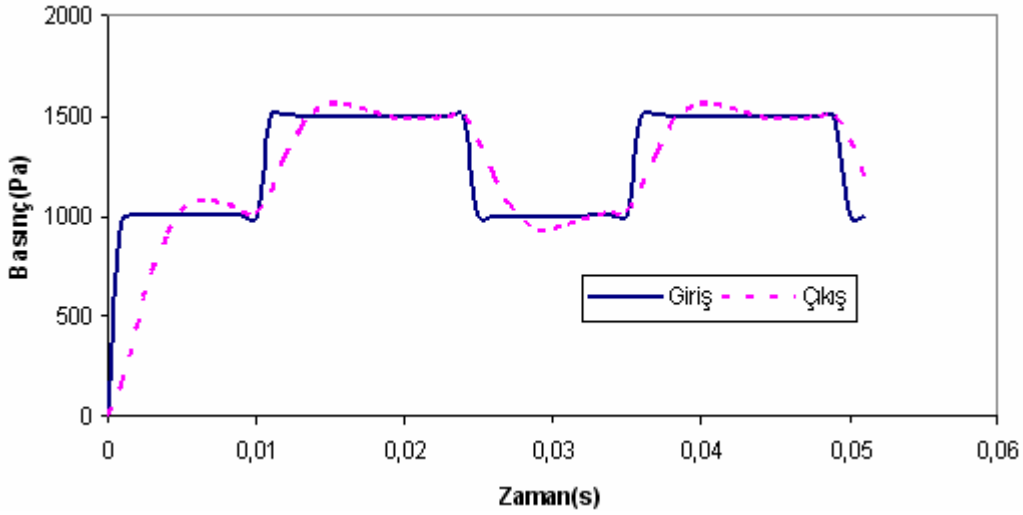
5.3.2 Orifis Boğaz Uzunluğu 20 mm için

Boğaz uzunluğunun etkisini görebilmek amacı ile boğaz uzunluğunun 20 mm olduğu durum için aynı sınır şartları ile CFD analizleri gerçekleştirilmiştir. Orifis boğazının çözüm ağı yapısı Şekil 5.35'de gösterilmiştir.



Şekil 5.35 : Boğazın Çözüm Ağı Yapısı

Orifis'in giriş ve çıkış ağzında izlenen basınçların zamanla değişimş Şekil 5.36'da gösterilmiştir.



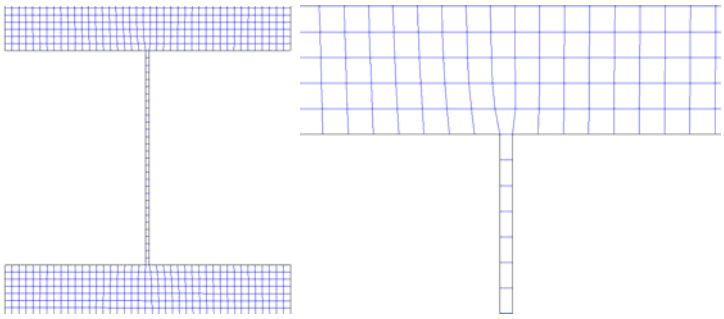
Şekil 5.36 : Giriş ve Çıkış Basıncının Zamanla Değişimi

Şekil 5.36 incelendiğinde giriş ve çıkış basınçlarının zamanla değişimleri arasında faz farkı olduğu ve çıkışta izlenen basıncın giriş basıncını geriden takip ettiği görülmektedir.

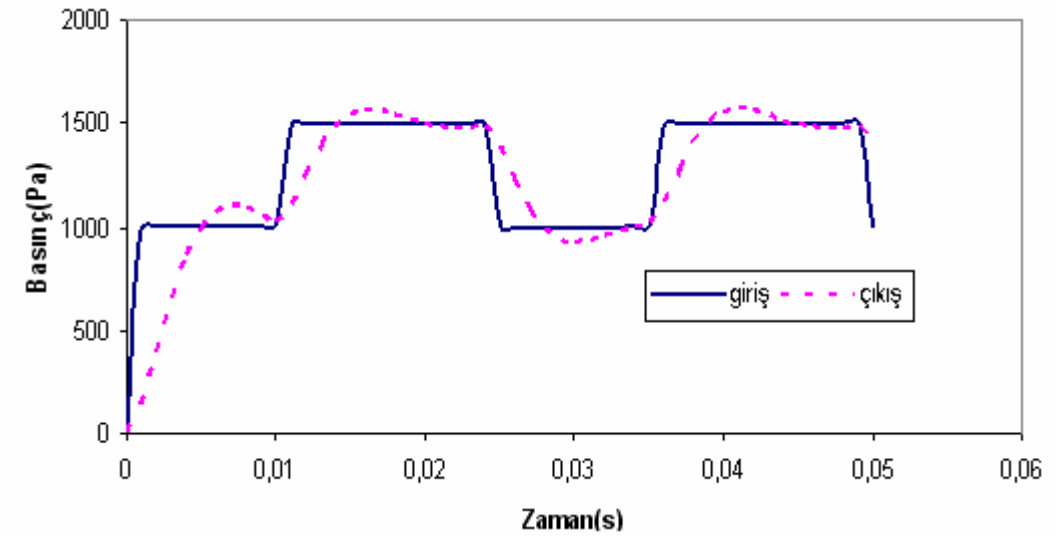
5.3.3 Orifis Boğaz Uzunluğu 30 mm için

Boğaz çapı 0.5 mm olan orifis geometrisinin boğaz uzunluğunun 30 mm olduğu durum için CFD analizleri aynı sınır şartları ve seçimler ile gerçekleştirilmiştir. Bu analizlerde kullanılan orifisin boğaz çözüm ağı yapısı Şekil 5.37'de gösterilmiştir.

Bu analizler sonucunda elde edilen giriş-çıkış basınç karakteristikleri Şekil 5.38'de gösterilmektedir. Bu grafik incelendiğinde giriş basıncının belirli bir zaman farkı ile takip edildiği gözlemlenmektedir.



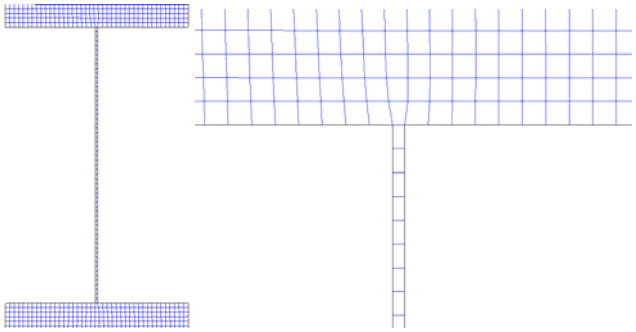
Şekil 5.37 :Boğazın Çözüm Ağı Yapısı



Şekil 5.38: Giriş ve Çıkış Basıncının Zamanla Değişimi

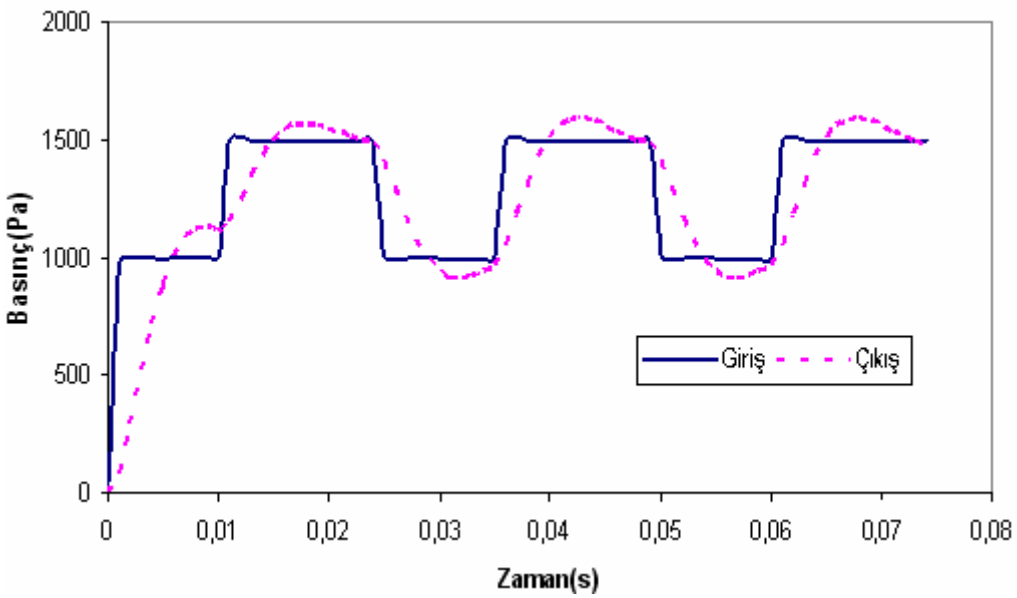
5.3.4 Orifis Boğaz Uzunluğu 60 mm için

Boğaz çapı 0.5 mm olan orifisin boğaz uzunluğu 60 mm olduğu durum için aynı CFD analizleri gerçekleştirilerek giriş basıncının çıkış ağzında ne ölçüde takip edildiği gözlemlenmiştir. Bu analizlerde kullanılan geometrinin boğaz çözüm ağı yapısı Şekil 5.39'da gösterilmiştir.



Şekil 5.39 : Boğazın Çözüm Ağı Yapısı

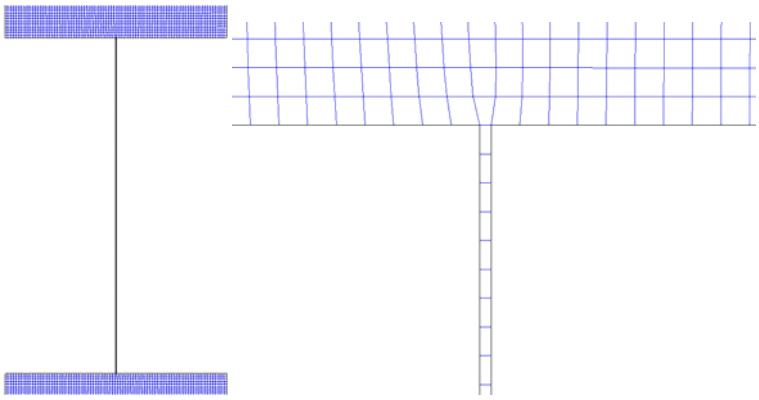
Yapılan sayısal analizler sonucunda elde edilen basıncın giriş-çıkış karakteristikleri Şekil 5.40'da gösterilmiştir. Bu grafik incelendiğinde çıkışta izlenen basınç ile girişte izlenen basınç arasında belirli bir zaman farkı oldu görülmektedir.



Şekil 5.40 : Giriş ve Çıkış Basıncının Zamanla Değişimi

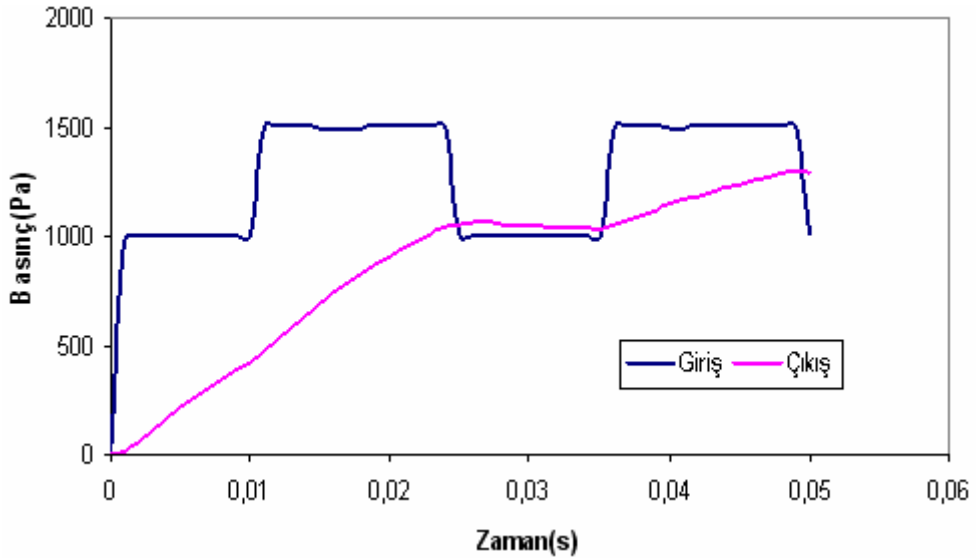
5.3.5 Orifis Boğaz Uzunluğu 60 mm ve Boğaz Çapı 0.2 mm için

Boğaz çapı 0.5 mm olan orifisin boğaz uzunluğunun 10, 20, 30 ve 60 mm olduğu durumlar için yapılan sayısal analizlerin ardından boğaz çapının etkisini belirleyebilmek amacı ile boğaz çapı 0.2 mm ve boğaz uzunluğu 60 mm olan orifis geometrisi için sayısal akış analizleri gerçekleştirilmiştir.



Şekil 5.41 : Boğazın Çözüm Ağı Yapısı

Bu analizlerde kullanılan geometrinin boğaz çözüm ağı yapısı Şekil 5.41'de gösterilmiştir. Boğaz çapının 0.2 mm olduğu durumda elde edilen giriş-çıkış basınç karakteristikleri Şekil 5.42'de gösterilmiştir.

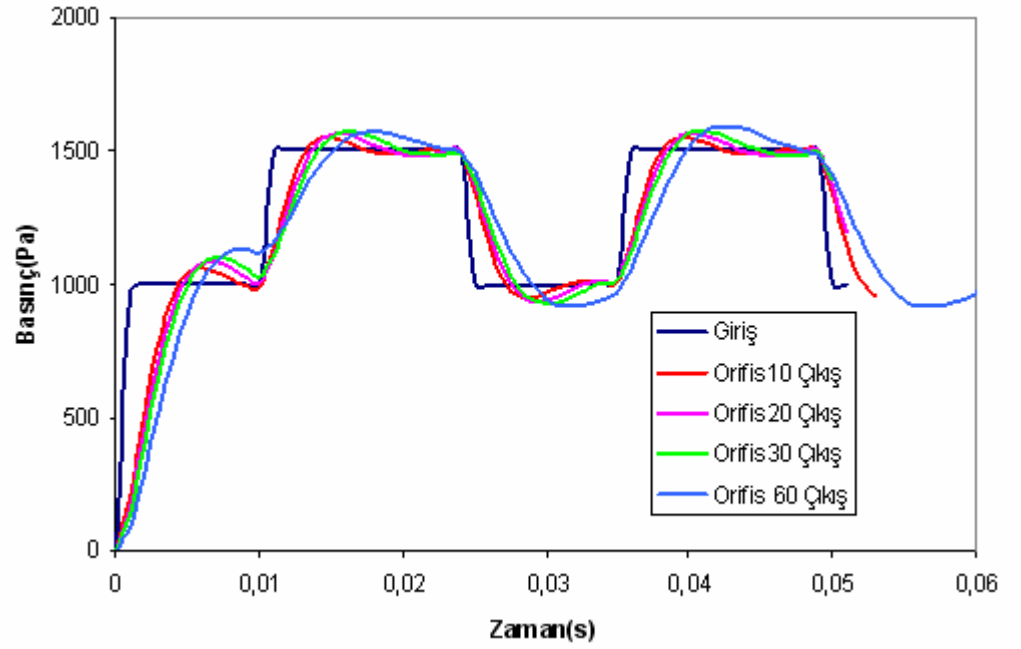


Şekil 5.42 : Giriş ve Çıkış Basıncının Zamanla Değişimi

Bu grafik incelendiğinde giriş basıncın çıkış ağzında güçlükle takip edilebildiği gözlemlenmiştir.

5.4 CFD Analiz Sonuçları

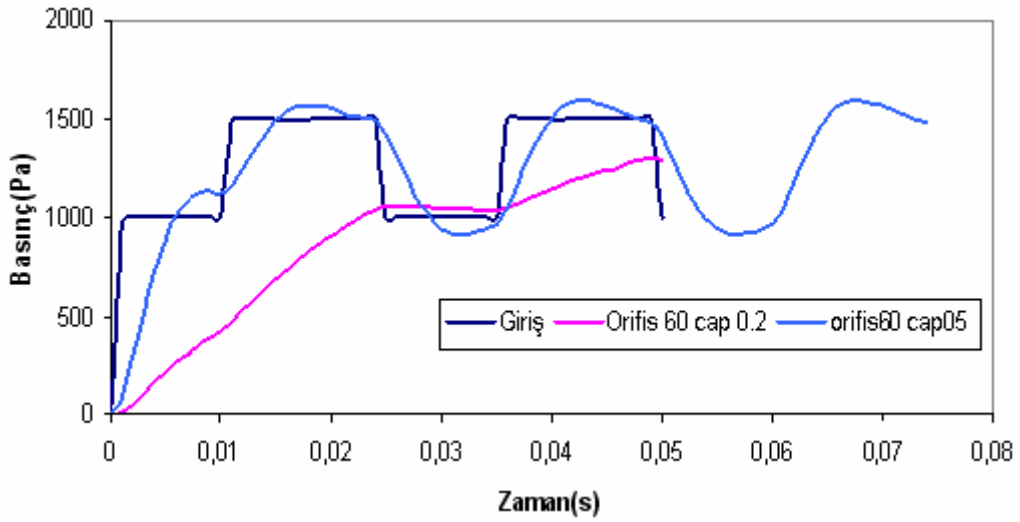
Sayısal akış analizlerinde öncelikli olarak boğaz çapı 0.5 mm olan orifis için sonuçlar elde edilmiştir. Boğaz çapı 0.5 mm sabit tutularak boğaz uzunluğunun 10 mm, 20 mm, 30 mm ve 60 mm olduğu durumlar için basıncın giriş-çıkış karakteristikleri elde edilmiştir.



Şekil 5.43 : Farklı Boğaz Uzunluklarının Birlikte Gösterimi (l= 20 mm, 30 mm, 60 mm, Çap=0.5 mm)

Şekil 5.43'de farklı boğaz uzunlukları için elde edilmiş sonuçların birlikte gösterimi yapılmıştır. Bu şekil incelendiğinde sabit boğaz çapı için boğaz uzunluğu arttıkça giriş basıncının takip edilebilmesinin güçleştiği görülmektedir. Boğaz uzunluğu arttıkça giriş basıncı ile çıkış basıncı arasındaki zaman farkı artmaktadır.

Boğaz uzunluklarının etkisinin CFD ile belirlenmesinin ardından boğaz çapının etkisini belirleyebilmek amacı ile orifisin boğaz çapının 0.2 mm ve boğaz uzunluğunun 60 mm olduğu durum için sayısal akış analizleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar boğaz çapının 0.5 mm olduğu durumda elde edilen sonuçlar ile kıyaslanmıştır. Bu kıyaslama sonuçları Şekil 5.44'de gösterilmiştir.



Şekil 5.44 : Orifis Boğaz Uzunluğu 60 mm İçin Çap 0.5 mm ve Çap 0.2 mm'nin Kıyaslanması

Şekil 5.44 incelendiğinde sabit boğaz uzunluğunda boğaz çapı küçüldükçe giriş basıncı ile çıkış basıncı arasındaki zaman farkının arttığı görülmektedir.

6. SONUÇLAR

Bu yüksek lisans çalışmasında yatay tamburlu çamaşır makinasının su alma sistemi incelenmiş ve su alma sisteminin iyileştirilmesine yönelik çalışmalar yapılmıştır. Çalışma iki adımdan oluşmaktadır. Çalışmanın birinci ayağında ana yıkama su alma adımında alınan su miktarının optimum miktardan sapması incelenmiş ve bu problem saçınıklık olarak adlandırılmıştır. Çalışmanın ikinci adımında ise tambur hareketi ile birlikte basınç ölçümünde meydana gelen basınç çalkantılarının sönümlenebilmesine yönelik çalışmalar yapılarak, çamaşır makinasına tambur hareketi ile birlikte su alımı sağlayacak havalık tasarımı yapılmasına yönelik çalışmalara alt yapı oluşturulmuştur.

Çalışmanın ilk ayağında ana yıkama su alma adımında karşılaşılan saçınıklık problemi incelenmiştir. Bu çalışma boyunca çamaşır makinasına su alımının gerçekleştirilebilmesini sağlayan su seviye sensörleri üzerinde durulmuştur. Bu çalışma boyunca iki adet deney düzeneği kullanılmıştır. Birincisi çamaşır makinası ana yıkama su alma deneylerinin yapıldığı deney düzeneği ikincisi ise su seviye sensörlerinin basınç-frekans eğrilerinin elde edildiği deney düzeneğidir. Çamaşır makinası ana yıkama su alma deney düzeneğinde bir çok deney yapılmış ve sonuç olarak sabit bir makina üzerinde farklı sensörler ile zamana bağlı olarak yapılan deneyler sonucunda su seviye sensörlerinin davranışlarının çalıştıkça değiştiği ve yaşlanmaya maruz kaldıkları görülmüştür. Bu nedenle şu öneriler yapılmıştır ;

1. Su seviye sensörlerinin üreticiden yaşlandırılmış olarak temin edilmesi
2. Alternatif su seviye sensörleri temin edilerek yaşlanmaya tepkileri en az olan su seviye sensörlerinin kullanılması

Bu çalışmada kullanılan diğer deney düzeneği vasıtası ile su seviye sensörlerinin giriş çıkış karakteristikleri elde edilmiş ve tolerans aralığındaki yerleri tespit edilmiştir. Su seviye sensörlerinin alt ve üst tolerans noktalarına ayarlanması ile yapılan ana yıkama su alma deneylerinde alt ve üst noktalar arasında Tip-01 ve Tip-

02 su seviye sensörlerinde sırası ile 6 litre ve 5 litre fark olabileceği görülmüştür. Bu sonuca bağlı olarak tolerans aralığının daraltılması önerisi yapılmıştır.

Çalışmanın ikinci ayağında seviye ölçümünün tamburun hareketli olduğu durumda gerçekleştirilebilmesini sağlayacak optimum bir havalık tasarımı için çalışmalar yapılmıştır. Bu amaçla tambur hareketi esnasında oluşacak basınç çalkantılarını ölçebilmek amacı bir deney düzeneği kurulmuş ve tasarımı yapılan prototipler bu deney düzeneği üzerinde denenmiştir. Çalışma boyunca 6 adet prototip üretilmiş ve delik çapının 0.5 mm mertebesinde küçültüldüğü prototiplerin çalkantı sönümlemede başarılı olduğu görülmüştür. Çalkantı sönümleme oranı 2 ile 2.5 kat arasında değişmektedir. Bu bilgiler ışığında tambur hareketi birlikte ile su alımı esnasında kazan içerisindeki su seviyesinin ölçülebilmesini sağlayacak optimum bir havalık tasarımı için bilgi birikimi oluşturulmuş ve çalışmaların ilk ayağı tamamlanmıştır. Havalık tasarımı çalışmalarında ek olarak temel bir orifis geometrisi üzerinde farklı boğaz uzunlukları ve boğaz çapları için CFD analizleri gerçekleştirilmiştir. CFD analizleri sonucunda sabit boğaz çapı için boğaz uzunluğu arttıkça, sabit boğaz uzunluğu için boğaz çapı küçüldükçe orifis girişindeki basıncın orifis çıkışında takip edilebilmesinin güçleştiği gözlemlenmiştir.

Sonuç olarak , çamaşır makinası su seviye ölçüm elemanlarından su seviye sensörü ve havalık üzerine çalışmalar yapılarak sonuçlar paylaşılmıştır. Bu tez çalışması sonucunda ilerde yapılacak çalışmalar için gerekli bilgi birikimi sağlanmış olmaktadır.

KAYNAKLAR

[1] **Güngör, E.,** 2003. Yıkama Semineri Sunuşu, Arçelik iç raporu, İstanbul, Türkiye

[2] **EN 60456**, 2005. Clothes Washing Machines for Household Use - Methods for Measuring the Performance, British Standard

[3] **T.C. Sanayi ve Ticaret Bakanlığı**, Ev Tipi Çamaşır Makinalarının Enerji Etiketlemesine İlişkin Tebliğ, http://www.sanayi.gov.tr/webEdit/gozlem.aspx?menuSec=224&sayfaNo=882&navigate=var

[4] **Uluk, B**. 2005. Çamaşır Makinasında Jet Sistem Teknolojisi İle Düşük Sıcaklıkta Etkin Yıkama, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul

[5]**Hüttemann, H., Fey, H., Peters, H. E.,** 1981. Washing Machine, *United Kingdom Patent,* No: GB2070648 dated 22.01.1981

[6] **No, Y. H., Kim, J. S., Cho, H. K., Jung, S., Kang, H., Ha, H. Park, M. S.,** 2004 Washing Machine, *United States Patent,* No:US2004148971 dated 05.08.2004

[7] **Yoshitoyo, K., Takayoshi, A., Fumio, O., Mikio, O.** 1995. Pressure Sensor, *Japanese Patent*, No: JP7333088 dated 22.12.1995

[8] **Myong, K. J., Hoon, R. Y., Kisai, L.,** 2005. Drum Washing Machine With Water Level Sensor, Japanese Patent, No: JP2005137886 dated 02.06.2005

[9] **Martin, R. S., Henry, G. W.,** 1995. Washıng Machines, World Patent, No: WO9516067 dated 15.06.1995

[10] **Herve,** P. 1995. Washing Machine Tub With a Pressure Chamber, *European Patent*, No: EP0659925

[11] **Dipling, D. B., Dipling, K. L., Dipling, B. M.,** 1993. Washing Machine Or Dishwasher Has Pressure Transmitter- As Water Level Regulator And Pressure Recorder Nipples Having Two Ducts To Prevent Clogging, German Patent, No: DE4231849 dated 26.04.1993

[12] **Troy, A. J**., 1999. Air Dome Hose, United States Patent, No: US5964001 dated 12.10.1999

[13] **Ted, L. H., Troy, A. J., Evan, R. V. H., Russell, L. V. N.,** 2002. Drain Pump Mounted Pressure Switch For A Washing Machine, Canadian Patent, No: CA2344979, dated: 19.01.2002.

[14] **Ocon, Perez M., Rubino M.** Fiber-optic liquid-level continuous gauge, 2005, *Sensors and Actuators A: Physical,* **125,** 124-132

[15] **V.E. Sakharov a, S.A. Kuznetsov**, Liquid level sensor using ultrasonic Lamb waves, *Ultrasonics ,***41,** 319-322

[16] **Hossein Golnabi,** Design and operation of a fiber optic sensor for liquid level detection, *Optics and Lasers in Engineering,* **41,** 801-812

[17] **Li, P., Tigang N., Lei H. W., Bin, Y., Yantao, L., Shuisheng J.,** A smart optical liquid level sensor based on Hg cladding optical waveguide, *International Journal for Light and Electron Optics,* **117,** 95 -100

[18] **Öztürk, E.** 2003**.**Çamaşır Makinası Su Sistemi ve Su Sistemi Komponentleri Sunuşu, Arçelik iç raporu, İstanbul, Türkiye

[19] **Oscillator Basics**, http://www.electronics-tutorials.com/oscillators/oscillator-basics.htm, , 17.06.2006

[20] **Holman, J. P**. 2001, Experimental Methods For Engineers, Mc Graw Hill, Singapore

EKLER

Ek. A ÇM-1 Yaşlandırma Deneyleri

Tablo A. 1 : ÇM-1 SSS İlk Grup Deneyleri

İlk Grup Deneyler	
Deney No	**Alınan Su Miktarı (L)**
Deney 1	17,07
Deney 2	16,88
Deney 3	17,38
Deney 4	17,06
Deney 5	18,14
Deney 6	16,58
Deney 7	17,00
Deney 8	17,79
Deney 9	16,08

Tablo A.2 : ÇM-1 SSS İkinci Grup Deneyleri

İkinci Grup Deneyler	
Deney No	**Alınan Su Miktarı (L)**
Deney 1	17,81
Deney 2	17,59
Deney 3	17,26
Deney 4	17,11
Deney 5	17,33
Deney 6	17,71
Deney 7	16,37
Deney 8	17,13
Deney 9	16,72
Deney 10	16,71
Deney 11	16,12
Deney 12	16,52

Tablo A. 3 : ÇM-1 SSS Son Grup Deneyleri

Son Grup Deneyler	
Deney No	**Alınan Su Miktarı (L)**
Deney 1	17,64
Deney 2	17,45
Deney 3	16,20
Deney 4	16,08
Deney 5	15,96
Deney 6	16,96
Deney 7	16,91
Deney 8	16,73
Deney 9	17,20
Deney 10	15,88
Deney 11	17,67
Deney 12	16,89
Deney 13	16,01
Deney 14	16,30
Deney 15	16,06

Ek.B ÇM-3 Yaşlandırma Deneyleri

Tablo B.1: ÇM-3 SSS İlk Grup Deneyleri

İlk Grup Deneyler	
Deney No	**Alınan Su Miktarı (L)**
Deney 1	17,30
Deney 2	16,57
Deney 3	16,73
Deney 4	16,81
Deney 5	16,74

Tablo B.2 :ÇM-3 SSS Son Grup Deneyleri

Son Grup Deneyler	
Deney No	**Alınan Su Miktarı (L)**
Deney 1	16,32
Deney 2	16,42
Deney 3	16,20
Deney 4	16,80
Deney 5	17,02
Deney 6	16,97
Deney 7	15,91
Deney 8	16,35
Deney 9	15,63
Deney 10	16,51
Deney 11	15,98
Deney 12	15,35

Ek.C ÇM-4 Yaşlandırma Deneyleri

Tablo C.1 : ÇM-4 SSS İlk Grup Deneyleri

İlk Grup Deneyler	
Deney No	**Alınan Su Miktarı (L)**
Deney 1	16,26
Deney 2	17,54
Deney 3	16,93
Deney 4	15,97
Deney 5	16,74
Deney 6	16,93

Tablo C.2 :ÇM-4 SSS Son Grup Deneyleri

Son Grup Deneyler	
Deney No	**Alınan Su Miktarı (L)**
Deney 1	16,55
Deney 2	16,80
Deney 3	16,76
Deney 4	16,52
Deney 5	16,97
Deney 6	16,67
Deney 7	16,15

Ek. D FB-3 Yaşlandırma Deneyleri

Tablo D.1 :FB-3 SSS İlk Grup Deneyleri

İlk Grup Deneyler	
Deney No	**Alınan Su Miktarı (L)**
Deney 1	16,37
Deney 2	20,13
Deney 3	17,74
Deney 4	16,29
Deney 5	20,71
Deney 6	20,56
Deney 7	15,60
Deney 8	20,08
Deney 9	15,67
Deney 10	16,82
Deney 11	18,60
Deney 12	15,87
Deney 13	15,84

Tablo D.2 : FB-3 SSS 60 Yaş Sonrası Deneyleri

60 Yaş Sonrası Deneyler	
Deney No	**Alınan Su Miktarı (L)**
Deney 1	15,97
Deney 2	15,63
Deney 3	16,76
Deney 4	16,30

Tablo D.3 :FB-3 SSS 100 Yaş Sonrası Deneyleri

100 Yaş Sonrası Deneyler	
Deney No	**Alınan Su Miktarı (L)**
Deney 1	15,47
Deney 2	15,52
Deney 3	16,05
Deney 4	15,75

Ek. E Güven aralığı tablosu [20]

Tablo E.1:Güven Aralığı Tablosu

Güven aralığı (z)		Güven Seviyesi		Anlamlılık Seviyesi
3,30		99,90		0,10
3,00		99,70		0,30
2,57		99,00		1,00
2,00		95,40		4,60
1,96		95,00		5,00
1,65		90,00		10,00
1,00		68,30		31,70

Ek. F Çamaşır Yükleme Tablosu [2]

Tablo F.1 : Çamaşır Yükleme Tablosu

Sıralama	5 kg	5,5 kg	6 kg	7 kg
1	1 yastık kılıfı	1 yastık kılıfı	1 yastık kılıfı	1 yastık kılıfı
2	3 el havlusu	3 el havlusu	4 el havlusu	4 el havlusu
3	1 el havlusu + kirli şerit	1 el havlusu + kirli şerit	1 el havlusu + kirli şerit	1 el havlusu + kirli şerit
4	1 çarşaf	2 yastık kılıfı	2 yastık kılıfı	3 yastık kılıfı
5	1 el havlusu + kirli şerit	1 el havlusu + kirli şerit	1 el havlusu + kirli şerit	1 el havlusu + kirli şerit
6	2 yastık kılıfı	1 çarşaf	1 çarşaf	1 çarşaf
7	1 - 4 el havlusu	1 el havlusu + kirli şerit	1 el havlusu + kirli şerit	1 el havlusu + kirli şerit
8	1 el havlusu + kirli şerit	1 yastık kılıfı	1 yastık kılıfı	2 yastık kılıfı
9	1 - 3 el havlusu	1 - 3 el havlusu	1 - 5 el havlusu	4 el havlusu
10	2 yastık kılıfı	1 - 3 el havlusu	1 - 5 el havlusu	1 el havlusu + kirli şerit
11	1 el havlusu + kirli şerit	1 yastık kılıfı	1 yastık kılıfı	4 el havlusu
12	1 çarşaf	1 el havlusu + kirli şerit	1 el havlusu + kirli şerit	2 yastık kılıfı
13	1 el havlusu + kirli şerit	1 çarşaf	1 çarşaf	1 el havlusu + kirli şerit
14	3 el havlusu	1 el havlusu + kirli şerit	1 el havlusu + kirli şerit	1 çarşaf
15	1 yastık kılıfı	2 yastık kılıfı	2 yastık kılıfı	1 el havlusu + kirli şerit
16		1 el havlusu + kirli şerit	1 el havlusu + kirli şerit	3 yastık kılıfı
17		3 el havlusu	4 el havlusu	1 el havlusu + kirli şerit
18		1 yastık kılıfı	1 yastık kılıfı	4 el havlusu
19				1 yastık kılıfı

ÖZGEÇMİŞ

Yavuz ŞAHİN, 1981 yılında Tokat'da doğdu. 1992 yılında Emine Koçullu İlkokulu'nu, 1995 yılında Mediha Tansel İlköğretim Okulu'nu, 1999 yılında da Ümraniye Lisesi'ni bitirdi. 2004 yılında İTÜ, Makina Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. Aynı yıl İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Mühendisliği Anabilim Dalı, Isı-Akışan Programı'nda yüksek lisans öğrenimine başladı ve halen öğrenimine devam etmektedir.