

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**EV TİPİ YIKAYICI-KURUTUCULARDA ISITMA YÖNTEMLERİNİN
KARŞILAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Uğur SARITAŞ

Makina Mühendisliği Anabilim Dalı

Isı Akışkan Programı

MAYIS 2015

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**EV TİPİ YIKAYICI-KURUTUCULARDA ISITMA YÖNTEMLERİNİN
KARŞILAŞTIRILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Uğur SARITAŞ
(503131130)**

Makina Mühendisliği Anabilim Dalı

Isı Akışkan Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Lütfullah KUDDUSİ

MAYIS 2015

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 503131130 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Uğur SARITAŞ**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**EV TİPİ YIKAYICI-KURUTUCULARDA ISITMA YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Lütfullah KUDDUSİ**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Lütfullah KUDDUSİ**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Seyhan ONBAŞIOĞLU
İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Özden AĞRA
Yıldız Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **04 Mayıs 2015**
Savunma Tarihi : **27 Mayıs 2015**

Hayatıma ışık tutan kadına, Anneme

ÖNSÖZ

Yüksek lisans öğrenimim boyunca bilgi ve tecrübelerini esirgemedi bana katkıda bulunan, önerileri ve yapıcı eleştirileri ile çalışmalarımı destekleyen ve yol gösteren danışman hocam Sn. Prof. Dr. Lütfullah KUDDUSİ'ye en derin saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans tez çalışmam için tüm imkân ve olanaklarını sunarak bana destek olan Arçelik A.Ş. Araştırma ve Geliştirme Merkezi'ne, Sn. Cem KURAL, Sn. Dr. Faruk BAYRAKTAR ve Temizleme Teknolojileri Aile Lideri Sn. Dr. Zehra ÜLGER'e teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmalarımnda bana her zaman destek olan, bilgi ve tecrübelerini esirgemedi paylaşan ve tez çalışmalarım sırasında bana daima yol gösteren Sn. Fatih KASAP'a teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmalarım sırasında kıymetli fikir, öneri ve eleştirileriyle bana yol gösteren Sn. Emir Kenan AYTEMUR, Sn. Eren DİKEÇ, Sn. Orkun DOĞU, Sn. Tolga YAVUZ, Sn. Görkem TEKE, Sn. Onur HARTOKA, Sn. Yusuf KOÇ ve Sn. Gökhan SİR'a teşekkürlerimi sunarım.

Tezimi yazdığım süre boyunca benden bir an olsun desteklerini esirgemeyen ve hayatımdaki yerleri çok ayrı olan Sn. Beria Işık CANTÜRK, Sn. Ece GÜRBÜZ, Sn. Nihal Ferhan KAŞIKÇI, Sn. Büşra KARAMAN, Sn. Öykü Sinem ÖZER, Sn. Meryem ATILA, Sn. Halil Can ÖZAYDIN, Sn. Aziz ÇELİK, Sn. Caner GERMİYANLIOĞLU, Sn. Mert PATKAVAK, Sn. Süleyman KARA'ya teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmalarım sırasında en zorlu ve sıkıntılı anlarımda bana destek veren beni cesaretlendiren Arçelik A.Ş. Termodinamik Ailesi, Akışkanlar Dinamiği Ailesi, Yapısal Tasarım Ailesi'nde görev alan mühendis arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Deney düzeneğinin kurulmasında ve deneysel çalışmalarda verdikleri teknik destekten dolayı Sn. Mehmet KAYA, Sn. Murat ELGÜN, Sn. Özcan HATİPOĞLU, Sn. Turan SENDİNÇ, Sn. Zerrin YILMAZ ARSLAN, Sn. Şükrü YALÇIN'a ve tüm Arçelik A.Ş. Temizleme Teknolojileri Ailesi teknisyenlerine teşekkürlerimi sunarım.

Bugünlere gelmemde bana maddi ve manevi her türlü desteği sağlayan, içine girdiğim her zorluğun altından kalkmamda bana güç veren, başta sevgili ANNEM olmak üzere çok değerli AİLEME sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Mayıs 2015

Uğur SARITAŞ

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xix
SUMMARY	xxi
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı	1
1.2 Çalışmada İzlenilen Yol	2
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	3
2.1 Literatür Araştırması Sonuçları.....	3
2.2 Patent Araştırması	8
2.2.1 Buhar Patentleri.....	9
2.2.2 Flowthrough Patentleri.....	16
3. EV TİPİ YIKAYICI-KURUTUCU MAKİNELERİN ÇALIŞMA PRENSİBİ.....	21
3.1 Yıkama Komponentleri ve Yıkama Sisteminin Çalışma Prensibi	22
3.2 Kurutma Komponentleri ve Kurutma Sisteminin Çalışma Prensibi	25
3.3 Ev Tipi Yıkayıcı-Kurutucuların Yıkama-Kurut Algoritması.....	27
4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR.....	31
4.1 Deney Düzenegi Tasarımı.....	31
4.2 Isıtma Yöntemleri Deneysel Çalışmalar	35
4.2.1 Mevcut Isıtıcı ile Yapılan Çalışmalar	37
4.2.2 Buhar Jeneratörleriyle Yapılan Çalışmalar	39
4.2.3 Flowthrough Isıtıcı ile Yapılan Çalışmalar	42
4.2.3.1 18 lt Deneyleri.....	46
4.2.3.2 15 lt Deneyleri.....	49
4.2.3.2.1 40 dk Isıtma Deneyleri	49
4.2.3.2.2 35 dk Isıtma Deneyleri	52
4.3 Belirsizlik Analizi	54
5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRMELER.....	57
KAYNAKLAR	65
EKLER.....	67
ÖZGEÇMİŞ.....	71

KISALTMALAR

VTs	: Veri Toplama Sistemi
DAQ	: Data Acquisition
VEE	: Visual Engineering Environment
BS	: British Standard
EN	: European Standard
EMPA	: German Acronym for Eidgenössische Materialprüfungs
IPC	: International Patent Classification

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 Ev tipi yıkayıcı-kurutucu makinelerin içerdği sistemler.	22
Çizelge 4.1 Ev tipi yıkayıcı-kurutucularda ısı sığası en yüksek olan komponentler.[20].....	32
Çizelge 4.2 Deney düzeneğinde kullanılan cihazların ölçüm doğruluk değerleri.[23]	54
Çizelge 5.1 Mevcut ısıtıcı kullanılmasıyla elde edilen yıkama performansı.	61
Çizelge 5.2 Buhar jeneratörü kullanılmasıyla elde edilen yıkama performansı.	61
Çizelge 5.3 Flowthrough ısıtıcı kullanılmasıyla (ana yıkama suyu 18 lt) elde edilen yıkama performansı.....	62
Çizelge 5.4 Flowthrough ısıtıcı kullanılmasıyla (ana yıkama suyu 15 lt) elde edilen yıkama performansı (40 dk).	62
Çizelge 5.5 Flowthrough ısıtıcı kullanılmasıyla (ana yıkama suyu 15 lt) elde edilen yıkama performansı(35 dk).	63
Çizelge 5.6 Yapılan deneysel çalışmalar ve analiz sonuçlarının özet halinde verildiği çizelge.	64

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 Referans çamaşır makinesi.	4
Şekil 2.2 Leke şeridinin havlu ya da yastık kılıfına tutturulması [2].	5
Şekil 2.3 Çalışmalarda kullanılan ütü.	5
Şekil 2.4 Her bir lekeden ölçüm alınması gereken noktalar [2].	6
Şekil 2.5 Sıcak su sirkülasyon sistemi [4].	8
Şekil 2.6 US7950089 numaralı patent sistemi görünümü [5].	9
Şekil 2.7 US7950089 numaralı patent sisteminin algoritması [5].	10
Şekil 2.8 EP2025795 numaralı patent sistemi algoritması -1 [6].	10
Şekil 2.9 EP2025795 numaralı patent sistemi algoritması -2 [6].	11
Şekil 2.10 EP1619284 numaralı patent sistemi görünümü -1 [7].	11
Şekil 2.11 EP1619284 numaralı patent sistemi görünümü -2 [7].	12
Şekil 2.12 US7406737 numaralı patent sistemi görünümü -1 [8].	12
Şekil 2.13 US7406737 numaralı patent sistemi görünümü-2 [8].	13
Şekil 2.14 EP1921195 numaralı patent sistemi görünümü -1 [9].	13
Şekil 2.15 EP1921195 numaralı patent sistemi görünümü -2 [9].	14
Şekil 2.16 US2006101586 numaralı patent sistemi görünümü [10].	15
Şekil 2.17 JP2012228410 numaralı patent sistemi görünümü [11].	15
Şekil 2.18 EP0591774 numaralı patent sistemi görünümü -1 [12].	16
Şekil 2.19 EP0591774 numaralı patent sistemi görünümü -2 [12].	16
Şekil 2.20 DE4024559 numaralı patent sistemi görünümü-1 [13].	17
Şekil 2.21 DE4024559 numaralı patent sistemi görünümü -2 [13].	17
Şekil 2.22 EP0044040 numaralı patent sistemi görünümü -1 [14].	18
Şekil 2.23 EP0044040 numaralı patent sistemi görünümü -2 [14].	18
Şekil 2.24 DE3709272 numaralı patent sistemi görünümü -1 [15].	19
Şekil 2.25 DE3709272 numaralı patent sistemi görünümü -2 [15].	19
Şekil 3.1 Ev tipi yıkayıcı-kurutucu makinenin şematik çizimi.	21
Şekil 3.2 Ev tipi yıkayıcı-kurutucu makinedeki deterjan çekmecesini ve kazan- çekmece arası bağlantı hortumu. [16]	23
Şekil 3.3 Ev tipi yıkayıcı-kurutucu makinedeki kazan ve tambur. [16]	23
Şekil 3.4 Ev tipi yıkayıcı-kurutucu makinedeki pompa motoru ve filtre. [16].	24
Şekil 3.5 Ev tipi yıkayıcı-kurutucu makinelerin yıkama adımının şematik çizimi. [16]	24
Şekil 3.6 Kondenserli yıkayıcı-kurutucularda kurutma sisteminin şematik gösterimi.	25
Şekil 3.7 Ev tipi yıkayıcı-kurutucu makinelerde bulunan kondenser-kazan bağlantı parçası (a) ve kondenser grubu (b).	26
Şekil 3.8 Ev tipi yıkayıcı-kurutucu makinelerde bulunan soğutma fanı.	26
Şekil 3.9 Ev tipi yıkayıcı-kurutucu makinelerde bulunan proses fanı.	27
Şekil 3.10 Ev tipi yıkayıcı-kurutucu makinelerde bulunan hava ısıtıcısı.	27
Şekil 3.11 Ev tipi yıkayıcı-kurutucularda 6 kg yük için yıkama algoritmasıdır.	28

Şekil 3.12 Ev tipi yıkayıcı-kurutucularda 6 kg yük için ana yıkama adımı algoritması.	29
Şekil 4.1 Üzerinde çalışılan deney düzeneğinin şematik gösterimi.	32
Şekil 4.2 Yıkayıcı-kurutucu makinenin üzerine ısı çiftler eklenmeden önce üstten ve önden görünüşü.	33
Şekil 4.3 Yıkayıcı-kurutucu makinenin üzerine ısı çiftler konulduktan sonra üstten ve önden görünüşü.	33
Şekil 4.4 Deney düzeneğinde kullanılan güç analizörü.	34
Şekil 4.5 Deney düzeneğinde kullanılan bilgisayar ve Agilent VEE programının arayüzü.	34
Şekil 4.6 Deney düzeneğinde kullanılan VTS.	35
Şekil 4.7 Deney düzeneğinde kullanılan hassas terazi.	35
Şekil 4.8 Teorik çalışmalarda seçilen kontrol hacmi.	36
Şekil 4.9 Mevcut ısıtıcının kullanıldığı çalışmalardaki yıkama algoritması.	37
Şekil 4.10 Mevcut ısıtıcıyla yapılan ısıtma sonunda suyun ve ısıyı üzerine en fazla çeken komponentlerin sıcaklık değişimleri.	38
Şekil 4.11 Mevcut su ısıtıcısı kullanılarak elde edilen 1. yasa analizi.	39
Şekil 4.12 Kullanılan buhar jeneratörlerinin üstten görünümü.	39
Şekil 4.13 Buhar jeneratörleri kullanılarak hazırlanan deney düzeneği.	40
Şekil 4.14 Buhar jeneratörünün kullanıldığı çalışmalardaki yıkama algoritması.	41
Şekil 4.15 Buhar jeneratörleriyle yapılan ısıtma sonunda suyun ve ısıyı üzerine en fazla çeken komponentlerin sıcaklık değişimleri.	41
Şekil 4.16 Buhar jeneratörü kullanılarak elde edilen 1. yasa analizi.	42
Şekil 4.17 Flowthrough ısıtıcıların verimlilik analizlerinin yapıldığı deney düzeneğinin şematik gösterimi.	43
Şekil 4.18 Flowthrough ısıtıcıların verimlilik analizlerinin yapıldığı deney düzeneği.	44
Şekil 4.19 Deneyisel çalışmalarda verimlilik analizlerinin yapıldığı flowthrough ısıtıcılar.	44
Şekil 4.20 Flowthrough ısıtıcı kullanılarak hazırlanan deney düzeneği.	46
Şekil 4.21 Ana yıkama suyunun 18 lt olduğu flowthrough ısıtıcının kullanıldığı yıkama algoritması.	47
Şekil 4.22 Ana yıkama suyunun 18 lt olduğu flowthrough ısıtıcı ile yapılan ısıtma sonunda suyun ve ısıyı üzerine en fazla çeken komponentlerin sıcaklık değişimleri.	48
Şekil 4.23 Ana yıkama suyunun 18 lt olduğu flowthrough ısıtıcı kullanılarak elde edilen 1. yasa analizi.	49
Şekil 4.24 Ana yıkama suyunun 15 lt olduğu (ısıtma süresi 40 dk) flowthrough ısıtıcının kullanıldığı yıkama algoritması.	50
Şekil 4.25 Ana yıkama suyunun 15 lt olduğu (ısıtma süresi 40 dk) flowthrough ısıtıcının kullanıldığı çalışmada suyun ve ısıyı en fazla çeken komponentlerin sıcaklık değişimleri.	50
Şekil 4.26 Ana yıkama suyunun 15 lt olduğu (ısıtma süresi 40 dk) flowthrough ısıtıcı kullanılarak elde edilen 1. yasa analizi.	51
Şekil 4.27 Ana yıkama suyunun 15 lt olduğu (ısıtma süresi 35 dk) flowthrough ısıtıcının kullanıldığı yıkama algoritması.	52
Şekil 4.28 Ana yıkama suyunun 15 lt olduğu (ısıtma süresi 35 dk) flowthrough ısıtıcının kullanıldığı çalışmada suyun ve ısıyı en fazla çeken komponentlerin sıcaklık değişimleri.	53

Şekil 4.29 Ana yıkama suyunun 15 lt olduğu (ısıtma süresi 35 dk) flowthrough ısıtıcı kullanılarak elde edilen 1. yasa analizi.	53
Şekil 5.1 Mevcut su ısıtıcısı kullanılarak elde edilen 1. yasa analizi.....	57
Şekil 5.2 Buhar jeneratörü kullanılarak elde edilen 1. yasa analizi.	58
Şekil 5.3 Ana yıkama suyunun 18 lt olduğu flowthrough ısıtıcı kullanılarak elde edilen 1. yasa analizi.	59
Şekil 5.4 Ana yıkama suyunun 15 lt olduğu (ısıtma süresi 40 dk) flowthrough ısıtıcı kullanılarak elde edilen 1. yasa analizi.	60
Şekil 5.5 Ana yıkama suyunun 15 lt olduğu (ısıtma süresi 35 dk) flowthrough ısıtıcı kullanılarak elde edilen 1. yasa analizi.	60

EV TİPİ YIKAYICI-KURUTUCULARDA ISITMA YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

ÖZET

Yeni dünya koşullarında insanlar için zaman en ciddi parametrelerden biri haline gelmiştir, öyle ki 24 saatlik zaman dilimi insanlara yeterli gelmemektedir. Bu sebeple insanoğlu yapması gereken işlerde zamanı olabildiğince verimli kullanmaya çalışmaktadır.

Artan nüfus ile birlikte son dönemde yaşanan diğer bir sorun ise yerleşim problemidir. Büyük kentlerde nüfusun etkisiyle insanlar daha küçük evlerde yaşamaktadırlar ve bu durum yaşam alanlarının kısıtlanmasına yol açmaktadır.

Bu sorunlara cevap verebilmek adına, yeni ürün gamları oluşturulmakta ve geliştirilen teknolojiler bu ürünlere uyarlanmaktadır. Bunun en güzel örneklerinden biri ev tipi yıkayıcı – kurutucu makinelerdir. Özellikle çamaşır makinelerinde yıkanan tekstillerin kurutulmasında, gerek zaman gerekse ürünlerin kapladığı yer anlamında ciddi sıkıntılar meydana gelmektedir. Yıkayıcı – kurutucu makineler içerdikleri komponentler sayesinde tekstillerin hem yıkama hem de kurutma işlemini geleneksel yöntemlere nazaran daha kısa sürede gerçekleştirmektedirler. Bunun yanında yıkama ve kurutma işlemlerinin tek makinede birleştirilmesi kullanıcılara yer tasarrufu sağlamaktadır.

Yıkayıcı – kurutucu makineler yıkama safhasında tıpkı bir çamaşır makinesi gibi su alma, ısıtma, durulama ve sıkma adımlarını gerçekleştirmektedirler. Kullanıcı dilerse ürünlerini kurutma fazına geçmeden makineden çıkarabilmektedir. Makinenin tekstilleri kurutması da istenirse kurutma adımına geçilir ve bu adımda tambur içerisindeki ve tekstillerin üzerindeki nem uzaklaştırılmaya çalışılır.

Bu tez çalışmasında amaç, yıkama ve kurutma özelliklerine sahip ev tipi makinelerde hızlı yıkama ve kurutmanın gerçekleştirilebilmesi için yıkama safhasındaki ısıtma adımında farklı ısıtma yöntemlerinin termodinamik analizlerinin yapılarak, yıkama süresinin kısaltılması açısından en uygun metoda karar verilebilmesidir.

Tez çalışması kapsamında yıkayıcı –kurutucu makinelerin ısıtma adımında makine üzerinde bulunan komponentlerin ısıtma adımı boyunca zamana bağlı sıcaklık değişimleri ölçülmüştür. Isıtma adımında farklı ısıtma yöntemleriyle enerji bilançosu çalışmasını gerçekleştirebilmek için ölçülen sıcaklık değerlerinin yanında tahliye edilen ana yıkama suyunun miktarı ve sıcaklığı da ölçülmüştür. Ölçülen bu değerler yardımıyla verilen enerjinin komponentlerde depolanan, suya verilen ve kayıp olan miktarları hesaplanmıştır.

Çalışmada ilk olarak, ısı çift (termokupl) yerleştirilecek komponentler ve ısı çift sayılarına karar verilmiştir. Daha sonra makinenin sökümü gerçekleştirilerek belirlenen yerlere ısı çiftler yerleştirildikten sonra makine yeniden yıkama yapılabilir duruma getirilmiştir. Veri Toplama Sistemi ve Agilent yazılım yardımıyla ilk olarak mevcut ısıtıcı ile yapılan çalışmaların verileri toplanmıştır. Mevcut durum

analizi yapıldıktan sonra, buhar jeneratörü ve flowthrough ısıtıcı kullanılarak 40 dakikalık ısıtma adımındaki ısıtıcılar arasındaki farkların incelenme fırsatı elde edilmiştir. Çalışmalarda flowthrough ısıtıcı kullanımıyla suyun azaltılabilme olanağından dolayı ısıtmanın daha hızlı gerçekleşebileceğinin mümkün olduğu anlaşılmıştır ve çalışmanın devamında flowthrough ısıtıcılı sistemde sürenin kısaltılabileceği bir algoritma üzerine yoğunlaşmıştır. Yeni ısıtma algoritmasının yardımıyla mevcut ısıtıcı ile ulaşılan sıcaklığa flowthrough ısıtıcı ile 5 dakika daha kısa sürede ulaşılmıştır.

Süre kısaltılmasına karar verildikten sonra çalışılan yöntem ve algoritmaların yıkama performanslarının karşılaştırılması yapılmıştır. Yıkama performansını etkileyen en önemli parametre ısıtma adımının süresi ve bu adımda ulaşılan sıcaklıktır. Bu sebepten dolayı belirlenen alternatif ısıtma yöntemlerinin yıkama performanslarının incelenmesi ve mevcut su ısıtıcısıyla yapılan yıkama performansı test sonuçlarıyla karşılaştırılması önemli bir husustur.

Çalışmanın sonunda ise, ısıtma yöntemlerinin birbirine olan üstünlükleri belirlenmiş ve tekstillerin hızlı bir şekilde ısıtılması için mevcut ısıtma yöntemine alternatif olabilecek yönetime karar verilmiştir.

Anahtar Kelimeler:

Ev tipi yıkayıcı-kurutucu, alternatif ısıtma yöntemleri, süre kısaltma, su azaltma.

COMPARISON OF ALTERNATIVE WATER HEATING METHODS IN HOUSEHOLD WASHING-DRYING MACHINES

SUMMARY

Time is an important parameter in the recent developing lifestyles all over the world. In fact the speed of causal live increases day by day. Therefore, the work completion time is tried to be reduced as much as possible.

Another problem is the accommodation due to growing population. In metropolitans, people begin to live in smaller sized houses. So, this is another reason for people to have extremely limited areas to live.

In order to find a solution to these issues, new product ranges have been recently created and new technologies are implemented to home appliance products. One of the best examples for limited area solution is new washer-dryers in household appliance market. Especially, conventional dryers due to their large dimensions and occupying large area in bathroom are a serious problem at homes. They have also an additional cost when washing machine is used. Washing-drying machines have similar steps like a typical washing machine. These steps are; water inlet, heating up the water, rinsing, and spinning.

If users wish, they can take their clothes off the machine before the drying process, or, can continue up to the end of the drying process. At the end, machine will remove moisture either from the load of clothing and other textiles or from the tumbler alone.

The aim of this thesis is to find the best heating method and thermodynamic analysis of different kinds of heating procedures while heating step of washing phase to realize best washing and drying in household washing-drying machines.

This M. Sc. study begins with literature search. By the end of this M.Sc.study, it is planned to applicate new heating method, which is alternative to traditional resistance type water heaters. Patents and literature related to heating methods are search. Afterwards, a testing apparatus and testing algorithm is designed for the alternative heating methods. In the light of this design, it is decided to locate thermocouples in various points to measure the temperature of these points in testing appratus. Within the scope of studies planned tests are realized for 6 kg standard weight. Thereafter, the experimental data are analysed by Microsoft Excel and MiniTab17 programmes. This phase is followed by measuring the washing performance by the colorimetric device for each heating method. In the final chapter of the study, the optimum method and heating duration are determined by introducing advantages and disadvantages of the alternative methods.

In this M. Sc. study; while heating step, changing of temperature of components on washing-drying machine versus time is measured. The amount and temperature of discharged water is measured to find out the energy balance in heating step as well. Due to these measurements, the amount of energy which converts to work, stored by components, given to the water and lost energy are calculated. In the study, at first,

the number of thermocouples and components in which the thermocouples will be set is decided. Then, by taking down the machine the thermocouples are located and the machine is assembled. With the help of DAQ and Agilent VEE, the data of the studies that are conducted with the existing heater are gathered. After analysing of the present situation, by using steam generator and flowthrough heater in the heating process the differences between the heaters are analysed. In the studies, with the opportunity of decreasing the amount of water by using flowthrough heater, it is understood that the heating can be realized faster. So, in the rest of the study heating with flowthrough heater that reduces the heating time is the algorithm which is focused. Due to the new heating algorithm, the same amount of heat is supplied 5 minutes earlier by the flowthrough heater. By using the flowthrough heating system, various washing algorithms are applied and the washing performance of each algorithm is measured. The most significant parameter that affects the washing performance is the time length of heating process and the temperature reached in that step. So, the washing performances of the alternative heating methods are examined and compared to the existing water heaters.

At the end of the study, the priorities of heating methods to each other are defined and the best one to heat the textiles fast is decided to be an alternative to the existing heating methods.

At the first step of the experimental studies the water heaters with 1950 W power is located in the machine, is used in heating step. The water amount is determined as 18 liters in the main washing cycle. The main washing water cannot be reduced below 18 liters in the current heating system. Because the whole heater in the current system should be in the water, nearly 3 liters of water must be waited under the tub for a safe operation of heater. In this situation, 3 liters of water is wasted in every washing cycle causing more water consumption and unnecessary heating of this water. This naturally leads to loss of time and energy.

The machine is operated in cold washing steps for 7 minutes with a 18 liters water in. Then, the heater is opened and the water heater is operated for 40 minutes. In this step, the temperature reaches up to nearly 55,7°C. The temperature values, which are recorded from the moment of closing the heater to passing before the tightening step, are used for thermodynamics analysis.

Because of the water circulation in the machine, the temperature of the load is increased by scattering. Since the weight of upper piece of balance is much more than the tub and glass the temperature is increased more slowly. Water temperature at the end of the discharge is measured. In this way, various methods can be compared. Otherwise, the measured temperatures in the alternatives heating methods will mislead in the absence of homogeneous heating. The drain water filled in the bucket causes a sudden rise in the water temperature. The measured temperatures with the current heater system are; at the laundry 56,9 °C, at the washing tub 53,7 °C, at the upper balance 27,6 °C, on the glass 44,7 °C and the water 55,7 °C.

The stored energy in the components in the experimental studies with using current heater as a result of the first law analysis is shown. According to this values, the 65,1 % of energy of heater is used for heating the water. The 11% of the given energy is stored at the tub. Leaks occurred in the system is 6%.

Similar to the current resistance water heating system, 18 liters water is used in the steam generator heating system. In steam generator heating phase, water was heated for 40 minutes. Just after the steam generator disengagement, water temperature was

measured for thermodynamic investigation and this value was used for thermodynamic analysis. At the end of heating phase, temperature was measured to be 47,7 °C. Experimental system losses caused a lower water temperature than expected.

At the end of heating with steam generator, the machine parts and water were observed as the most heat absorbing components. Steam is transmitted from the generator to the inside by the aid of a nozzle. The steam blower temperature was increased more than expected, compared to heating with the existing resistance heater. When the heating phase with the steam generator was finished, the temperatures were measured to be as; laundry 44,7 °C, boiler 48,1 °C, blower 50,1 °C, machine door 44,9 °C, water 47,7 °C. As it is seen from these results, the temperatures were not reached to expected levels. The most important reason for this issue is the losses of the experimental system. Moreover, the system cannot be placed into the inside of the machine.

In experiments with steam generators, 60,5% of the energy given by steam generator is used to heat the water. 10,1% is absorbed by washing tub. To heat the laundry, 7,9% is used and 6,9% of total heat was observed as system losses.

At the flowthrough heating experiment, which contains 18 litres washing water and 40 minutes heating time, the temperature of the laundry 60,7 °C, washing tub 55,5 °C, door bellow 61,2 °C, circulation pump 55,1 °C and washing water 58,9 °C are measured. The most significant point of this experiment is, the flowthrough heater is more effective than the existing resistance heating. Besides, water consumption is decreased 3 litres owing to use flowthrough heater. Moreover, a decrease in water level causes an increase in concentration of detergent. As a result, washing index increases.

At the flowthrough heating experiment, which contains 18 litres washing water and 40 minutes heating time, the water absorbed 64,1% energy of the flowthrough heater. Moreover, the 10,9% of energy was absorbed by washing tub. The energy loss of system has been calculated 5,6%.

The temperatures are; laundry 63,8 °C, washing tub 58,6 °C, door bellow 64,4 °C and circulation pump 64,1 °C and washing water 62,9 °C under the condition 15 litres washing water and 40 minutes heating period. Similar to other experiments, energy dissipation is analysed at same condition. It is found that, 63,4% of energy was absorbed by water and 13,1% of energy was consumed by washing tub. In addition, 6,6% of energy is given to laundry.

The water temperature is increased 7 °C more than standard heater's performance. This situation shows that heating duration can be shortened. On the other hand, this condition affects the washing performance in negative way. However, it is expected that the increase in detergent concentration will tolerate this negative effect.

By using of flowthrough heater only 15 liters washing water is consumed. This leads to energy consumption by washing water in the amount of 60,6%. 12,6% of released energy is stored in the washing tub. Leaked energy is 4,2%. The effect of decreasing the water amount is clearly led to a decrease in energy consumption. In the experiment with 18 litres water, about 65% energy is given to washing water while, with 15 litres water, given energy is limited to 60,6%. Moreover, water temperature is measured higher in 15 litres experiments at the end of heating stage. The result is

that the flowthrough heater reduces; the washing duration, the washing water amount and the consumed energy.

The temperatures are; laundry 56,8 °C, washing tub 51,9 °C, door bellow 57,5 °C and machine door 48,3 °C under the condition of 15 litres washing water and 35 minutes heating period. Similar to the other experiments, energy dissipation is analysed at the same condition. It is found that, 63,4% of energy is absorbed by water and 13,1% of energy is consumed by washing tub. In addition, 6,6% of energy is given to laundry.

As a result of these studies, the experiments with traditional water heater which contain 18 litres water with 40 minutes heating duration the maximum water temperature is 55,7 °C. Moreover, the experiments which uses steam generator (same conditions) the maximum water temperature is 47,7 °C. In addition in heating tests with flowthrough heater under same conditions (18 litres - 40 minutes) water temperature reaches to 58,9 °C. If only the water level has reduced 3 litres the temperature reaches to 62,9 °C. At the last part of experiments, not only water level has reduced 3 litres but also, heating time has shortened 5 minutes. Under this condition the water temperature is 55,4 °C.

To compare the alternative heating methods' washing indexes, it is seen that the traditional water heater's washing index is 1,008 while steam generator's is 0,998. Washing indexes are calculated for flowthrough experiments too. In first flowthrough experiment which contains 18 litres washing water and 40 minutes of heating time, the index of washing is 1,026. While water level has been reduced 3 litres, the index is changed to 1,052. Final experiment washing index is 1,010 under 15 litres washing water and 35 minutes heating time conditions.

Keywords:

Household washing-drying machines, alternative heating methods, reducing heating time, reducing washing water.

1. GİRİŞ

Yeni dünya koşullarında insanlar için zaman en ciddi parametre haline gelmiştir, öyle ki 24 saatlik zaman dilimi insanlara yeterli gelmemektedir. Bu sebeple insanoğlu yapması gereken işlerde zamanı olabildiğince verimli kullanmaya çalışmaktadır.

Artan nüfus ile birlikte son dönemde yaşanan diğer bir sorun ise yerleşim problemidir. Büyük kentlerde nüfusun etkisiyle insanlar daha küçük evlerde yaşamaktadırlar ve bu durum yaşama alanlarının kısıtlanmasına yol açmaktadır.

Bu sorunlara cevap verebilmek adına, yeni ürün gamları oluşturulmakta ve geliştirilen teknolojiler bu ürünlere uyarlanmaktadır. Bunun en güzel örneklerinden biri ev tipi yıkayıcı – kurutucu makinelerdir. Özellikle çamaşır makinelerinde yıkanan tekstillerin kurutulmasında, gerek zaman gerekse yer bazında ciddi sıkıntılar meydana gelmektedir. Yıkayıcı – kurutucu makineler içerdikleri komponentler sayesinde tekstillerin hem yıkama hem de kurutma işlemini geleneksel yöntemlere nazaran daha kısa sürede gerçekleştirmektedirler. Bunun yanında yıkama ve kurutma işlemlerinin tek makinede birleştirilmesi kullanıcılara yer tasarrufu sağlamaktadır.

1.1 Tezin Amacı

Bu tez çalışmasında amaç yıkama ve kurutma özelliklerine sahip ev tipi makinelerde hızlı yıkama ve kurutmanın gerçekleştirilebilmesi için yıkama safhasındaki ısıtma adımında farklı ısıtma yöntemlerinin termodinamik analizlerinin yapılarak, süre kısaltma açısından en uygun olanına karar verilebilmesidir.

Tez çalışması kapsamında yıkayıcı – kurutucu makinelerin ısıtma adımında makine üzerinde bulunan komponentlerin ısıtma adımı boyunca zamana bağlı sıcaklık değişimleri ölçülmüştür.

Isıtma adımında farklı ısıtma yöntemleriyle enerji bilançosu çalışmasını gerçekleştirebilmek için ölçülen sıcaklık değerlerinin yanında tahliye edilen ana yıkama suyunun miktarı ve sıcaklığı da ölçülmüştür. Ölçülen bu değerler yardımıyla

verilen enerjinin işe dönüşen, komponentler tarafından depolanan, suya verilen ve kayıp olan miktarları hesaplanmıştır.

Çalışmanın sonunda ise, ısıtma yöntemlerinin birbirine olan üstünlükleri belirlenmiş ve tekstillerin hızlı bir şekilde ısıtılması için mevcut ısıtma yöntemine alternatif olabilecek yöntemle karar verilmiştir.

1.2 Çalışmada İzlenilen Yol

Bu yüksek lisans çalışmasına, ilk olarak literatür araştırması ile başlanmıştır. Yapılan araştırmalar sonucunda, geleneksel direnç tipi su ısıtıcısına alternatif olabilecek ısıtma yöntemlerine karar verilmiştir. Belirlenen ısıtma yöntemleri için literatür ve patent araştırmaları yapılmıştır. Daha sonra, alternatif olabilecek ısıtma yöntemlerine uygun deney düzeneği ve deney algoritması tasarlanmıştır. Bu tasarım ışığında, deney düzeneği üzerinde sıcaklık ölçümü için kullanılacak ısıtıcıların yerleşimine karar verilmiştir. Çalışma kapsamında planlanan testler 6 kg standart yük için gerçekleştirildikten sonra deneysel veriler, Microsoft Excel ve MiniTab17 programları kullanılarak analizler gerçekleştirilmiştir. Bu aşamadan sonra, ısıtma yöntemlerine bağlı olarak renk ölçüm cihazı yardımıyla yıkama performansları ölçülmüştür. Çalışmanın son bölümünde alternatif yöntemlerin avantaj ve dezavantajları ortaya konularak en uygun yöntem ve bu yöntemle bağlı ısıtma süresi tespit edilmiştir.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Yıkayıcı-kurutucular ve çamaşır makinelerinde lekelerin çıkarılabilmesi için ısıtma adımı hayati önem taşımaktadır. Yıkama ve kurutma performanslarının ölçüm metotları standartlarla çerçevelenmiştir. Belirlenen bu çerçevenin içerisinde kalarak yıkama ve kurutma performanslarını artırmak esastır. Yıkama performansı ele alınacak olursa hangi lekenin hangi etki ile çıkarılabileceğini bilmek önemlidir. Çalışılan tez konusu ısıtma adımı olduğundan sıcaklığın etkisiyle lekelerde meydana gelebilecek değişiklikleri bilerek bu noktadan hareket etmek akla en uygun yöntemdir. Mevcut su ısıtıcısına alternatif olabilecek ısıtıcıların belirlenmesi için yalnızca beyaz eşya sektöründe değil suyun ısıtıldığı birçok sektörde kullanılan ısıtıcı tiplerini incelemek gerektiği düşünülmektedir. Yapılan literatür araştırmasında bahsi geçen bu noktalara dikkat çekilmek istenmektedir. Öncelikli olarak kullanılan yıkayıcı-kurutucu ölçüm metodu standartlarından bahsedilmekte, daha sonra standart lekelerin çıkarılabilmesinde etkili olan parametrelere değinilmekte ve son olarak farklı sektörlerde kullanılan su ısıtma metotları anlatılmaktadır.

2.1 Literatür Araştırması Sonuçları

Avrupa Standart Komisyonu' nun yayımladığı BS EN 50229:2007 “Ev Tipi Yıkayıcı-Kurutucuların Performans Ölçüm Standardı” na göre yıkama performansları BS EN 60456:2005 “Ev Tipi Yıkayıcıların Performans Ölçüm Standartları”, kurutma safhası ise BS EN 61121:2005 “Ev tipi Tamburlu Kurutucuların Performans Ölçüm Standartları” na göre değerlendirilmektedir [1].

Yıkama standartlarını içeren BS EN 60456:2005 standardının 5. bölümünde ölçüm için gerekli olan genel şartlardan bahsedilmiştir. Buna göre;

- Şebekeden sağlanacak voltaj $230V \pm \%1$ ve frekans $50 \text{ Hz} \pm \%1$,
- Yıkama suyunun sertliği $2,5 \pm 0,2 \text{ mmol/l}$, makineye alınacak soğuk su sıcaklığı ise $15 \pm 2 ^\circ\text{C}$, su girişindeki statik basınç $240 \pm 50 \text{ kPa}$,
- Yıkama testlerinin yapılacağı ortam sıcaklığı $23 \pm 2 ^\circ\text{C}$,

olmalıdır [2].

Test edilen çamaşır makinesiyle paralel olarak bir referans çamaşır makinesi de çalıştırılmalıdır. Bu makine bütün beyaz eşya üreticileri tarafından kullanımı kabul edilen ve testlerde kullanılan bir makinedir. Test edilen makinenin referans makineye bağlı performans ölçümünü gerçekleştirebilmek için her iki makineye de aynı prosedür uygulanmalıdır. Referans amaşır makinesi şekil 2.1’ de görülmektedir.



şekil 2.1 Referans amaşır makinesi.

Belirtilen yıkama standardında yıkama sırasında kullanılacak standart yüklerden ve bu yüklerin kaç adet çarşaf, yastık kılıfı ve havlu içermesi gerektiğinden de bahsedilmektedir. Örneğin, 6 kg bir test yükünde 2 adet çarşaf, 8 adet yastık kılıfı ve gerektiği kadar havlu kullanılması gerektiği belirtilmiştir.

Yıkama performans için yapılan testlerde “leke şeridi” denilen içerisinde karbon siyahı/mineral yağ, kan, kakao/süt ve kırmızı şarap lekelerinin ve lekesiz parçanın ayrı ayrı bulunduğu numuneler kullanılır. Bu leke şeritleri kilogram başına bir adet kullanılmakta ve havlu ya da yastık kılıfları üzerine tutturulmaktadır (rneğin, 6 kg yük için 6 adet leke şeridi kullanılmaktadır). şekil 2.2’ de leke şeridinin tutturulması gösterilmektedir.



Şekil 2.2 Leke şeridinin havlu ya da yastık kılıfına tutturulması [2].

Bir yıkayıcının yıkama performansı, içerisinde temizlenmeye çalışılan leke şeritleri ile referans makinede temizlenmeye çalışılan leke şeritlerinin ölçümleri sonucunda belirlenen “Yıkama İndeksi” denilen bir oran ile belirlenir.

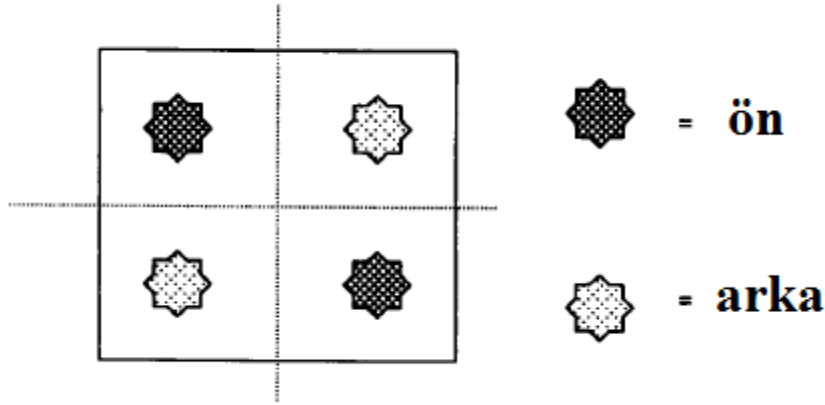
Her bir yıkama çevriminden sonra bütün leke şeritleri parıltılı duruma yer vermeyen bir metotla ütü yapılmak suretiyle kurutulur. Ütüleme sıcaklığı ve süresi, numunenin başka herhangi bir değişikliğe uğramasını önleyecek biçimde olmalı, ütü taban sıcaklığı 130°C ile 150°C arasında olmalıdır. Çalışmalarda kullanılan ütü Şekil 2.3’de görülmektedir.



Şekil 2.3 Çalışmalarda kullanılan ütü.

Kullanılan deterjan içeriği ve miktarı da referansta belirlenmiştir. Buna göre kullanılan deterjan %77 oranında baz deterjandan, %20 oranında sodyum perborattan, %3 oranında ise ağartıcı aktivatörden (TAED) oluşmaktadır. Kullanılan deterjan miktarı ise 54 gr + 16 g/kg'dır. Yani 54 gr deterjan konulmakta ve yıkanacak her yük kilogramı için 16 gr deterjan eklenecektir.

Lekelerin temizlenip temizlenmediğinin sayısal olarak ifade edilmesi için bu lekeler üzerine ışık gönderilerek yansımalarına değerlerine bakılmaktadır. Leke şeridindeki her bir leke parçasının 2 adet ön tarafından 2 adet arka tarafından olmak üzere toplam 4 ölçüm alınmaktadır. Şekil 2.4' te ölçüm alınması gereken noktalar gösterilmektedir.



Şekil 2.4 Her bir lekeden ölçüm alınması gereken noktalar [2].

Yapılan testler bu standartta belirlenmiş olan referans bir makine ile paralel olarak yürütülmektedir. Daha sonra bu iki makinede yapılan test sonuçları birbirine oranlanarak yıkama indeksi belirlenmiş olur. Bu indekse göre makinenin yıkama sınıfına karar verilir [2].

Yapılan çalışmalar neticesinde A sınıfı yıkama sağlayabilmek için yıkama indeksinin 1,035' in üzerinde olması gerekmektedir. B sınıfı yıkama sağlanabilmesi için ise 1,00 ile 1,035 arasında bir yıkama indeksine ulaşılmış olunması gerekmektedir. Enerji sınıfının deklere edildiği yıkama programının A sınıfı bir yıkama sağlaması gerekmektedir. Diğer programlar için ise böyle bir zorunluluk yoktur.

Ülger Zehra ve Arslan Başak [3] tarafından yapılan çalışmada, ev tipi yıkayıcılarda standart leke temizleme mekanizmaları incelenmiştir. Yapılan bu çalışmada ev tipi yıkayıcılarda bulunan programların yıkama performanslarında etkili olan 5

parametreden bahsedilmiştir. Bu parametreler; mekanik hareket, süre (soğuk yıkama ısıtma süresi vb.), yıkama sıcaklığı, su miktarı ve deterjan konsantrasyonudur. Bu çalışmadan hareketle;

- Ağartılabilen lekeleri temsil eden kırmızı şarap lekesini çıkarmada ana yıkama su sıcaklığının etkili olduğu,
- Kan lekesini çıkarmada ana yıkama su sıcaklığı etkisinin diğer standart lekelerle nazaran etkisinin daha düşük olduğu, yıkama süresinin ise en etkili parametre olduğu,
- Yağlı kirler sınıfındaki karbon siyahı ve mineral yağ lekesinin temizlenmesinde, mekanik etki ve deterjan konsantrasyonunun etkili olduğu,
- Enzimatik lekeler sınıfındaki kakao lekesini çıkarmada yüksek sıcaklıklarda deterjan konsantrasyonunun etkili olmadığı,
- Deterjan konsantrasyonunun artmasının karbon siyahı/mineral yağ ve kakao gibi standart lekelerin çıkarılmasında etkili olduğu,
- Yukarıda belirtilmiş olan bu 5 parametreden en etkilisinin ana yıkama suyu sıcaklığı, en düşük etkiye sahip olanının ise deterjan konsantrasyonu olduğu saptanmıştır [3].

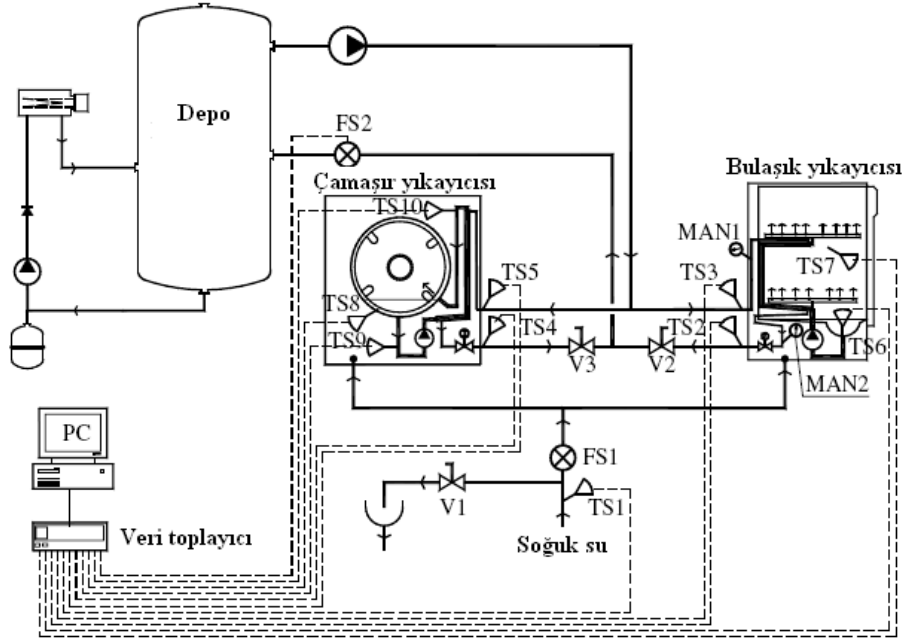
Persson Tomas tarafından yapılan çalışmada [4] sıcak su beslemeli bir makine modellenerek, gerçek durum ile bu model karşılaştırılmıştır. Yapılan deneysel çalışmalar neticesinde göre yıkayıcılardaki 3.78 MJ'lük enerji tüketiminin 2.74 MJ'lük kısmı ısıtıcı tarafından harcanmaktadır.

Çalışmada kullanılan yıkayıcıya Şekil 2.5' teki gibi bir ısı değiştirici sistemi monte edilmiştir. Bu sistem vasıtasıyla makine içerisindeki su ısıtılmaktadır.

Sistemde K tipi ısı çift kullanılmıştır. Kullanılan veri toplayıcı sıcaklık ve akış ölçümlerini bilgisayara aktarmaktadır. Isı değiştiricilerindeki basınç değişimlerinin ölçümü için manometre kullanılmıştır. Enerji ölçer ile harcanan elektrik enerjisi miktarı tespit edilmiştir. Elektrik enerjisi harcaması makine için ve sadece ısıtıcı için ayrı ayrı tespit edilmiştir. Motorun harcadığı elektrik enerjisi miktarı doğrudan ölçülemede tahmini olarak elde edilmektedir.

Simülasyon programında 1. ve 3. ölçümde makine 60 °C sıcaklıkta yıkama yaparken; 2. ölçümde 95 °C sıcaklıkta yıkama yapmaktadır. 1. ölçümde sadece elektrikli ısıtma yapılmaktadır. 2. ve 3. ölçümde makine sıcak su sirkülasyonu ile ısıtılmaktadır. 2.

ölçümde 2.5 saat sonra makine durdurulmakta ve soğumaya bırakılmaktadır; bu şekilde ısı kayıp katsayıları tanımlanmaktadır. Isıtma suyu debisi 2. ve 3. ölçümde 0.02 kg/s ile 0.04 kg/s arasında değişiklik göstermektedir. Diğer parametreler tabloda verilmiştir. Bazı parametrelere bu deneysel çalışmalarla ulaşılmıştır.



Şekil 2.5 Sıcak su sirkülasyon sistemi [4].

Yapılan çalışma sonunda tespit edilen durumlar şu şekildedir;

Elektrik tasarrufu ısı beslemeli makinelerde daha az olmasına karşın, ısı beslemeli makineler ile sıcak su beslemeli makineler büyük benzerlik göstermektedir. Isı beslemeli makinelerde ısıtma için gerekli elektrik tüketimi kısmen daha azdır, bununla birlikte bu sistemlere daha düşük sıcaklıkta daha iyi deterjan alan sistemler ve atık ısıdan geri kazanım sağlayan sistemler eklenebilir.

Model gerçek duruma göre enerji tüketimine %10 daha fazla değer vermiştir. Yıkayıcıda hem motor hem de ısıtıcı için harcanan enerji miktarı normal enerji miktarından fazla hesaplanmıştır. Bu da toplam enerji tüketimini etkilemiştir.

2.2 Patent Araştırması

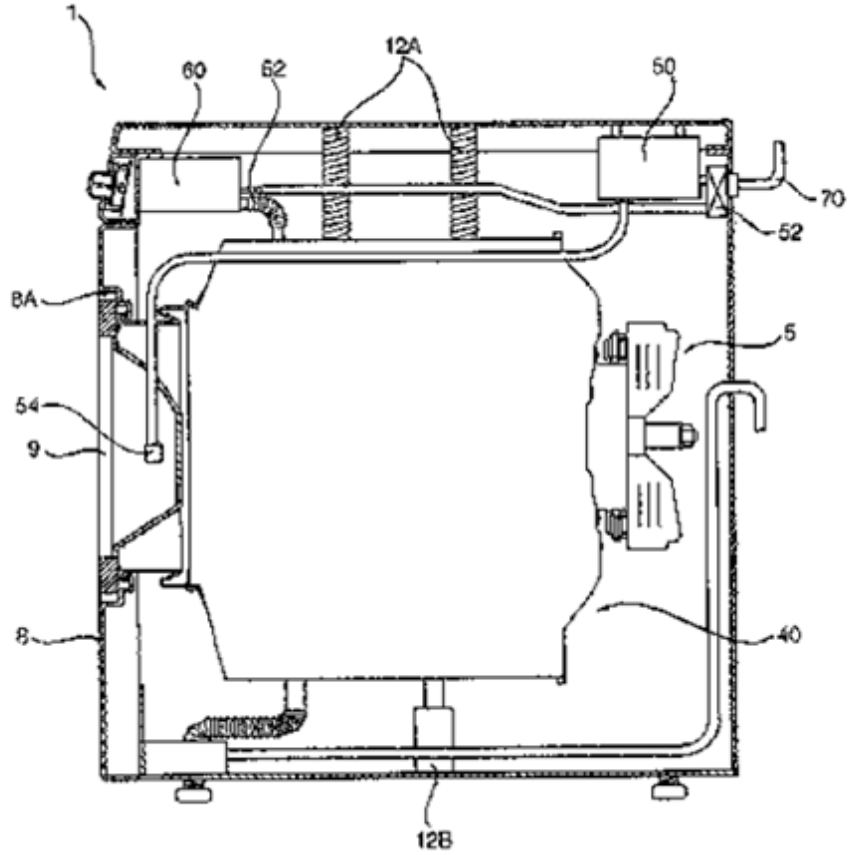
Mevcut ısıtıcı haricinde çalışılması düşünülen ısıtma yöntemleri hakkında patent araştırması yapılmıştır. Yapılan patent araştırmasının amacı, daha önce bu yöntemlerle yapılan ısıtma sistemleri hakkında fikir sahibi olunmak istenmesidir.

2.2.1 Buhar Patentleri

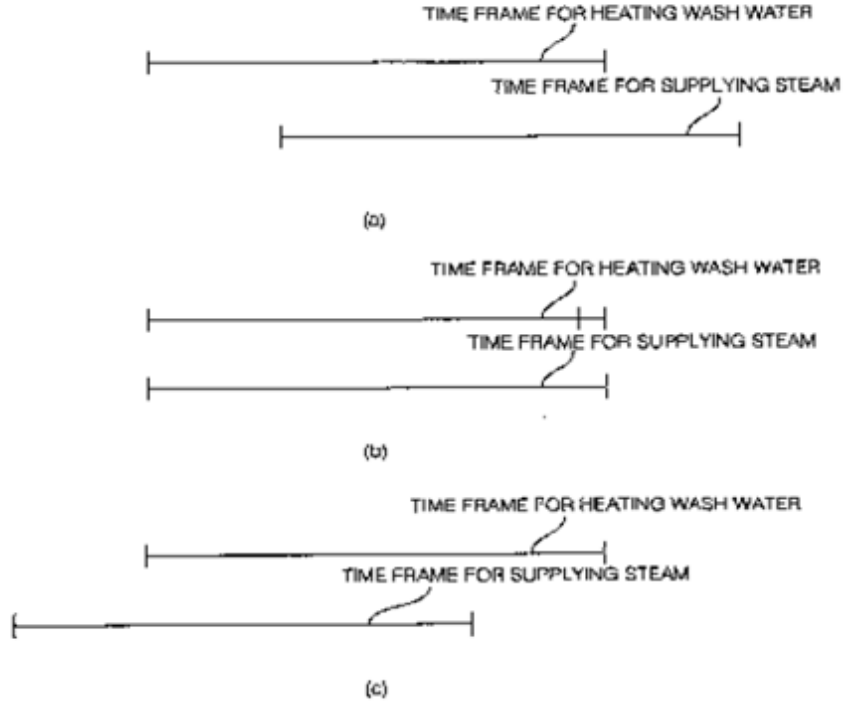
Bu çalışmadaki buharlı yıkayıcılar için yapılan patent araştırması 1995-2015 yılları arasını içermektedir. Araştırmada sistem ve algoritma patentleri incelenmiş ayrıca, kırıksıklık gidermek için buhar veren teknolojiler de incelenmemiştir. Anahtar kelimeler olarak; buhar ve yıkama (steam and wash) kullanılmıştır. IPC kodu ise D06F olarak seçilmiştir.

Kim Nam Chul tarafından 2011 yılında yayımlanan US7950089 numaralı patentte buhar jeneratörü (50) şebekeden gelen suyu buharlaştırmaktadır. Üretilen buhar, nozul (54) yardımıyla cam kapaktan tamburun içerisine üflenmektedir.

Patentte ikinci olarak ise buharın verilme algoritmalarına dikkat çekilmek istenmektedir. Buharın ne zaman verileceği konusunda 3 farklı algorithmadan bahsedilmektedir. Buhar jeneratörü ve direnç tipi su ısıtıcısının birbirlerine göre çalıştırılma zamanı patentlenmek istenmektedir. [5]. Şekil 2.6 ve 2.7' de patente ait çizimler görülmektedir.

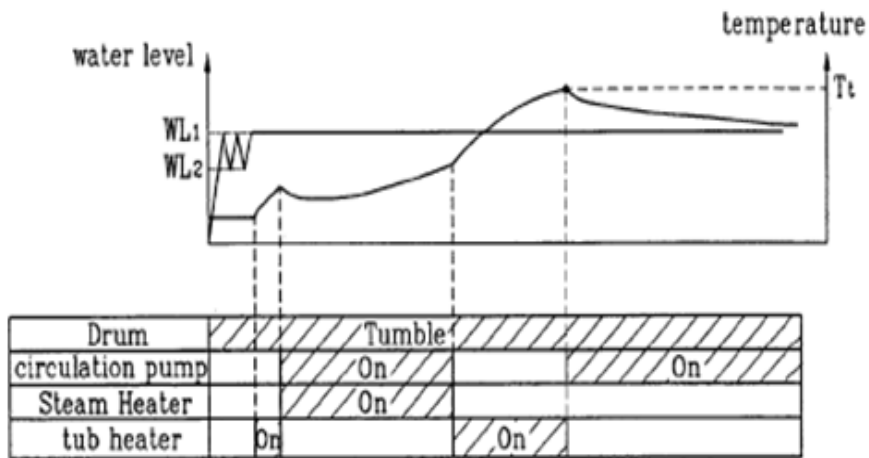


Şekil 2.6 US7950089 numaralı patent sistemi görünümü [5].

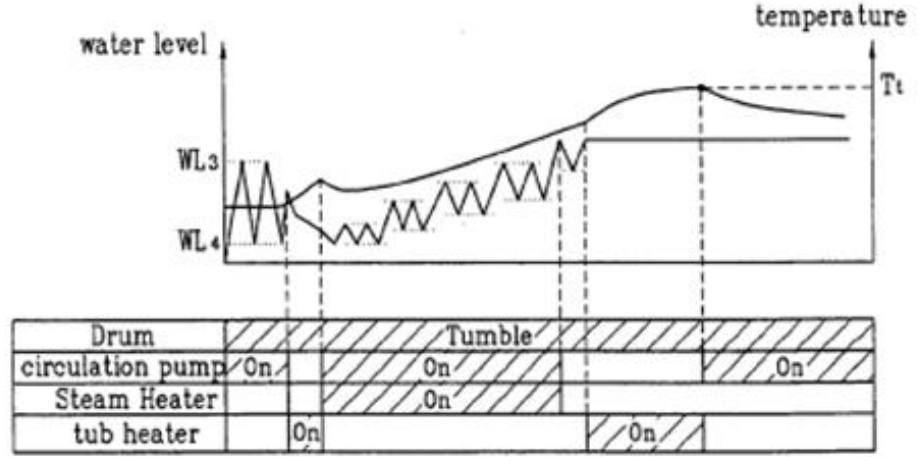


Şekil 2.7 US7950089 numaralı patent sisteminin algoritması [5].

Park Seog Kyu tarafından 2009 yılında yayımlanan EP2025795 numaralı patent başvurusunda su miktarı ve bu suyun çıkması gereken sıcaklık önceden belirlenmektedir. Bu sıcaklığa ulaşabilmek için direnç tipi su ısıtıcısı ve buhar jeneratörü aç/kapa olarak hibrit bir sistem olarak çalıştırılmaktadır. Bu sayede enerji verimliliğini sağlandığı iddia edilmektedir. [6] Şekil 2.8 ve 2.9’ da patente ait algoritmalar görülmektedir.

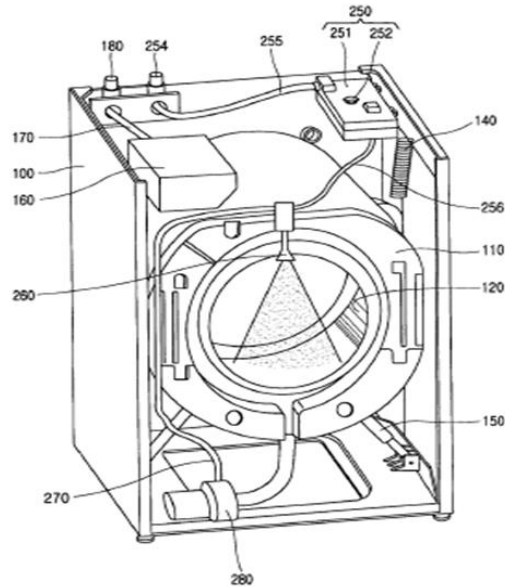


Şekil 2.8 EP2025795 numaralı patent sistemi algoritması -1 [6].

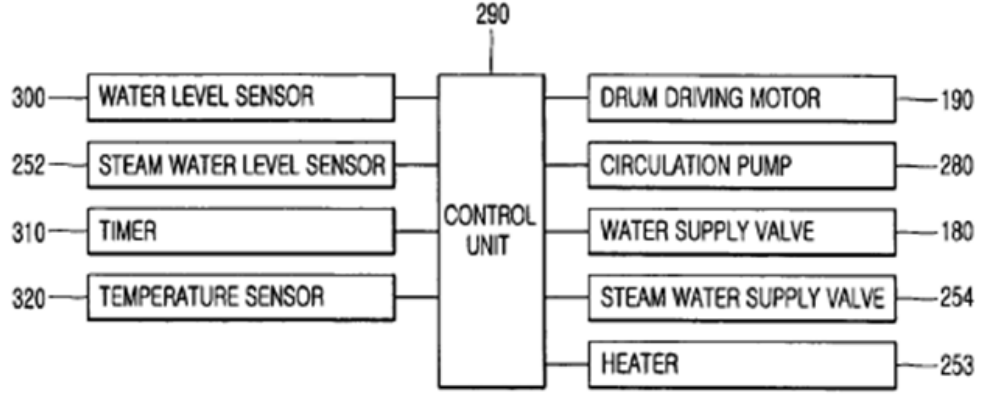


Şekil 2.9 EP2025795 numaralı patent sistemi algoritması -2 [6].

Jeon Si-Moon, Kim Na-Eun, Woo Kyung-Chul tarafından 2010 yılında yayımlanan EP1619284 numaralı patentte çamaşır makinesi içerisinde yıkama suyu ile buharın birlikte kullanılması esasına dayanan hibrit bir sistem tariflenmektedir. Tambur dönerken de buhar verilebilmektedir. Patentte, kazanın içerisinde belli bir seviyede su bulunduğu belirtilmektedir. Bu suya ek olarak, belirlenen süre boyunca buhar üreticinde üretilen buhar, tambur dönerken kazana verilmektedir. Belirlenen süre tamamlandığında ilk zaman dilimi son bulmakta ve ikinci zaman dilimine geçilmektedir. İkinci zaman diliminde ise, buhar üretici kapatılmakta ve yıkama devam etmektedir. [7] Şekil 2.10 ve 2.11’ de patente ait çizimler görülmektedir.

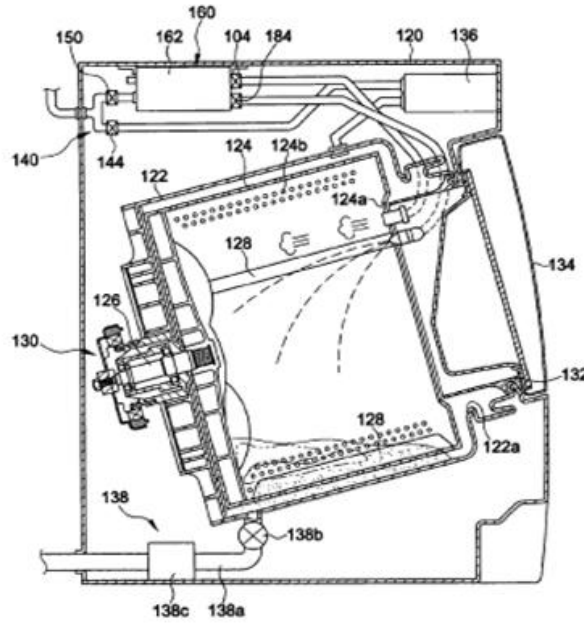


Şekil 2.10 EP1619284 numaralı patent sistemi görünümü -1 [7].

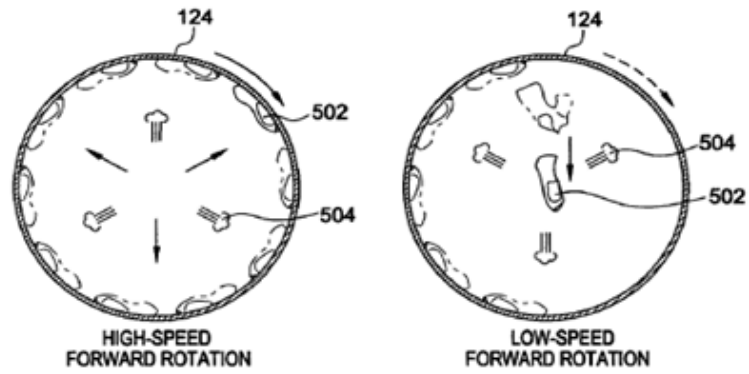


Şekil 2.11 EP1619284 numaralı patent sistemi görünümü -2 [7].

Yang Byoung Y ve arkadaşları tarafından 2008 yılında yayımlanan US7406737 numaralı patentte tekstilin ve suyun hızla ısıtılması için buhar kullanılmaktadır. Bu sayede yıkama süresinin, su miktarının ve enerji gereksiniminin azaltıldığı iddia edilmektedir. Buharı verdiği enerjinin sadece tekstilde ve tamburun içerisinde kalması için tambur yüksek hızla döndürülmekte ve tekstillerin tambur iç yüzeyine yapışması amaçlanmaktadır. Tambur yüksek devire çıkarken tamburun orta kısmına buhar verilmektedir. Böylece tamburun iç sıcaklığının artırılması amaçlanmaktadır. Deterjan çözeltisi ve buhar yıkama boyunca verilmektedir. [8] Şekil 2.12 ve 2.13’ de patente ait çizimler görülmektedir.

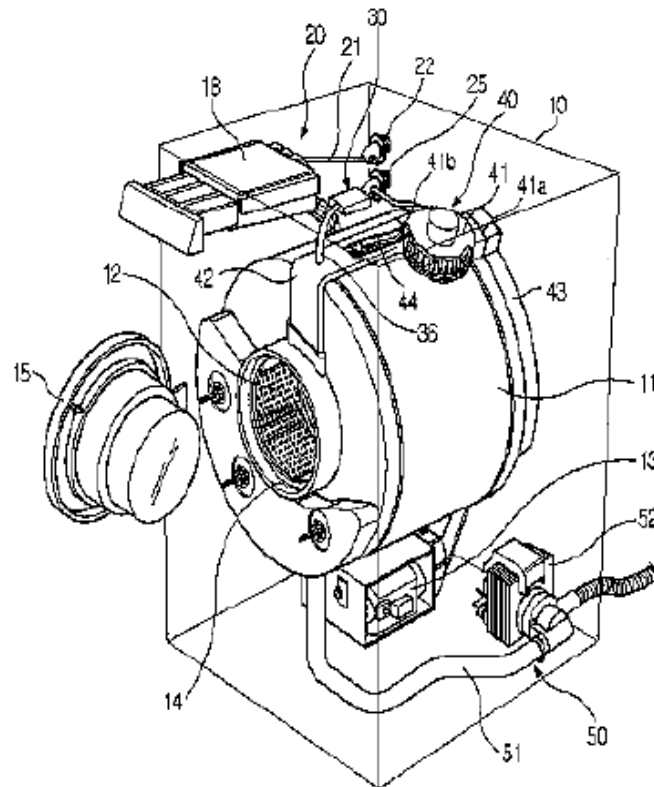


Şekil 2.12 US7406737 numaralı patent sistemi görünümü -1 [8].

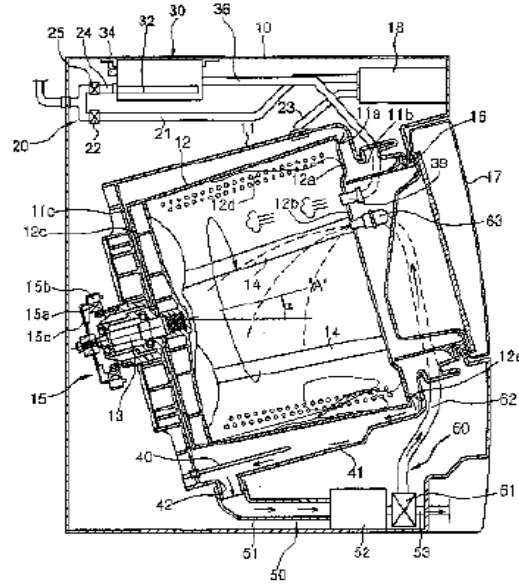


Şekil 2.13 US7406737 numaralı patent sistemi görünümü-2 [8].

Park Jee Hun ve arkadaşları tarafından 2008 yılında yayımlanan EP1921195 numaralı patent başvurusunda sulu kondenserli bir yıkayıcı – kurutucu tariflenmektedir. Buhar, hava kanalına üflenerek havayla birlikte tambura verilmektedir. Çıkan nemli hava sulu kondenserde yoğunlaştırılmakta ve kurutulmaktadır. Fan yardımıyla hava kanalına alınan kuru hava kanalda ısıtılıp buharla birlikte tekrar tambura basılmaktadır. [9] Şekil 2.14 ve 2.15’ te patente ait çizimler görülmektedir.

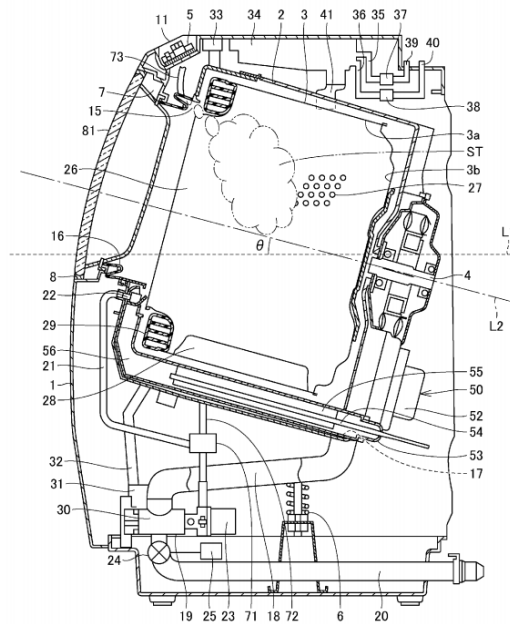


Şekil 2.14 EP1921195 numaralı patent sistemi görünümü -1 [9].



Şekil 2.16 US2006101586 numaralı patent sistemi görünümü [10].

Shimoguchi Kohji tarafından 2012 yılında yayımlanan JP2012228410 numaralı patent başvurusunda, durulama performansını değiştirmeden durulama süresinin önemli ölçüde kısaltılabileceği iddia edilmektedir. Durulama aşamasında tambur içerisine su buharı temin edilmektedir. Bu kontrol metodunda önce deterjan ve yıkama suyu tambura verilmektedir. Daha sonra tambur yüksek devire çıkarken tamburun ortasına buhar basılmaktadır. Böylece tamburun iç sıcaklığının artırılması amaçlanmaktadır. Deterjan çözeltisi ve buhar yıkama boyunca verilmektedir. [11] Şekil 2.17' de patente ait çizim görülmektedir.

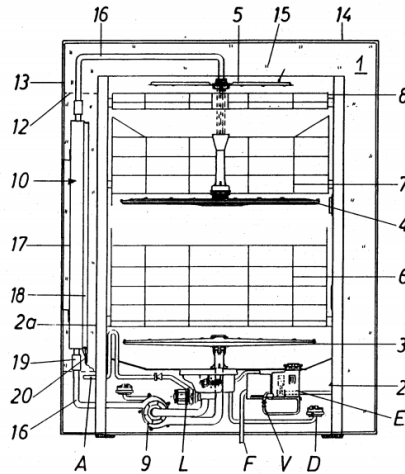


Şekil 2.17 JP2012228410 numaralı patent sistemi görünümü [11].

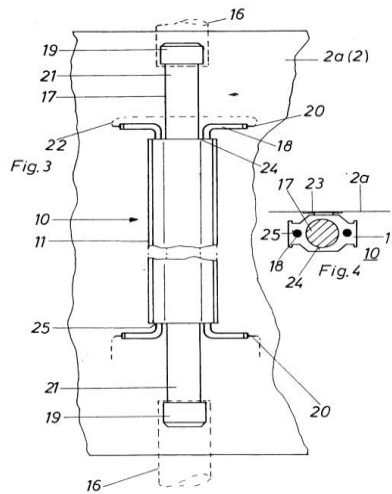
2.2.2 Flowthrough Patentleri

Bu çalışmadaki patent araştırması 1980-2015 yılları arası için yapılmıştır. Araştırmada yalnızca sistem ve algoritma patentleri incelenmiştir. Yapılan araştırma sonucunda ortaya çıkan 148 adet patentin incelenmesi yapılarak sistem ve algoritmayla alakalı patentler aşağıda belirtilmiştir. Anahtar kelimeler olarak; flowthrough ya da throughflow heater belirlenmiştir.

Hettenhausen Ulrich ve Heuttemann Wilfried tarafından 1994 yılında yayımlanan EP0591774 numaralı patent başvurusunda, içerisinde sürekli sıvı akışı olan bir ısıtıcı tariflenmektedir. Bu ısıtıcı dış duvar ile yıkama haznesi arasındaki sirkülasyon hattına bağlanmakta ve hat üzerinde bulunan sirkülasyon pompası çalıştığında ısıtıcı içerisinden geçen su ısıtılarak ev tipi bir yıkayıcının spreyleme pervanesine iletilmektedir. [12] Şekil 2.18 ve 2.19’ da patente ait çizimler görülmektedir.

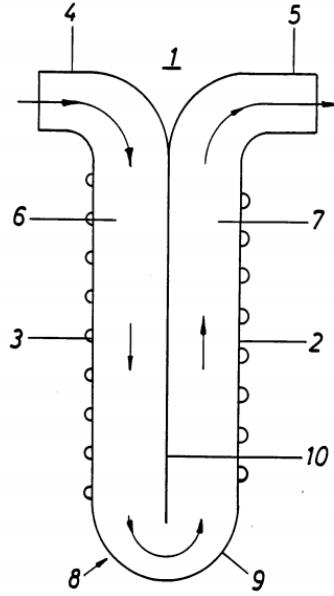


Şekil 2.18 EP0591774 numaralı patent sistemi görünümü -1 [12].

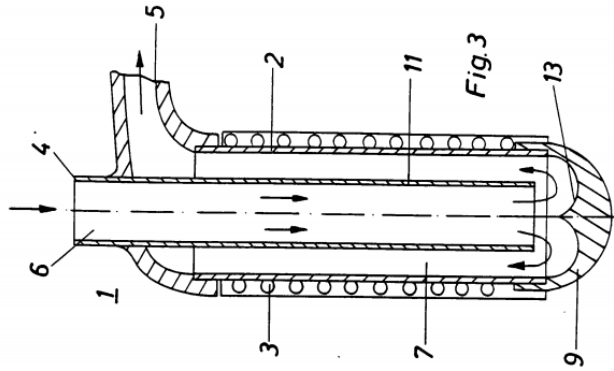


Şekil 2.19 EP0591774 numaralı patent sistemi görünümü -2 [12].

Rosumek Werner ve Thoermer Wolfram tarafından 1992 yılında yayımlanan DE4024559 numaralı patent başvurusunda, etrafına direnç sarılmış içi boş silindir tariflenmektedir. Giriş kanalından giren yıkama ve durulama suyu bu silindirin içerisinden geçerken ısıtılmakta ve çıkış kanalından çıkmaktadır. [13] Şekil 2.20 ve 2.21’ de patente ait çizimler görülmektedir.

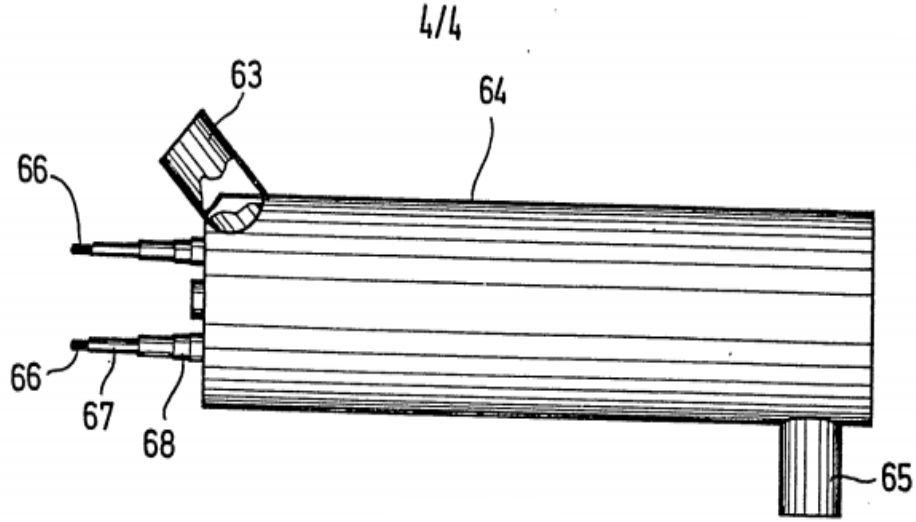


Şekil 2.20 DE4024559 numaralı patent sistemi görünümü-1 [13].

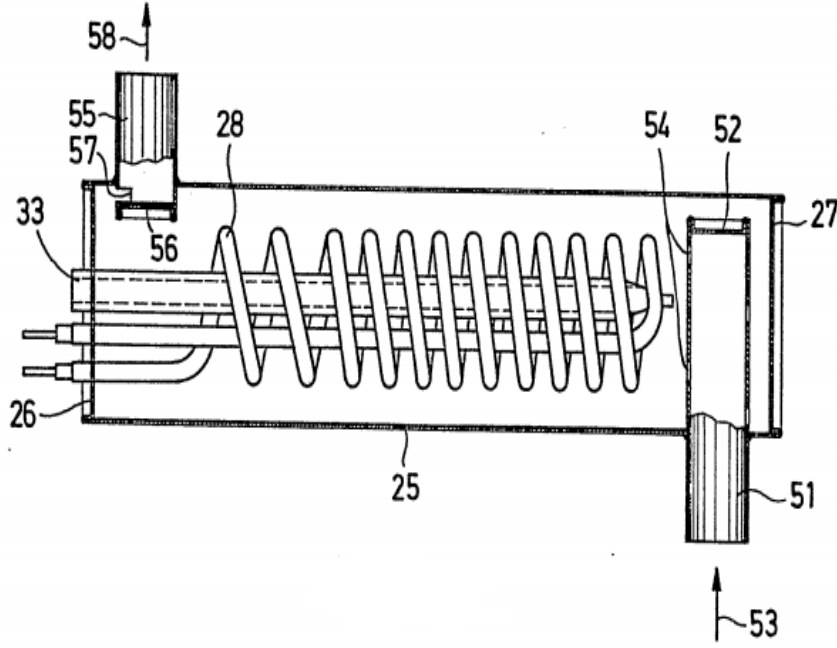


Şekil 2.21 DE4024559 numaralı patent sistemi görünümü -2 [13].

Knauss Hermann tarafından 1982 yılında yayımlanan EP0044040 numaralı patent başvurusunda, ev tipi yıkayıcılar için kullanılan ve içerisinden su geçerken bu suyun ısıtılmasını amaçlayan bir ısıtıcı tariflenmektedir. Bu ısıtıcı tasarlanırken dirençlerin su içerisinde kalarak ısıtıcı veriminin artırılması amaçlanmaktadır. [14] Şekil 2.22 ve 2.23’ te patente ait çizimler görülmektedir.

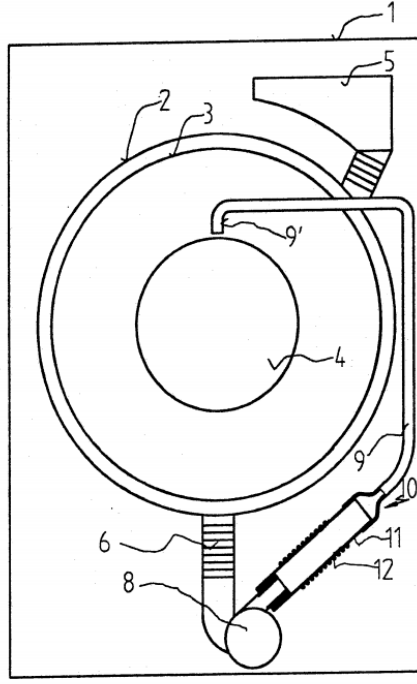


Şekil 2.22 EP0044040 numaralı patent sistemi görünümü -1 [14].

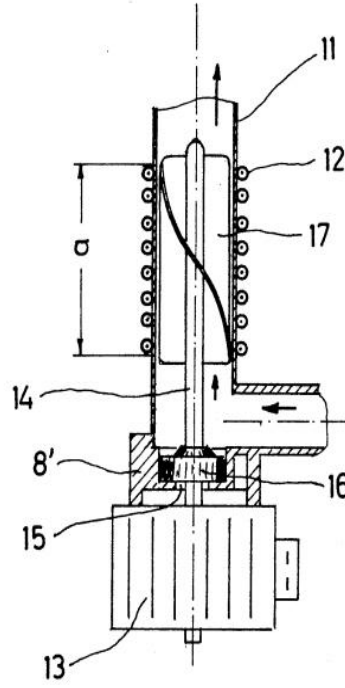


Şekil 2.23 EP0044040 numaralı patent sistemi görünümü -2 [14].

Kaefferlein Heinz tarafından 1988 yılında yayımlanan DE3709272 numaralı patent başvurusunda, önden yüklemeli çamaşır makineleri için sirkülasyon hattına konulması amaçlanan bir su ısıtıcısı tariflenmektedir. Bu ısıtıcının içi boş bir silindir olduğu ve bu silindirin etrafına direnç sarıldığı belirtilmektedir. Sirkülasyon hattında su sirküle olurken suyun ısıtılmasını sağlandığı anlatılmaktadır. Isıtma adımımda eksenel pompa çarkı döndürülerek ısıtıcı borusunun iç duvarında tortu birikmesi önlenmeye çalışılmaktadır. [15] Şekil 2.24 ve 2.25' te patente ait çizimler görülmektedir.



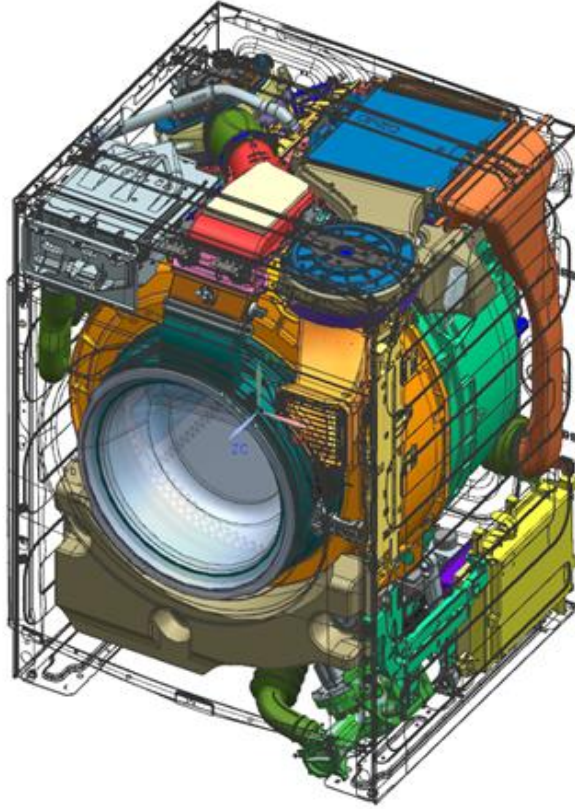
Şekil 2.24 DE3709272 numaralı patent sistemi görünümü -1 [15].



Şekil 2.25 DE3709272 numaralı patent sistemi görünümü -2 [15].

3. EV TİPİ YIKAYICI-KURUTUCU MAKİNELERİN ÇALIŞMA PRENSİBİ

Yıkayıcı-kurutucu makineler yıkama safhasında; su alma, yıkama, ısıtma, su boşaltma ve sıkma sistemlerini bir program vasıtası ile belirli sıra ve zaman içinde çalıştırıp durdurarak yıkama programlarını yapan makinelerdir. Bir yıkayıcı-kurutucuya ait şematik çizim Şekil 3.1’ de gösterilmektedir.



Şekil 3.1 Ev tipi yıkayıcı-kurutucu makinenin şematik çizimi.

Yıkayıcı-kurutucu makinelerin başlıca dört sistem üzerine kurulu olduğundan bahsetmek mümkündür (Çizelge 3.1). Bunlar su alma sistemi, yıkama sistemi, tahliye sistemi ve kurutma sistemidir. Yıkayıcı kurutucu makinelerin de tıpkı çamaşır makinelerinde olduğu gibi fişi prize takıldıktan sonra elektrik, parazit kondansatörün üzerinden açma-kapama anahtarına gelir. Anahtara basıldığında enerji program cihazından geçerek kapı emniyet kilidine gelir. Bu kilit makinede çalışma anında

dalgınlıkla kapağın açılmasını önlemektedir. Kapı kapatılınca enerji buradan su seviye anahtarının kapalı kontağından geçer ve su giriş vanalarının bobinlerini enerjilendirerek suyun musluktan içeriye girmesini sağlar. Bu solenoid vanaların bir ucu şehir şebekesi musluğuna diğer ucu deterjan kutusuna bağlıdır. Açma-kapama düğmesine basıldığında su giriş vanalarının bobinlerine de enerji gelir. Bobinler pistonu çeker ve vanalar açılır.

Çizelge 3.1 Ev tipi yıkayıcı-kurutucu makinelerin içerdiği sistemler.

Su Alma Sistemi	Yıkama Sistemi	Tahliye Sistemi	Kurutma Sistemi
Su giriş hortumu	Kazan/Tambur	Top sistem	Kazan/Tambur
Su giriş vanası	Su ısıtıcısı	Pompa	Kondenser
Su yönlendiricisi	Sıcaklık kontrolü	Filtre	Proses fanı
Kazan su giriş hortumu	Köpük algılama	Tahliye hortumu	Kondenser-kazan bağlantı parçası
Havalık		Kazan filter ara hortumu	Hava ısıtıcısı
Buhar çıkış hortumu			Soğutma fanı
Deterjan kutusu			

3.1 Yıkama Komponentleri ve Yıkama Sisteminin Çalışma Prensipleri

Yıkama safhasının başlangıcında, solenoid vana, makine içerisine şebekeden su alır. Su, şebekeden deterjan çekmecesinin kanallarına hareket eder. Deterjan kutusundaki deterjanı süpürerek kazan içerisine doğru yönlendirilir. Makine, durulamadan sonra şebekeden gelen suyu yumuşatıcı bölgesi üzerinden alır. Deterjan çekmecesinin su kanallarından başka birde köpük hortumu bulunur. Köpük hortumu, kazan içindeki fazla köpüğü alarak deterjan kutusuna iletir. Deterjan çekmecesini ve kazan-çekmece arası bağlantı hortumu Şekil 3.2’ de gösterilmektedir [16].

Yıkama suyu deterjan kutusundan sonra kazana gelir. Kazan, makine içerisine alttan amortisörler, üstten ise yaylar vasıtası ile tutturulmuştur. Kazanın içinde su ısıtıcısı, tambur ve su seviye anahtarının kuyruğu olan hava cebi bulunur. Kazanın alt ve üstüne denge ağırlıkları konulmuştur. Şekil 3.3’ te kazan ve tambur gösterilmektedir [16].



Şekil 3.2 Ev tipi yıkayıcı-kurutucu makinedeki deterjan çekmecesini ve kazan-çekmece arası bağlantı hortumu. [16]

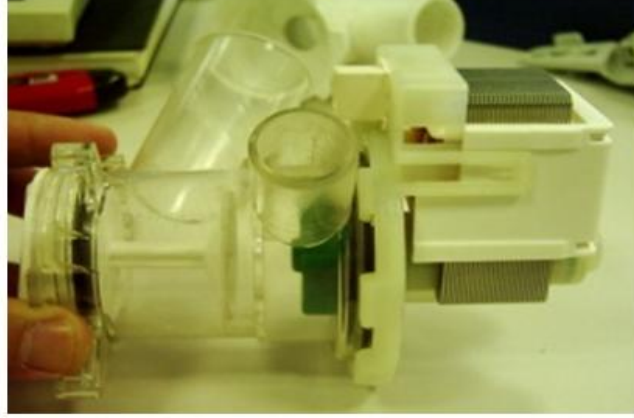


Şekil 3.3 Ev tipi yıkayıcı-kurutucu makinedeki kazan ve tambur. [16]

Kazan içindeki su yeterli seviyeye ulaştığında su seviye anahtarının bir ucunda bağlı olan hava cebindeki havanın sıkışıp basınç yapması ile diyafram kontakların konumunu değiştirir. Selenoid vana bobinleri enerjisini bu kontaklardan alır. Kontaklar konum değiştirdiğinde valflerin enerjisi kesilerek makinenin su alması engellenmiş olur.

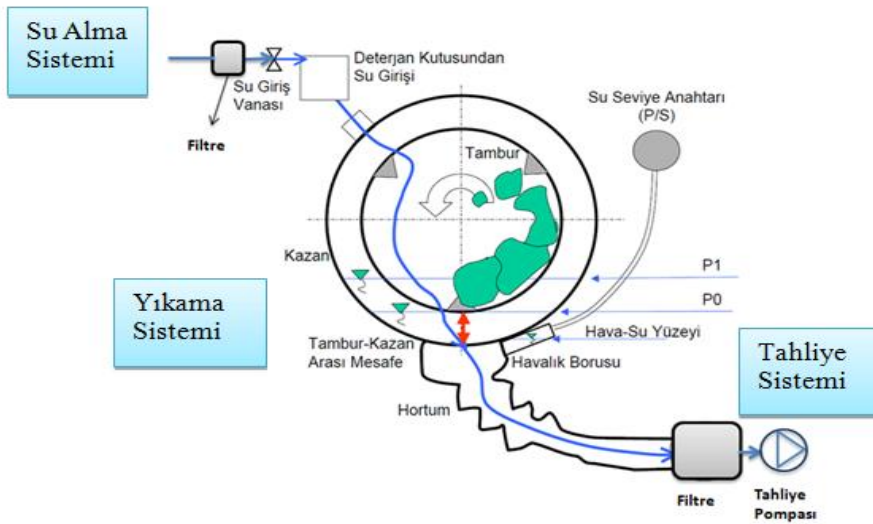
Enerji, su seviye anahtarından program aygıtı üzerinden hız kontrol ünitesi ve yıkama motoruna gelir. Yıkama motoru çalışarak kayış-kasnak tertibatı ile motor tamburunu döndürür ve çamaşırlar yıkanmaya başlar. Enerji diğer taraftan dirençli su ısıtıcısına (rezistans) gelerek makine içine alınan su termostatta ayarlanan sıcaklıkta ısıtılır. Su, istenen derecede ısındığında termostat ısıtıcının enerjisini keser.

Yıkama işlemi bittikten sonra program cihazı pompa motoruna enerji gönderir. Pompa motoru kirli suyu dışarı atar. Pompanın tıkanmasını önlemek için katı tutucu bir filtre tahliye sisteminde pompa önüne yerleştirilmiştir. Pompa motoru ve filtre Şekil 3.4’ te gösterilmektedir.



Şekil 3.4 Ev tipi yıkayıcı-kurutucu makinedeki pompa motoru ve filtre. [16]

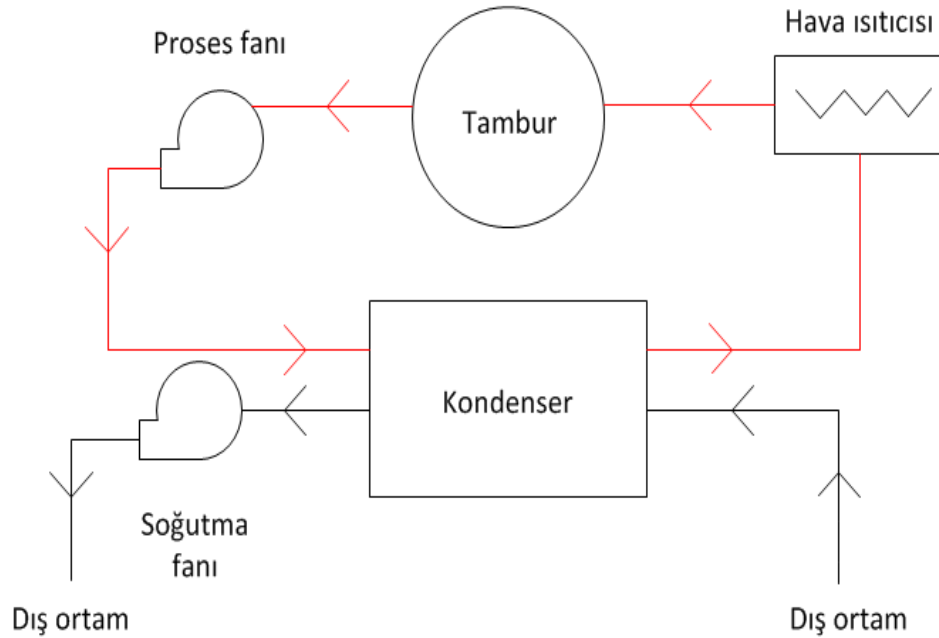
Ana karttan tekrar enerji gönderilerek musluktan durulama suyunun alınması sağlanır. Ana kart bu işlemi seçilen programın özelliğine göre tekrarlar ve son olarak yumuşatıcı ile birlikte kazana su alır. Çamaşırı yumuşatma işlemi de bittikten su tahliyesi gerçekleştirilir ve sıkma işlemi başlar. Tambur, motor tarafından sıkma devrinde döndürülür. Bu sırada pompa motoru çalışarak suyu dışarı atar [17]. Yıkayıcı-kurutucuların yıkama safhasında su alımından tahliye işlemine kadar geçen çevrimin şematik çizimi Şekil 3.5’te gösterilmektedir [16].



Şekil 3.5 Ev tipi yıkayıcı-kurutucu makinelerin yıkama adımının şematik çizimi. [16]

3.2 Kurutma Komponentleri ve Kurutma Sisteminin Çalışma Prensibi

Kondenserli yıkayıcı-kurutucularda kurutma işlemi Şekil 3.6’da gösterildiği üzere proses havasının sirkülasyonu kapalı bir çevrim içinde gerçekleşmektedir. Proses havası bir fan yardımıyla ısıtıcı üzerinden geçirilerek tambur içine yönlendirilip, burada sıcak havanın çamaşır üzerindeki nemi alması sağlanır. Nemli havanın, çapraz akışlı bir yoğusturucudan geçirilerek, soğutma fanı olarak isimlendirilen ikinci bir fan tarafından yönlendirilen ortam havası vasıtasıyla kurutma havası içerisinde bulunan su buharı yoğusturularak neminin uzaklaştırılması sağlanır ve yeniden fana yönlendirilir [18].



Şekil 3.6 Kondenserli yıkayıcı-kurutucularda kurutma sisteminin şematik gösterimi. Kurutma sırasında kazan içerisindeki nemli çamaşırlar üzerindeki nemin alınması amaçlanmaktadır. Hava ısıtıcılı sistemler için, kazan içerisindeki nemli hava proses fanı ile kazan içerisinden çekilerek kondenser- kazan bağlantı parçasından geçirilerek kondensere ulaştırılmaktadır. Kondenser girişinde nemli hava bulunmaktadır. Kondenserde çapraz akış sayesinde kondenser girişindeki havanın nemi (yoğusturularak) alınmaktadır. Şekil 3.7’ de ev tipi yıkayıcı-kurutucu makinelerde bulunan kondenser-kazan bağlantı parçası (a) ve kondenser grubu (b) gösterilmektedir.



(a)



(b)

Şekil 3.7 Ev tipi yıkayıcı-kurutucu makinelerde bulunan kondenser-kazan bağlantı parçası **(a)** ve kondenser grubu **(b)**.

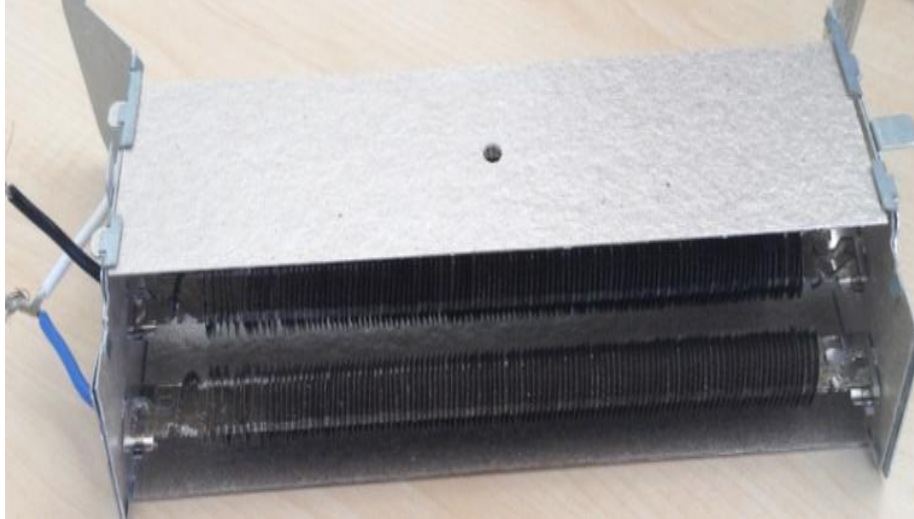
Çapraz akış için dış ortamdan soğutma fanı yardımıyla hava alınarak kondenserde nemli hava ile çapraz akış oluşturulur. Böylece nemli hava nemini bırakarak ısıtıcı kanalına kuru olarak girer. Isıtıcı kanalında hava yeniden ısıtılır ve bu hava körük vasıtasıyla kazan içerisine tekrar gönderilir. Bu çevrim çamaşırlar kuruyana kadar devam eder. Çamaşırların kuruyup kurumadığı ise yapılan sıcaklık kontrolü yardımıyla sağlanmaktadır. Sıcaklık ani artış gösterdiği takdirde ortamda nemin kalmadığı algılanmaktadır. Bu ani sıcaklık artışıyla birlikte kurutma işleminin sonlandırılır. [18] Şekil 3.8’ de ev tipi yıkayıcı-kurutucu makinelerde bulunan soğutma fanı, Şekil 3.9’ da proses fanı ve Şekil 3.10’ da hava ısıtıcısı görülmektedir.



Şekil 3.8 Ev tipi yıkayıcı-kurutucu makinelerde bulunan soğutma fanı.



Şekil 3.9 Ev tipi yıkayıcı-kurutucu makinelerde bulunan proses fanı.

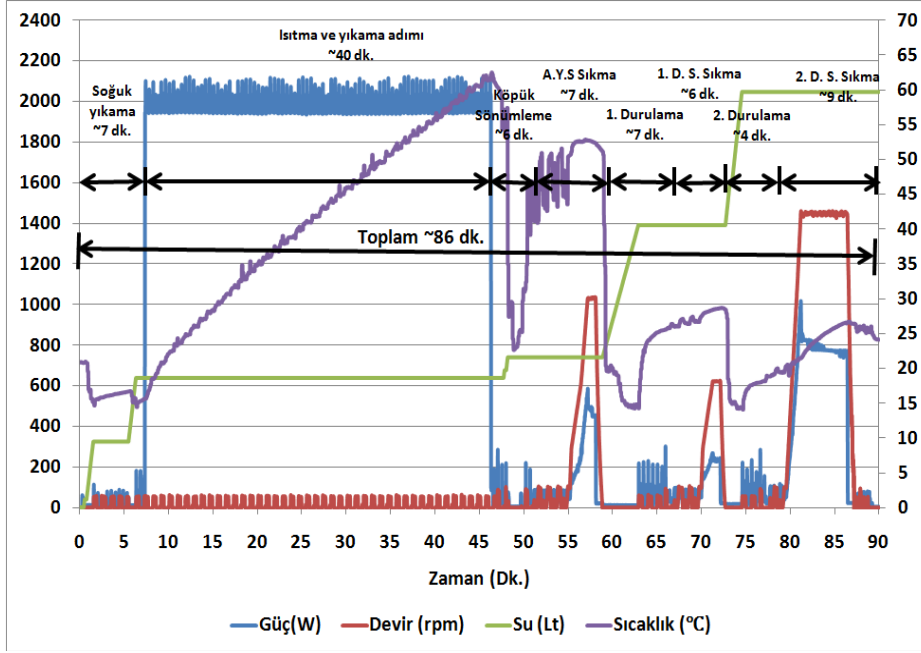


Şekil 3.10 Ev tipi yıkayıcı-kurutucu makinelerde bulunan hava ısıtıcısı.

3.3 Ev Tipi Yıkayıcı-Kurutucuların Yıka-Kurut Algoritması

Ev tipi yıkayıcı-kurutucuların yıka-kurut programı su alma, yıkama, durulama, sıkma ve kurutma işlemlerini içermektedir. Bu işlemlerin gerçekleşme sırası ve süresi yıka-kurut programının algoritmasını oluşturmaktadır.

Şekil 3.11’ de yıkama algoritması incelendiğinde su ısıtıcısının 1950 W enerji tükettiği görülmektedir. Ana yıkama adımı sadece ısıtma adımından oluşmakta ve maksimum ısıtma sıcaklığının (su ısıtıcısına en yakın yerden ölçülen sıcaklık) 62,4 °C olduğu ölçülmektedir. Toplam yıkama süresinin 86 dk. olduğu belirlenmiştir [19].



Şekil 3.11 Ev tipi yıkayıcı-kurutucularda 6 kg yük için yıkama algoritmasıdır. [19]

Yıkayıcı-kurutucunun 6 kg yıka-kurut programı için yapılan inceleme sonucunda;

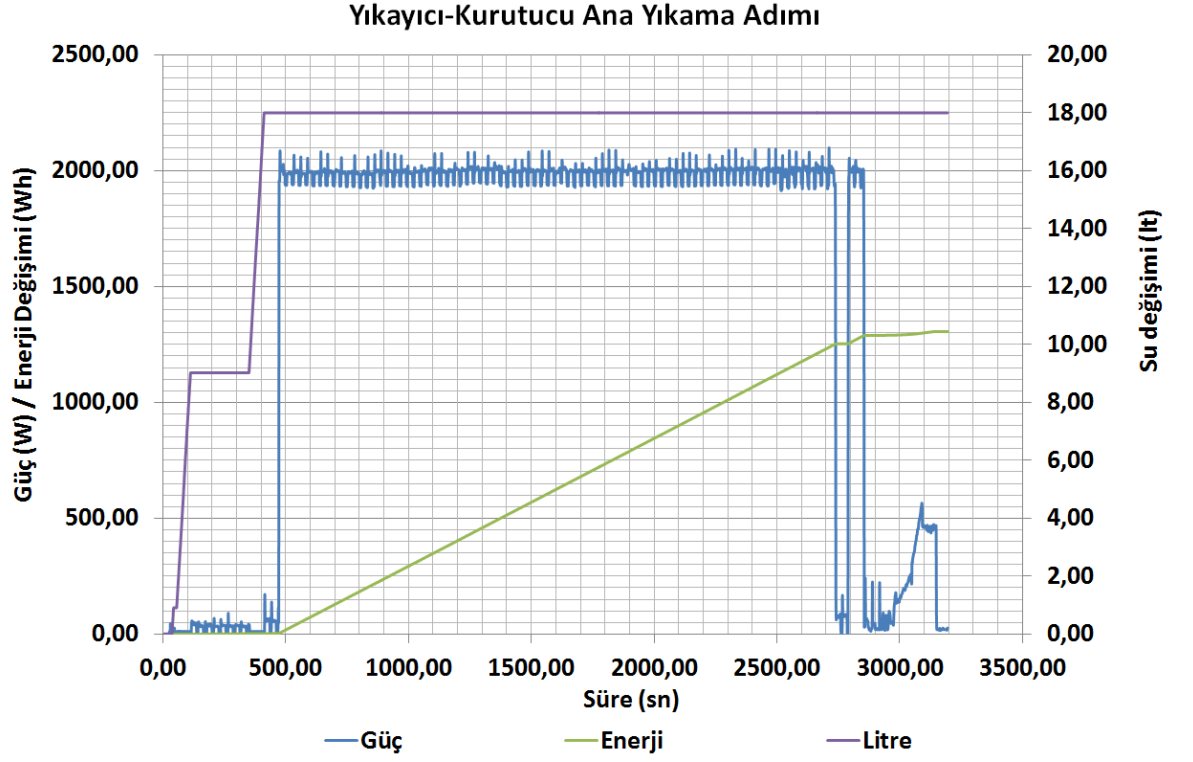
- Soğuk yıkama adımının 7 dk.,
- Isıtma ve yıkama adımının 40 dk.,
- Köpük sönümlleme adımının 6 dk.,
- Ana yıkama sonu sıkmanın 7 dk.,
- Durulama adımlarının 17 dk.,
- Son sıkma adımının 9 dk olduğu görülmüştür.

Makinenin su alma algoritmasına bakıldığında,

- Ana yıkama için su alma adımında 18,6 lt,
- Köpük sönümlleme adımında 3 lt,
- Durulama adımında 18,9 lt
- 2. durulama adımında 19,2 lt su tükettiği ölçülmüştür [19].

Bu tez çalışması kapsamında yıkayıcı kurutucuların ana yıkama adımındaki ısıtma safhası ile ilgilenildiğinden ana yıkama sonrası durulamalar ve sıkma adımlarında enerji tüketimi göz ardı edilmiştir. Düzenlenen algoritma doğrultusunda ısıtma adım süresi haricinde herhangi bir değişiklik yapılması öngörülmemiştir. Yapılan çalışmadaki temel motivasyon ısıtma süresini azaltmak olduğundan ısıtma süresinin değişken olması amaçlanmıştır. Ayrıca aşırı miktarda köpük olması durumuna karşı mevcut algorithmda bulunan köpük sönümlleme adımı da göz ardı edilmiştir.

Bahsi geçen bu değişiklikleri içeren yeni yıkama algoritması Şekil 3.12’de belirtilmiştir.



Şekil 3.12 Ev tipi yıkayıcı-kurutucularda 6 kg yük için ana yıkama adımı algoritması.

4. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Ev tipi yıkayıcı-kurutucu makinelerin ısıtma adımının termodinamik incelemesi için bir deney düzeneği kurulmuştur. Bu çalışmalarda öncelikle mevcut ısıtıcıyla yapılan çalışmalar neticesinde ısıtma adımı sonundaki sıcaklık belirlenmiştir. Daha sonra mevcut ısıtıcı düzenden çıkarılarak buhar jeneratörüyle aynı koşullar altında incelemeler yapılmıştır. Son ısıtma yöntemi olarak flowthrough ısıtıcıyla yapılan ısıtma yöntemi makineye uygulanmıştır. Flowthrough ısıtıcıyla yapılan çalışmaların ilk kısmında mevcut ile aynı miktarda (18 lt) ana yıkama suyu kullanılmıştır. Sonraki çalışmalarda ise su miktarı 3 litre azaltılarak çalışmalara devam edilmiştir. Çalışmaların son kısmında ise algoritma değiştirilerek ısıtma süresi kısaltılmış ve mevcut ısıtma adımının sonundaki sıcaklığa ulaştığında ısıtıcı kapatılmıştır. Bütün bu çalışmaların termodinamik analizleri ve yıkama performansı ölçümleri yapılarak değerlendirilmiştir.

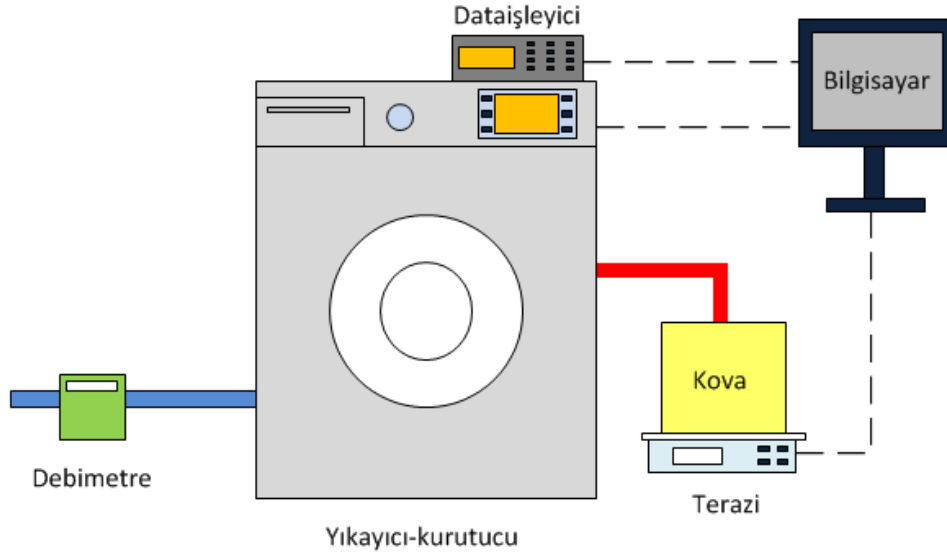
4.1 Deney Düzeneği Tasarımı

Deney düzeneği üzerindeki yıkama ve kurutma komponentlerine toplam 36 adet ısı çifti yerleştirilmiştir. Bu ısı çiftlerinin konumları Ek A'da belirtilmiştir.

Deney düzeneğinde;

- 1 adet ev tipi yıkayıcı-kurutucu makine
- 1 adet data işleyici
- 1 adet debimetre
- 1 adet bilgisayar
- 36 adet ısı çifti
- 6 kg standart yük
- EMPA 323 leke şeritleri
- 1 adet terazi
- 1 adet kova (su toplamak için) kullanılmıştır.

Çalışılması düşünülen deney düzeneği Şekil 4.1’de verilmiştir. Bu düzeneğe göre, debimetre şebekeden alınan su miktarını saymaktadır. Data işleyici makine üzerinde bulunan ısıl çiftlerden alınan sonuçları değerlendirmektedir. Terazi ise ana yıkama sonu sıkmadan sonra makineden çıkan su miktarını ölçmektedir. Sonuçlar bilgisayar üzerinde bulunan veri toplama sistemine (VTS) aktarılmaktadır. Isıl çiftlerden alınan değerler ise Agilent VEE programı yardımıyla toplanmaktadır.



Şekil 4.1 Üzerinde çalışılan deney düzeneğinin şematik gösterimi.

Düzenek hazırlanırken öncelikle makine parçalarına ayrılarak komponentlerin ağırlıkları hassas terazide ayrı ayrı ölçülmüştür. Ayrıca termodinamik analizin yapılabilmesi için gerekli olan özgül ısı değerleri de bulunmuştur. Isı sığası en yüksek olan komponentler ve su Çizelge 4.1’ de verilmiştir. Komponentlerin ayrıntılı ısı sığası değerleri ise EK B’de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Ev tipi yıkayıcı-kurutucularda ısı sığası en yüksek olan komponentler.[20]

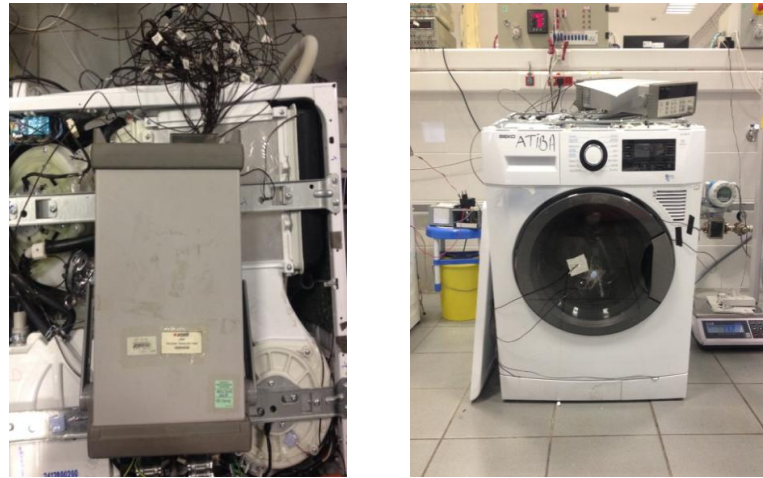
Komponentler	Kütle (kg)	Özgül ısı (kJ/kg.K)	Isı sığası (kJ/K)
Su	18	4.18	75.2
Kazan	10	1.7	17.0
Alt Denge	16.65	0.75	12.5
Yük	6	1.3	7.8
Üst Denge	9.575	0.75	7.2
Üst Tabla	3.266	1.3	4.2
Ana Kart ve Kablo Ağacı	2.245	1.7	3.8
Tambur	7.046	0.51	3.6

Daha sonra sıcaklık ölçülecek noktalara ısıl çiftler takılarak montaj işlemi yapılmıştır. Makinenin üzerine ısıl çiftler konulmadan önceki üstten görünüşü ve önden görünüşü Şekil 4.2’ de gösterilmiştir.



Şekil 4.2 Yıkayıcı-kurutucu makinenin üzerine ısıl çiftler eklenmeden önce üstten ve önden görünüşü.

Isıl çiftler sayesinde komponentlerin sıcaklık değişimlerinin incelenmesi ve hangi komponentin ne kadar enerji depoladığının belirlenmesi amaçlanmaktadır. Kurutma sistemi yıkama safhasında etkin rol oynamamaktadır. Fakat enerji depolama işlemini bu komponentler de gerçekleştireceği için kurutma komponentlerine de ısıl çiftler takılması öngörülmüştür. Yıkayıcı-kurutucu makineye belirlenmiş olan ısıl çiftler takılarak son haline kavuştuğu durumdaki üstten görünüşü ve önden görünüşü Şekil 4.3’ te gösterilmiştir.



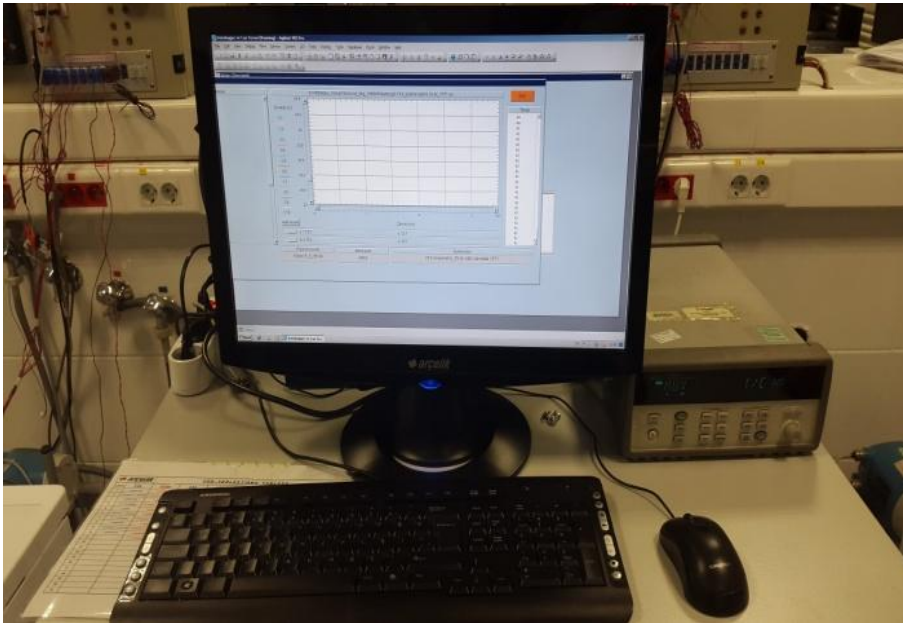
Şekil 4.3 Yıkayıcı-kurutucu makinenin üzerine ısıl çiftler konulduktan sonra üstten ve önden görünüşü.

Makineye gerekli olan gücün sağlandığı, verilen enerjinin ve gücün ölçüldüğü güç analizörü Şekil 4.4’ te gösterilmektedir.



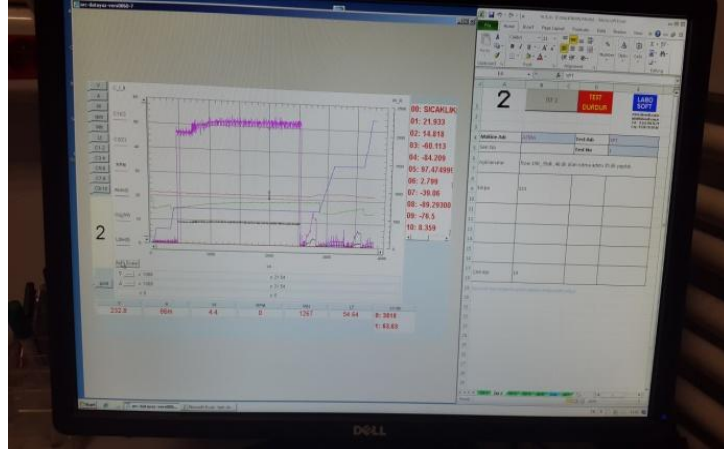
Şekil 4.4 Deney düzeneğinde kullanılan güç analizörü.

Makinenin sıcaklık ölçümlerinin ve ana yıkama sonunda tahliye edilen su miktarı verilerinin işlendiği data işleyici (sağda), kullanılan bilgisayar ve Agilent VEE programının arayüzü Şekil 4.5’ te gösterilmiştir.



Şekil 4.5 Deney düzeneğinde kullanılan bilgisayar ve Agilent VEE programının arayüzü.

Güç analizöründen aldığı verileri, makinenin aldığı su miktarını, suyun sıcaklık değişimini zamana bağlı olarak analiz eden VTS Şekil 4.6’da gösterilmiştir.



Şekil 4.6 Deney düzeneğinde kullanılan VTS.

Ana yıkama sonunda makineden çıkan su miktarını ölçmek için kullanılan hassas tezi Şekil 4.7’ de görmektedir.



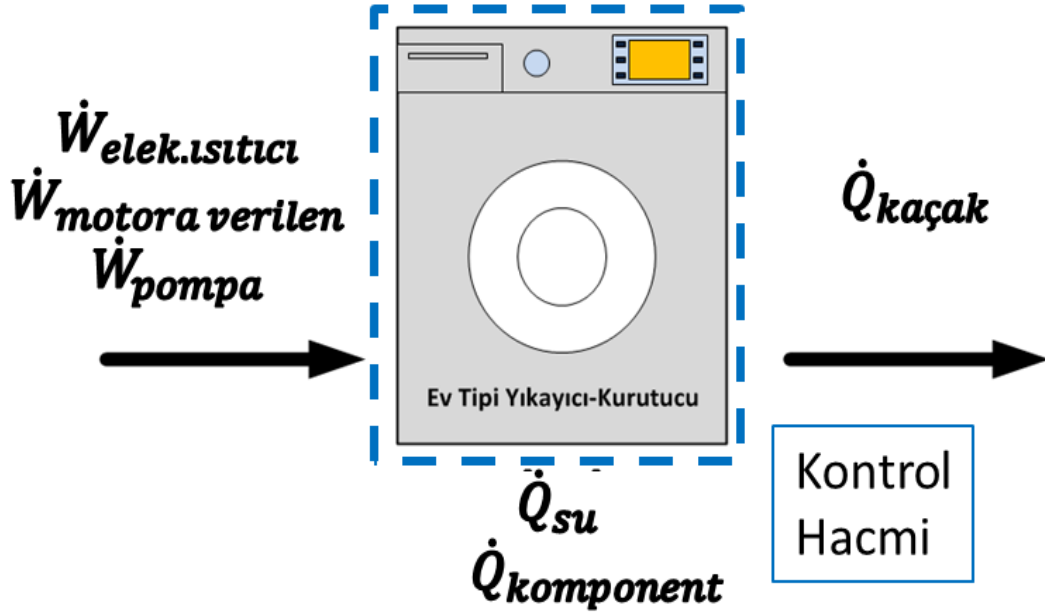
Şekil 4.7 Deney düzeneğinde kullanılan hassas terazi.

4.2 Isıtma Yöntemleri Deneysel Çalışmalar

Ev tipi yıkayıcı-kurutucuların büyük çoğunluğunun su ısıtma adımlarında daldırma tipi su ısıtıcısı kullanılmaktadır. Yapılan deneysel çalışmaların amacı ısıtma adımında aynı ısıtma gücünü kullanarak suyun daha hızlı ısıtılmasıdır. Bundan dolayı mevcut ısıtıcıya alternatif olabilecek ısıtıcı tiplerinin analizleri yapılmıştır.

Isıtma adımında yapılan analizler Şekil 4.8’de seçilen kontrol hacmi ile termodinamiğin 1. yasası uyarınca gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizlerde verilen

enerjinin suyun ve makine komponentlerinin sıcaklığını arttırıldığı öngörülerek çalışmalar yapılmıştır [21].



Şekil 4.8 Teorik çalışmalarda seçilen kontrol hacmi.

Isıtma adımında suya verilen enerji:

$$Q_{su} = m_{su} \cdot (c_{p_{su}}) \cdot (T_{su2} - T_{su1}) \quad (1)$$

Q_{su} = Isıtma adımında suya verilen enerji miktarı (kJ)

m_{su} = Ana yıkama su miktarı (kg)

$c_{p_{su}}$ = Suyun özgül ısısı (kJ/kg °K)

T_{su2} = Isıtma sonundaki su sıcaklığı (°C)

T_{su1} = Isıtma başındaki su sıcaklığı (°C)

Isıtma adımında her bir komponente verilen enerji:

$$Q_{komponent} = m_{komponent} \cdot (c_{p_{komponent}}) \cdot (T_{komponent2} - T_{komponent1}) \quad (2)$$

$Q_{komponent}$ = Isıtma adımında ilgili komponente verilen enerji miktarı (kJ)

$m_{komponent}$ = İlgili komponentin kütlesi (kg)

$c_{p_{komponent}}$ = İlgili komponentin özgül ısısı (kJ/kg °K)

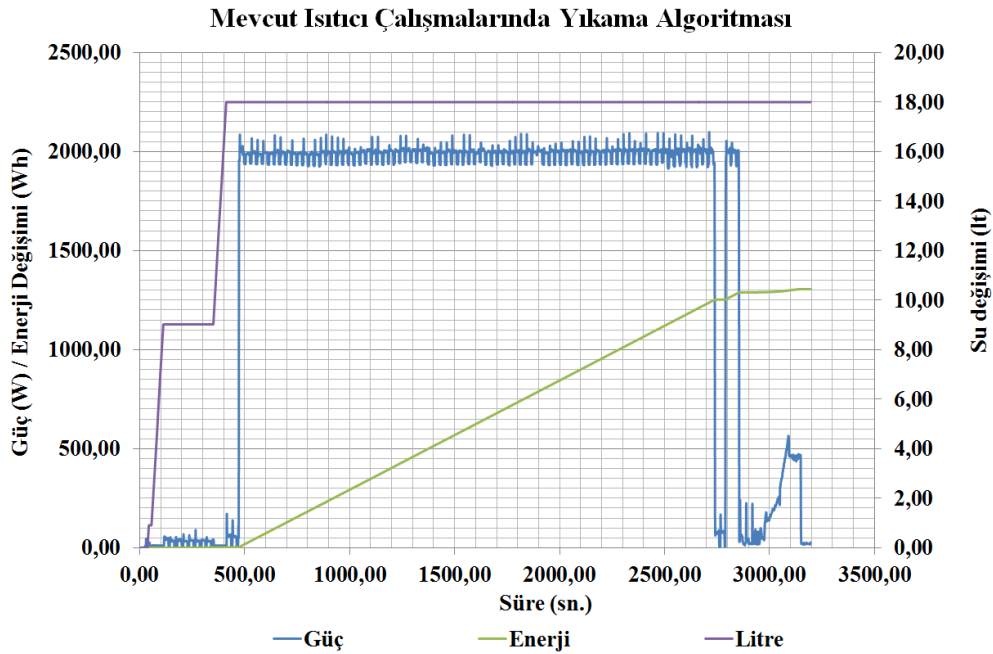
$T_{komponent2}$ = Isıtma sonunda ilgili komponentin sıcaklığı (°C)

$T_{komponent1}$ = Isıtma başında ilgili komponentin sıcaklığı (°C)

4.2.1 Mevcut Isıtıcı ile Yapılan Çalışmalar

Yapılan deneysel çalışmaların ilk adımı olarak ısıtma adımı boyunca makine üzerinde bulunan 1950 W su ısıtıcısı kullanılmıştır. Ana yıkama suyu 18 lt olarak belirlenmiştir. Ana yıkama suyu mevcut ısıtıcılı sistemde 18 lt'nin altına indirilememektedir. Çünkü bu tip ısıtıcıların tamamının su içerisinde kalması gerekmektedir. Kazanın alt kısmında yaklaşık 3 lt'lik bir su hacmi ısıtıcının güvenli bir şekilde çalışması için bekletilmek zorundadır. Bu durum hem bu suyun her yıkamada israf edilerek fazla su tüketimine hem de bu suyu gereksiz yere ısıtarak gereksiz yere süre ve enerji kaybına yol açmaktadır. Şekil 4.9' da mevcut ısıtıcıyla yapılan yıkamanın algoritması görülmektedir.

Makine alınan 18 lt suyu 7 dakika boyunca soğuk yıkama yapmaktadır. Daha sonra ısıtıcı açılarak 40 dakika boyunca su ısıtıcısının çalışması sağlanmıştır. Bu adım boyunca sıcaklık yaklaşık olarak 55,7 °C' ye ulaşmaktadır. Isıtıcı kapatıldığı anda sıkma adımına geçmeden önce sıcaklık değerleri kaydedilerek yapılacak olan termodinamik incelemede bu veriler kullanılmıştır.

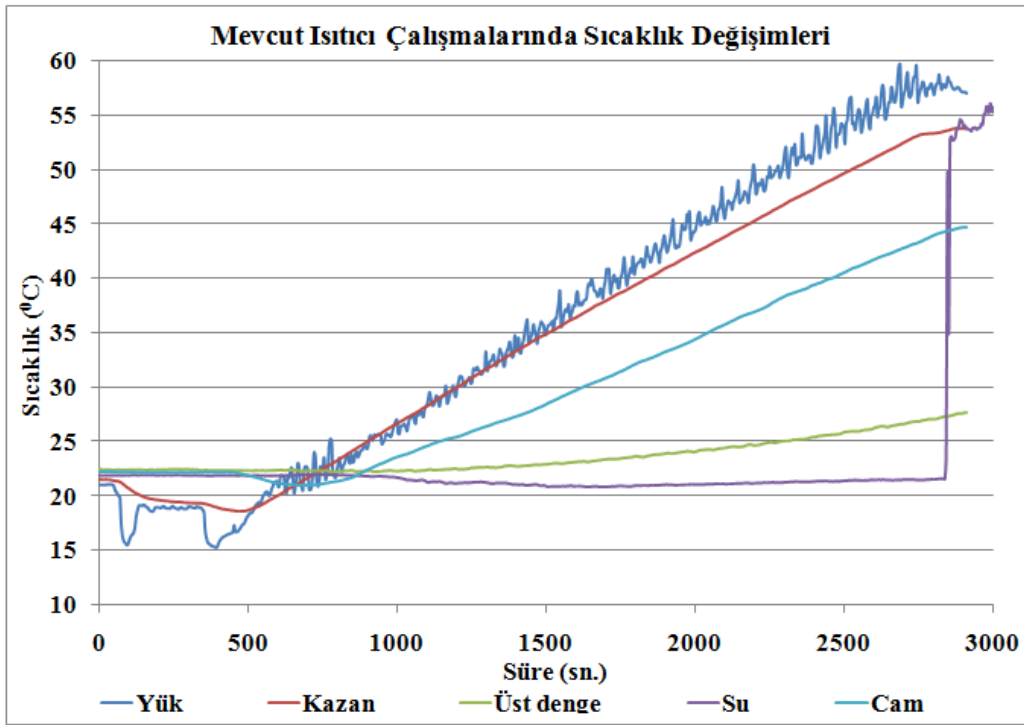


Şekil 4.9 Mevcut ısıtıcının kullanıldığı çalışmalarda yıkama algoritması.

Ana yıkama adımının son kısmında ise 7 dakikalık ana yıkama sonu sıkma bulunmaktadır. Bu adımda tambur maksimum 1000 dev/dak' ya ulaşarak tekstil üzerindeki suyun çıkarılmasını sağlamaktadır. Ana yıkama sonu sıkmasının ardından

durulama safhasına geçmeden makine durdurularak tahliye edilen su miktarı ve sıcaklığı ölçülmektedir.

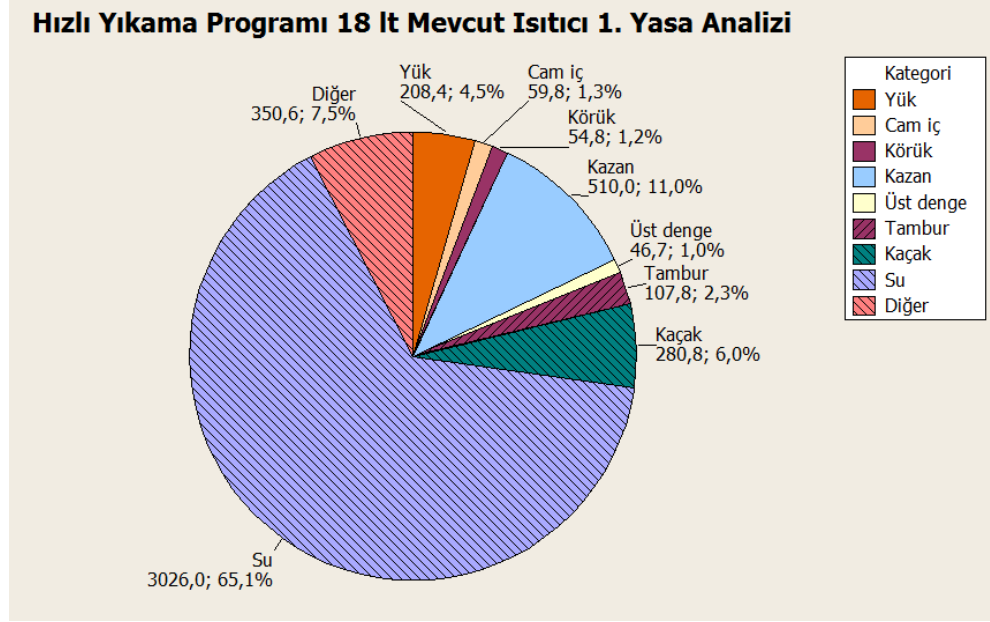
Şekil 4.10' da verilen mevcut ısıtıcıyla yapılan ısıtma sonunda verilen ısıyı üzerine en fazla çeken komponentler ve su görülmektedir. Makine içerisinde sürekli bir su sirkülasyonu olmasından dolayı yükün sıcaklığı sürekli olarak saçınımlar yaparak yükselmektedir. Üst denge parçasının kütlesi fazla olduğundan sıcaklığı kazan ve cama nazaran daha yavaş yükselmektedir. Burada su için izlenen yöntem ise tahliye sonundaki su sıcaklığının ölçülmesi şeklinde olmuştur. Çünkü ısıtma yöntemlerinin karşılaştırmasının ancak bu şekilde mümkün olacağı öngörülmüştür. Aksi halde alternatif ısıtma yöntemleriyle homojen bir ısıtma olmaması durumunda ölçülecek sıcaklıklar bizi yanıltacaktır. Su sıcaklığının ani bir şekilde yükselmesinin sebebi tahliye suyunun kovaya dolmaya başladığını göstermektedir. Mevcut ısıtıcıyla yapılan ısıtma sonunda yük $56,9^{\circ}\text{C}$, kazan $53,7^{\circ}\text{C}$, üst denge $27,6^{\circ}\text{C}$, cam $44,7^{\circ}\text{C}$ ve su $55,7^{\circ}\text{C}$ olarak ölçülmüştür.



Şekil 4.10 Mevcut ısıtıcıyla yapılan ısıtma sonunda suyun ve ısıyı üzerine en fazla çeken komponentlerin sıcaklık değişimleri.

Şekil 4.11' de mevcut su ısıtıcısı kullanılarak yapılan deneysel çalışmaların 1. yasa analizi sonucunda komponentlerde depolanan enerjiler gösterilmiştir. Buna göre ısıtıcının verdiği enerjinin %65.1' lik kısmı (3026 kJ) suyun ısıtılması için

kullanılmaktadır. Verilen enerjinin %11'lik kısmı (510 kJ) ise kazanda depolanmaktadır. Sistemde meydana gelen kaçaklar ise %6' dır (280,8 kJ).



Şekil 4.11 Mevcut su ısıtıcısı kullanılarak elde edilen 1. yasa analizi.

4.2.2 Buhar Jeneratörleriyle Yapılan Çalışmalar

Çalışmanın ikinci bölümünde buhar jeneratörleri yardımıyla buhar üreten bir prototip tasarlanmış ve üretilmiştir. Şekil 4.12' de bahsi geçen buhar deney düzeneği görülmektedir.



Şekil 4.12 Kullanılan buhar jeneratörlerinin üstten görünümü.

1950 W gücündeki bu prototip, deney düzeneği üzerindeki mevcut su ısıtıcısı iptal edilerek yıkayıcı-kurutucu makineye bağlanmıştır. Şekil 4.13’ de buhar deney düzeneğinin makineye adapte edilmiş hali görülmektedir. Isıtma adımıyla mevcut su ısıtıcısının yerine makine içerisine buhar verilmesi öngörülmüştür.

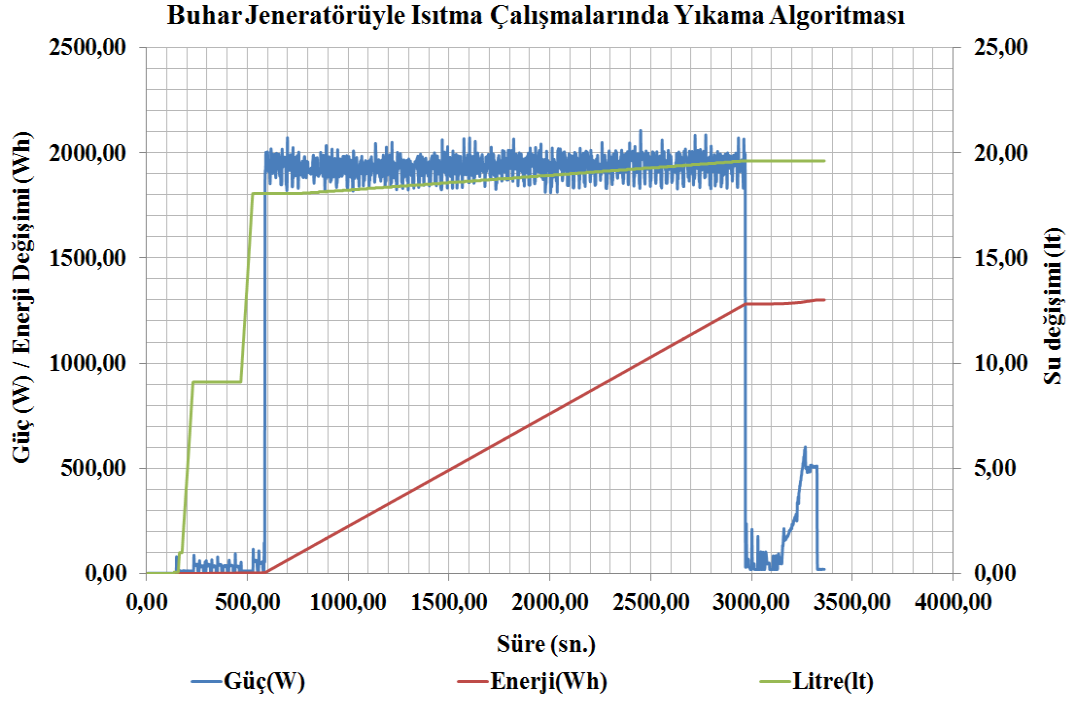


Şekil 4.13 Buhar jeneratörleri kullanılarak hazırlanan deney düzeneği.

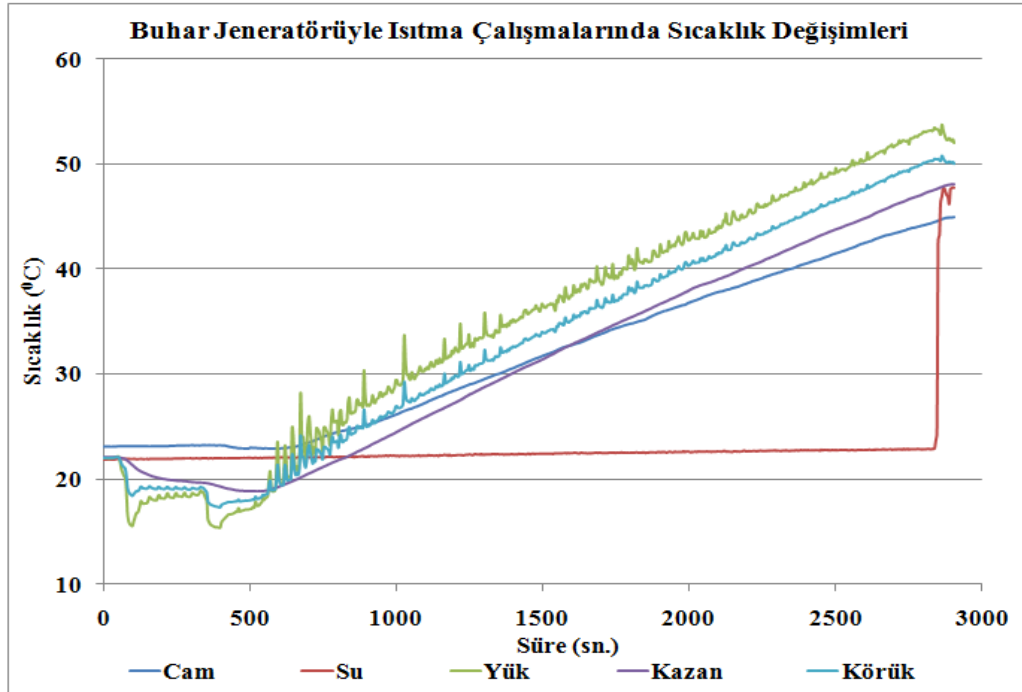
Ana yıkama suyu direnç tipli su ısıtıcısı deneylerindeki gibi 18 lt olarak belirlenmiştir. Buhar jeneratörleri ısıtma adımıyla 40 dakika boyunca su ısıtmaya çalışılmıştır. Termodinamik inceleme için buhar jeneratörü devreden çıktığı anda su sıcaklığı ölçülerek bu değer termodinamik analizde kullanılmıştır. Isıtma adımı sonunda sıcaklık $47,7^{\circ}\text{C}$ olarak ölçülmüştür. Sıcaklığın bu kadar düşük olmasının sebebi buhar deney düzeneğindeki kayıplardan dolayı su sıcaklığı istenilen seviyeye ulaşamamış olmasıdır. Şekil 4.14’ te buhar jeneratörüyle yapılan yıkamanın algoritması görülmektedir.

Şekil 4.15’ de verilen buhar jeneratörüyle yapılan ısıtma sonunda verilen ısıyı üzerine en fazla çeken komponentler ve su görülmektedir. Buhar jeneratörüyle iç kısma verilen buhar körük kısmından bir nozul yardımıyla makineye verildiğinden dolayı körük sıcaklığı mevcut ısıtıcıyla yapılan ısıtmaya göre daha fazla artmıştır. Buhar jeneratörüyle yapılan ısıtma sonunda yük $44,9^{\circ}\text{C}$, kazan $48,1^{\circ}\text{C}$, körük $50,1^{\circ}\text{C}$, cam $44,9^{\circ}\text{C}$ ve su $47,7^{\circ}\text{C}$ olarak ölçülmüştür. Bu sıcaklıklardan da anlaşılacağı

üzere buharla yapılan ısıtmada sıcaklıklar istenilen seviyelere ulaşamamıştır. Bunun da en büyük sebebi buhar deney düzeneğinde meydana gelen kayıplardır. Ayrıca düzenek çok büyük olduğundan makineye yerleşimi de mümkün olmamaktadır.

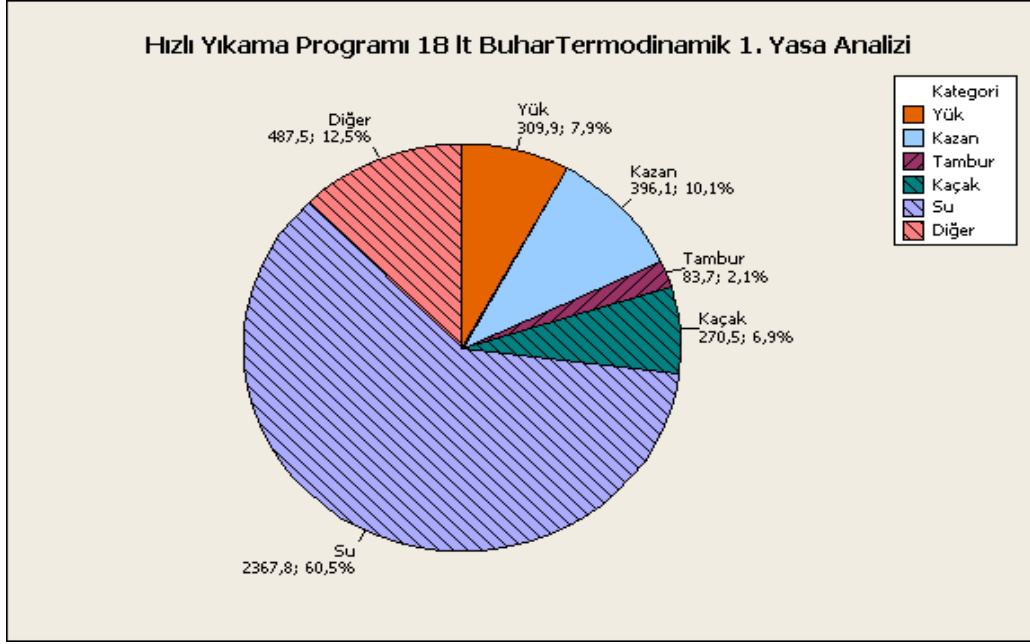


Şekil 4.14 Buhar jeneratörünün kullanıldığı çalışmalarda yıkama algoritması.



Şekil 4.15 Buhar jeneratörleriyle yapılan ısıtma sonunda suyun ve ısıyı üzerine en fazla çeken komponentlerin sıcaklık değişimleri.

Buhar jeneratörü kullanılarak yapılan deneysel çalışmalarda buhar jeneratörünün verdiği enerjinin %60,5' lik kısmı (2367,8 kJ) suyun ısıtılmasında kullanılmaktadır. Verilen enerjinin %10,1' lik kısmı (396,1 kJ) ise kazan tarafından depolanmaktadır. Yükün ısıtılması için verilen enerji ise %7,9'luk bir orana sahiptir (309,9 kJ). Sistemde meydana gelen kaçaklar ise %6,9' dur (270,5 kJ). Şekil 4.16' da buhar jeneratörü kullanılarak elde edilen 1. yasa analizi belirtilmiştir.



Şekil 4.16 Buhar jeneratörü kullanılarak elde edilen 1. yasa analizi.

4.2.3 Flowthrough Isıtıcı ile Yapılan Çalışmalar

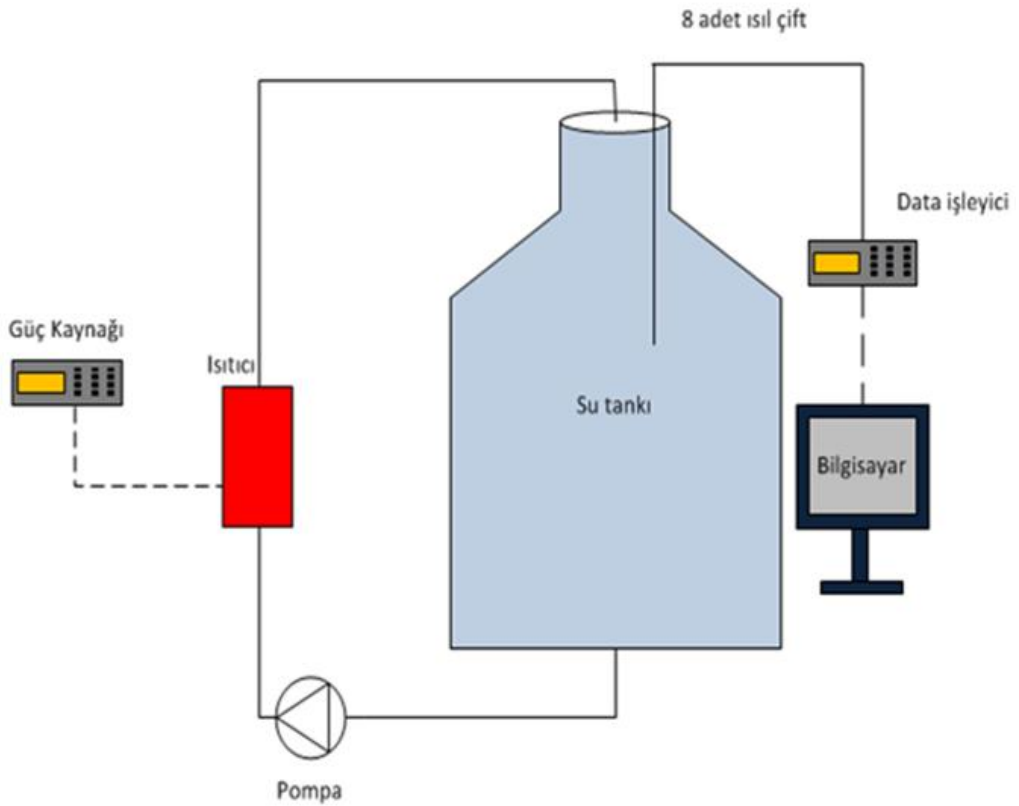
Bu tez çalışması kapsamında flowthrough ısıtıcı ile yapılan deneyler iki kısımda incelemiştir. Bu incelemelerde temel amaç suyun daha hızlı ısıtılmasıdır. İlk bölüm, su miktarının 18 lt olduğu deneylerdir. İkinci bölümde ise, su miktarı 15 lt' ye indirilmiştir. Mevcut su ısıtıcısından farklı olarak su miktarının indirilmesi flowthrough ile ısıtmada mümkündür. Çünkü mevcut ısıtıcılarda, ısıtıcı güvenliğinden dolayı ısıtıcının tamamının su içerisinde kalması gerekmektedir. Bu da yaklaşık 3 lt' lik bir suyun yalnızca ısıtıcı güvenliği için gereksiz yere ısıtılması anlamına gelmektedir. Flowthrough ısıtmada ise böyle bir durum söz konusu değildir. Böylelikle 3 lt suyun gereksiz yere ısıtılması engellenmiştir.

Flowthrough ısıtma için endüstriyel tipteki 2 adet flowthrough ile 1 adet prototip flowthrough ısıtıcının verimlilikleri incelenmiştir. Bu incelemenin amacı ısıtıcı verimi en yüksek olan flowthrough ısıtıcı ile deneylere devam edilmesidir.

Flowthrough ısıtıcıların verimliliklerinin karşılaştırılması için bir deney düzeneği tasarlanmıştır. Bu deney düzeneği için, 1 adet damacananın alt kısmı kesilmiş ve damacananın içerisine konulacak suyun sirkülasyonunu sağlamak için bir pompa konulmuştur. Bu pompa vasıtasıyla su ısıtıcıların içerisinden geçerken ısıtılmakta ve damacananın üst kısmındaki açıklıktan tekrar damacanaya verilmektedir. Damacananın yalıtımını sağlamak için dış kısmına keçe sarılmıştır. En dış kısım ise alüminyum bant ile sarılmıştır.

Flowthrough ısıtıcıların verimlilik analizlerinin yapıldığı deney düzeneğinin şematik gösterimi Şekil 4.17’ de, deney düzeneği ise Şekil 4.18’de belirtilmiştir..

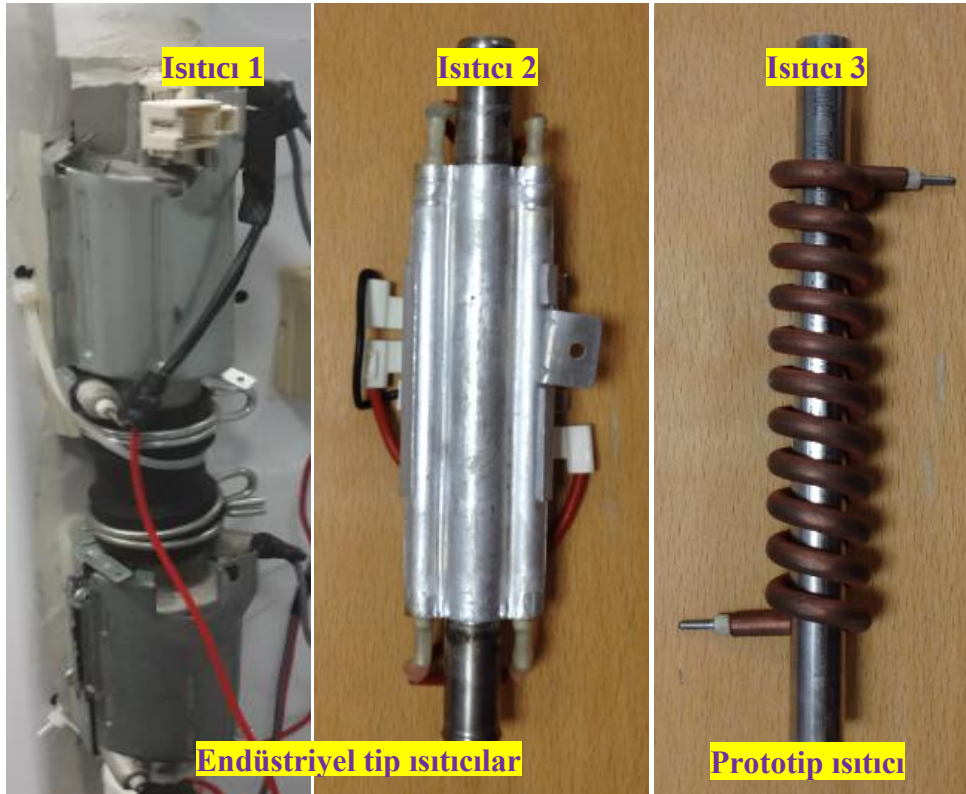
Bu deney düzeneğine konulan 4 kg su kapalı bir çevrimle sirküle edilirken sıcaklığının 25 ⁰C’ den 55 ⁰C’ ye çıkarılması için elektrik hattından çekilmesi gereken güç ölçülmüştür. Yapılan deneyler her bir ısıtıcı için 3’er defa tekrarlanmış ve ortalama sonuçlar alınarak 1. yasaya göre verim hesabı yapılmıştır. Sistemde kayıpların en aza indirgenebilmesi için sistemin dış kısmı keçe ile sarılmış ve alüminyum bant ile kapatılmıştır.



Şekil 4.17 Flowthrough ısıtıcıların verimlilik analizlerinin yapıldığı deney düzeneğinin şematik gösterimi.



Şekil 4.18 Flowthrough ısıtıcıların verimlilik analizlerinin yapıldığı deney düzeneği.
1. yasa verim hesabı yapılarak ısıtıcıların verimleri belirlenmiştir. Verimlilik analizleri yapılan ısıtıcılar Şekil 4.19’ da gösterilmiştir.



Şekil 4.19 Deneysel çalışmalarda verimlilik analizlerinin yapıldığı flowthrough ısıtıcılar.

1.yasa verimi:

$$\eta = \frac{Q_{su}}{Q_{elektrik}} = \frac{m.c_{su}.\Delta T}{V.I} \quad (3)$$

Isıtıcılar için Q_{su} değeri sabit olacaktır. Çünkü denklemde ısıtıcı tipine balı bir değışken yoktur. Şebekeden çekilen güç ($Q_{elektrik}$) değeri ise ısıtıcılarda değışkenlik gösterecektir.

$$Q_{su} = m.c_{su}.\Delta T = 4.(4,18).(55 - 25)$$

$$Q_{su} = 501,6 \text{ kJ}$$

Yapılan deneylerde her bir ısıtıcı için $Q_{elektrik}$ değeri alınıldığında;

1.ısıtıcı için :

$$Q_{elektrik1} = 591,5 \text{ kJ}$$

2.ısıtıcı için :

$$Q_{elektrik2} = 630,9 \text{ kJ}$$

3.ısıtıcı için :

$$Q_{elektrik3} = 1441,4 \text{ kJ}$$

olarak belirlenmiştir.

Isıtıcıların verimleri ise;

1.ısıtıcı için :

$$\eta_1 = \%84,8$$

2.ısıtıcı için :

$$\eta_2 = \%79,5$$

3.ısıtıcı için :

$$\eta_3 = \%34,8$$

Bu verim değeri ışıında verimi %84,8 olarak belirlenen 1. ısıtıcının deneylerde kullanılması mantıklı gibi gözükse de bu ısıtıcının geniş hacminden dolayı makine içersine yerleşiminin çok zor olacağı anlaşılmıştır. Bundan dolayı yapılacak çalışmalarda verimi %79,5 olan 2. Isıtıcının kullanımına karar verilmiştir.

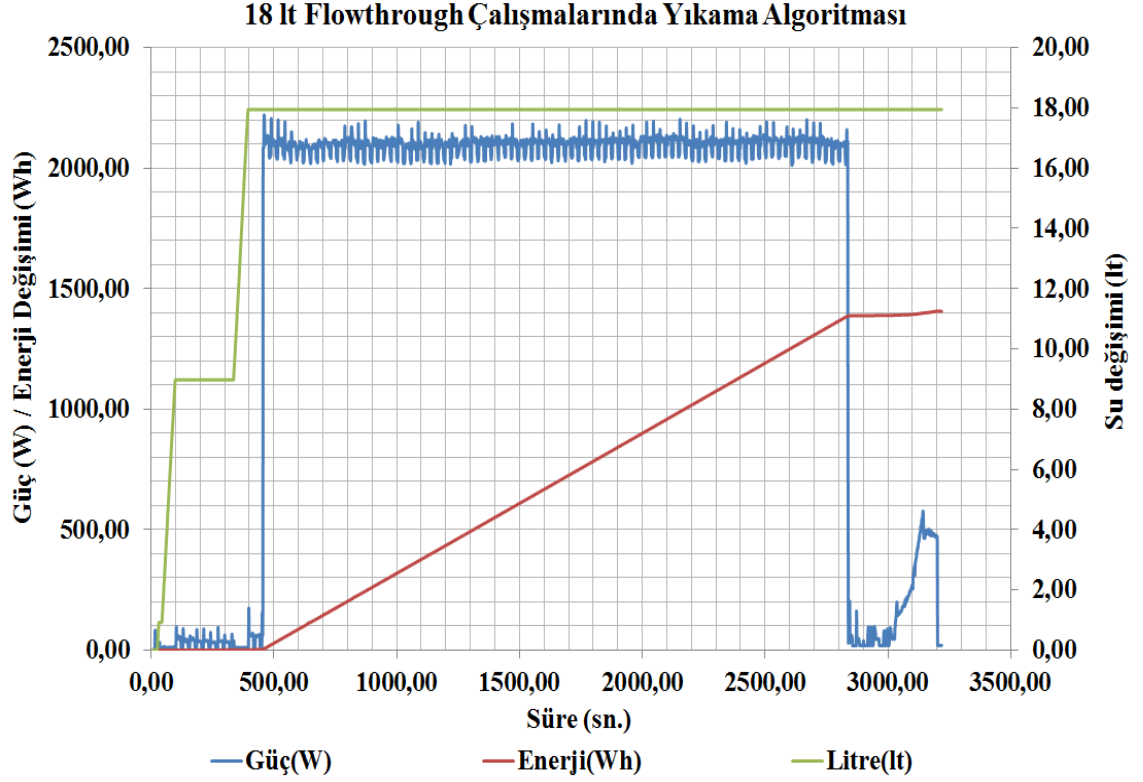
Flowthrough ısıtıcı ile hazırlanan deney düzeneği Şekil 4.20’de gösterilmiştir.



Şekil 4.20 Flowthrough ısıtıcı kullanılarak hazırlanan deney düzeneği.

4.2.3.1 18 lt Deneyleri

Flowthrough ile yapılan ilk çalışmalarda ısıtma adımı boyunca makine üzerinde bulunan 1950 W flowthrough ısıtıcı kullanılmıştır. Ana yıkama suyu 18 lt olarak ayarlanmıştır. Makine öncelikle bu suyu alarak 7 dakika boyunca soğuk yıkama yapmaktadır. Daha sonra jet hattı ve üzerindeki flowthrough ısıtıcı açılarak 40 dakika boyunca su ısıtıcısının çalışması sağlanmıştır. Bu adım boyunca sıcaklık yaklaşık olarak 58,9 °C’ ye ulaşmaktadır. Ana yıkama adımının son kısmı 7 dakikalık ana yıkama sonu sıkmadır. Bu adımda tambur maksimum 1000 rpm’ e ulaşmaktadır. Şekil 4.21’ de flowthrough ısıtıcı ile yapılan 18 lt ana yıkama suyuna sahip çalışmanın yıkama algoritması görülmektedir.

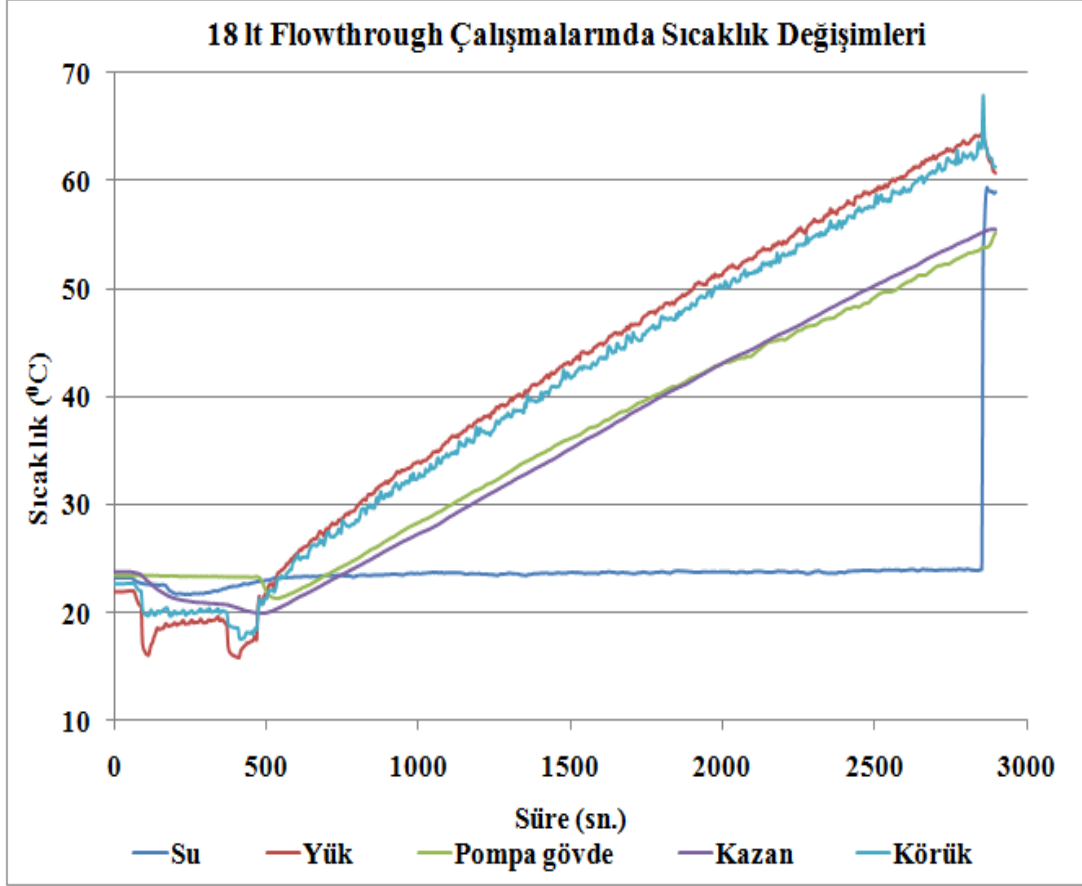


Şekil 4.21 Ana yıkama suyunun 18 lt olduğu flowthrough ısıtıcının kullanıldığı yıkama algoritması.

18 lt ana yıkama suyuyla yapılan deneyler sonucunda suyun flowthrough ısıtma ile daha hızlı ısıtılabilceği belirlenmiştir. Bunun yanında su miktarı azaltıldığı takdirde bu ısıtma hızının daha da arttırılacağı öngörülmektedir. Böylelikle ısıtma süresinin kısaltılmasının yolu açılmış olacaktır. Bu da kullanıcılara hem zaman hem su hem de enerji tasarrufu sağlayacaktır.

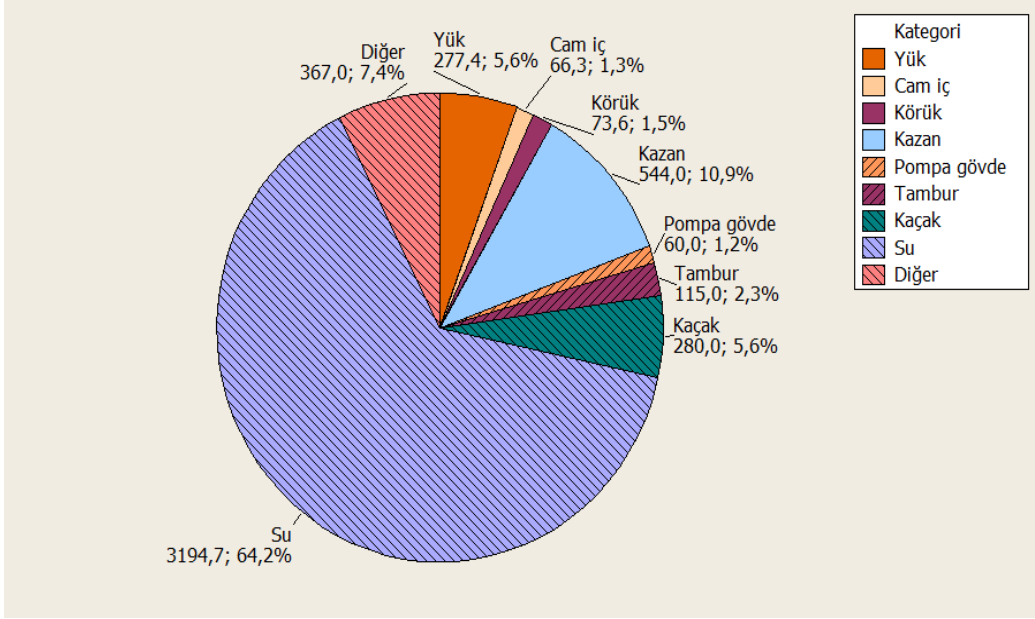
Şekil 4.22’ de verilen flowthrough ısıtıcıyla yapılan ana yıkama suyunun 18lt olduğu ısıtma sonunda verilen ısıyı üzerine en fazla çeken komponentler ve su görülmektedir. Bu şartlar altında yapılan ısıtma sonunda yük 60.7°C , kazan $55,5^{\circ}\text{C}$, körük $61,2^{\circ}\text{C}$, sirkülasyon pompasının gövdesi $55,1^{\circ}\text{C}$ ve su $58,9^{\circ}\text{C}$ olarak ölçülmüştür. Bu ölçümlerden hareketle sirkülasyon pompa gövdesinin sıcaklığının bu ısıtma yönteminde daha fazla ısındığı belirlenmiştir. Bu beklenen bir sonuçtur. Çünkü ısıtıcı sirkülasyon hattına bağlıdır. Buna bağlı olarak da bu pompanın diğer yöntemlere göre sıcaklığının daha fazla artması beklenmekteydi. Asıl dikkat edilmesi gereken nokta ise, su sıcaklığının mevcut ısıtıcıdan yüksek çıkmasıdır. Bu yöntem mevcut ısıtıcıya oranla su sıcaklığını artırmak için daha verimli bir yöntem olarak görülmektedir. Ayrıca ısıtıcı güvenliği konusu mevcut ısıtıcı gibi sorun teşkil etmediğinden su miktarı 3 lt azaltılabilecektir. Bunun sonucunda da sıcaklık artışı

daha dik bir eğimle artacaktır. Ayrıca su miktarının azaltılmasına bağlı olarak deterjan konsantrasyonu artacaktır. Bunun sonucunda da yıkama performansının iyileşmesi beklenmektedir.



Şekil 4.22 Ana yıkama suyunun 18 lt olduğu flowthrough ısıtıcı ile yapılan ısıtma sonunda suyun ve ısıyı üzerine en fazla çeken komponentlerin sıcaklık değişimleri. Flowthrough ısıtıcı kullanılarak yapılan analizler ise ana yıkama suyunun miktarına göre farklılık göstermektedir. 18 lt'lik ana yıkama suyu kullanılarak yapılan çalışmalarda kullanılarak yapılan deneysel çalışmalarda ısıtıcının verdiği enerjinin %64,1' lik kısmı (3194,7 kJ) su tarafından depolanmaktadır. Verilen enerjinin %10,9'lik kısmı (544 kJ) ise kazanda depolanmaktadır. Sistemde meydana gelen kaçaklar ise %5,6' dır (280 kJ). Dikkat edilmesi gereken bir nokta ise pompa gövdesinin direnç tipi ısıtıcıdaki etkisine nazaran flowthrough ısıtma yönteminde etkisi daha fazla olmaktadır. Bunun sebebi ise flowthrough ısıtıcının sirkülasyon hattı üzerinde konumlanmış olmasıdır. Şekil 4.23'de ana yıkama suyunun 18lt olduğu flowthrough ısıtma yönteminin 1. yasa analizi gösterilmiştir.

Hızlı Yıkama Programı 18 lt Flowthrough Termodinamik 1. Yasa Analizi



Şekil 4.23 Ana yıkama suyunun 18 lt olduğu flowthrough ısıtıcı kullanılarak elde edilen 1. yasa analizi.

4.2.3.2 15 lt Deneyleri

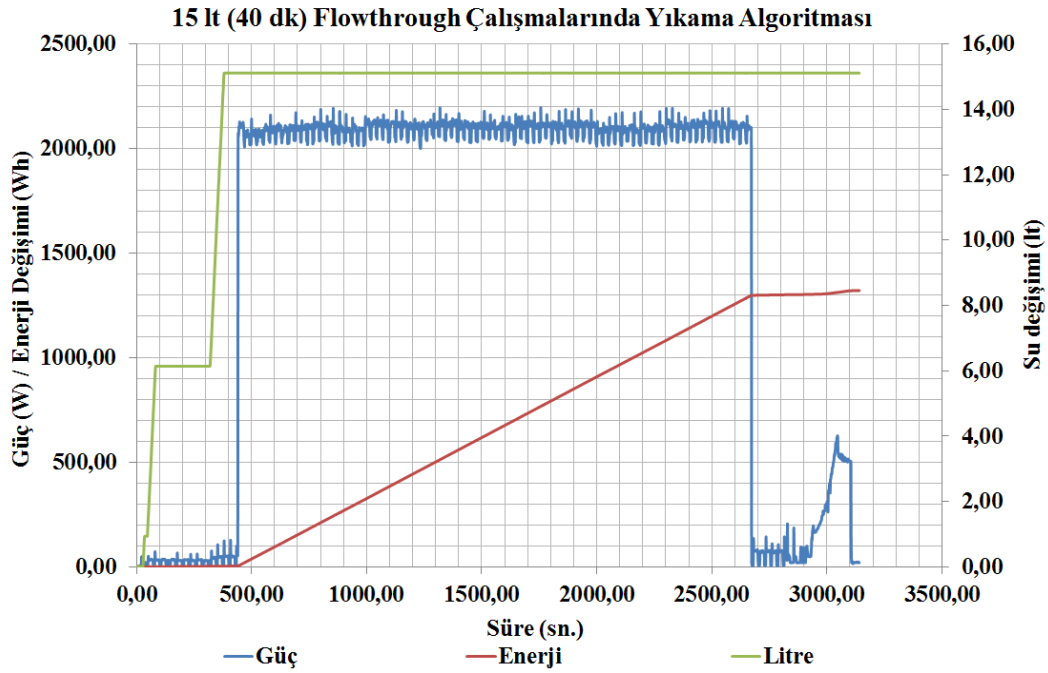
4.2.3.2.1 40 dk Isıtma Deneyleri

Flowthrough ısıtmalarının ikinci adımı olarak ana yıkama suyu 3 lt azaltılmıştır. Ana yıkama suyu 15 lt olarak belirlenmiştir. Makine öncelikle bu suyu alarak 7 dakika boyunca soğuk yıkama yapmaktadır. Daha sonra jet hattı ve üzerindeki flowthrough ısıtıcı açılarak 40 dakika boyunca su ısıtıcısının çalışması sağlanmıştır. Bu adım boyunca sıcaklık yaklaşık olarak 62,9 °C' ye ulaşmaktadır. Şekil 4.24' de flowthrough ısıtıcı ile yapılan 15 lt ana yıkama suyuna sahip 40 dakikalık ısıtma çalışmasının yıkama algoritması görülmektedir.

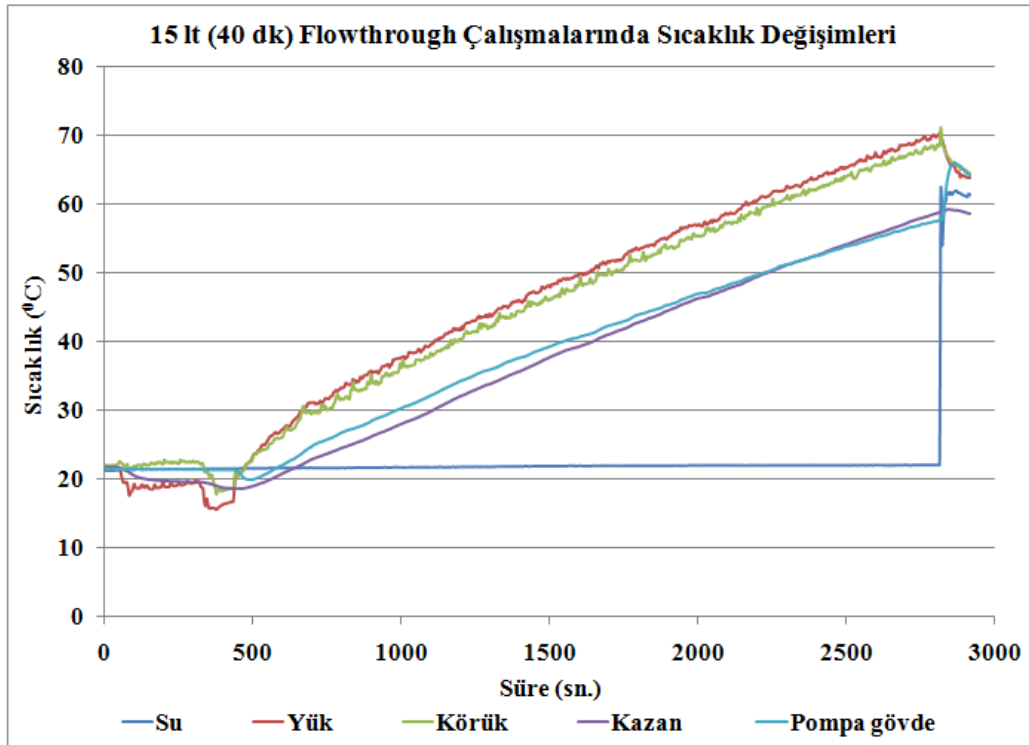
Şekil 4.25' de verilen flowthrough ısıtıcıyla yapılan ana yıkama suyunun 15lt olduğu ısıtma süresinin ise 40 dakika olduğu (mevcut durum ile aynı) ısıtma sonunda verilen ısıyı üzerine en fazla çeken komponentler ve su görülmektedir. Bu şartlar altında yapılan ısıtma sonunda yük 63,8 °C, kazan 58,6 °C, körük 64,4 °C, sirkülasyon pompasının gövdesi 64,1 °C ve su 62,9 °C olarak ölçülmüştür.

Su sıcaklığının 40 dk sonunda mevcut ısıtıcıya nazaran 7 °C' den fazla artmış olması ısıtma süresinin kısaltılabileceğini göstermiştir. Isıtma süresinin kısaltılmasının

yıkama performansını kötüleştirmesi olasıdır ancak, deterjan konsantrasyonunun da artmış olmasının bu kötüleşmeyi dengeleyebileceği beklenmektedir.

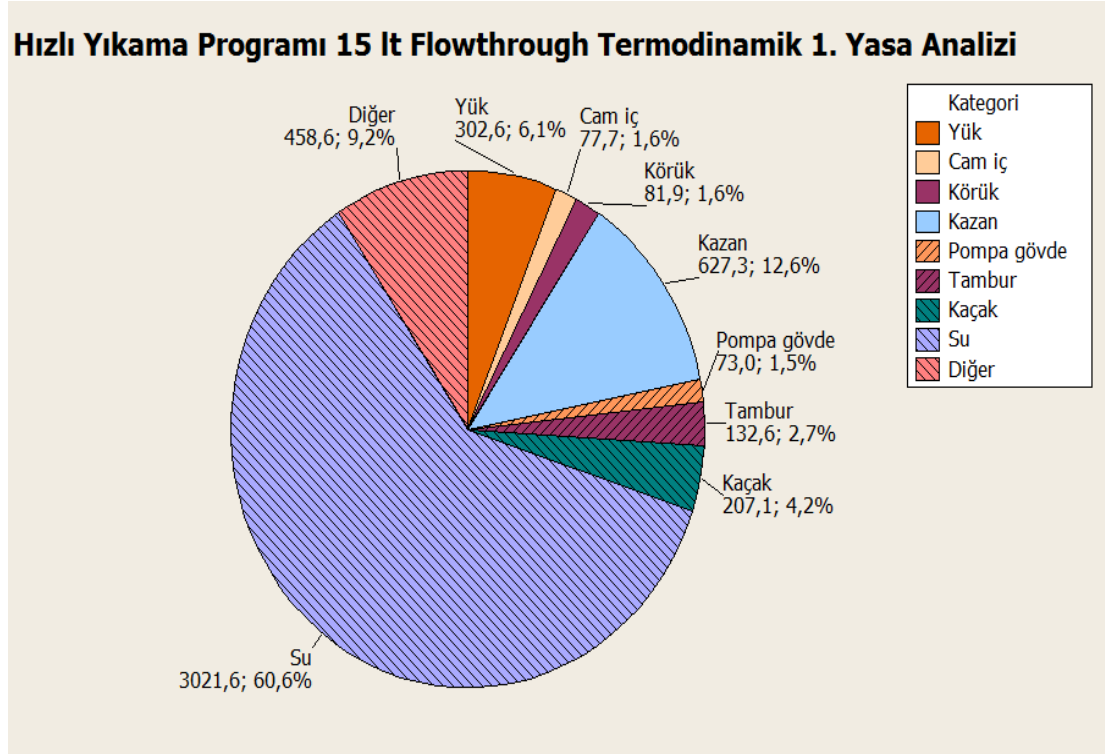


Şekil 4.24 Ana yıkama suyunun 15 lt olduğu (ısıtma süresi 40 dk) flowthrough ısıtıcının kullanıldığı yıkama algoritması.



Şekil 4.25 Ana yıkama suyunun 15 lt olduğu (ısıtma süresi 40 dk) flowthrough ısıtıcının kullanıldığı çalışmada suyun ve ısıyı en fazla çeken komponentlerin sıcaklık değişimleri.

Flowthrough ısıtıcı ile yapılan ısıtma çalışmalarında 15 lt'lik ana yıkama suyu kullanılması sonucunda ise, kullanılan enerjinin %60,6'lık kısmı (3021,6 kJ) suyun sıcaklığının artırılmasında kullanılmaktadır. Verilen enerjinin %12,6'lık kısmı (627,3 kJ) ise kazanda depolanmaktadır. Sistemde meydana gelen kaçaklar %4,2' dir (207,1 kJ). Su miktarının azaltılmasının ısıtmaya etkisi 15 lt ana yıkama suyu ile yapılan çalışmada açıkça görülebilmektedir. Şöyle ki, 18 lt su ile yapılan çalışmalarda suya yaklaşık %65 civarında enerji verilirken, 15 lt su ile yapılan çalışmalarda ise bu değer %60,6'da kalmaktadır. Ayrıca ısıtma adımının sonunda su sıcaklığı da 15 lt deneylerinde daha yüksek ölçülmüştür. Bu noktadan hareketle flowthrough ısıtıcı kullanılarak gerek yıkama süresinin gerekse de yıkamada kullanılan su miktarı ve enerjinin azaltılabileceği belirlenmiştir. Şekil 4.26'de ana yıkama suyunun 15 lt olduğu flowthrough ısıtma yönteminin 1. yasa analizi gösterilmiştir.

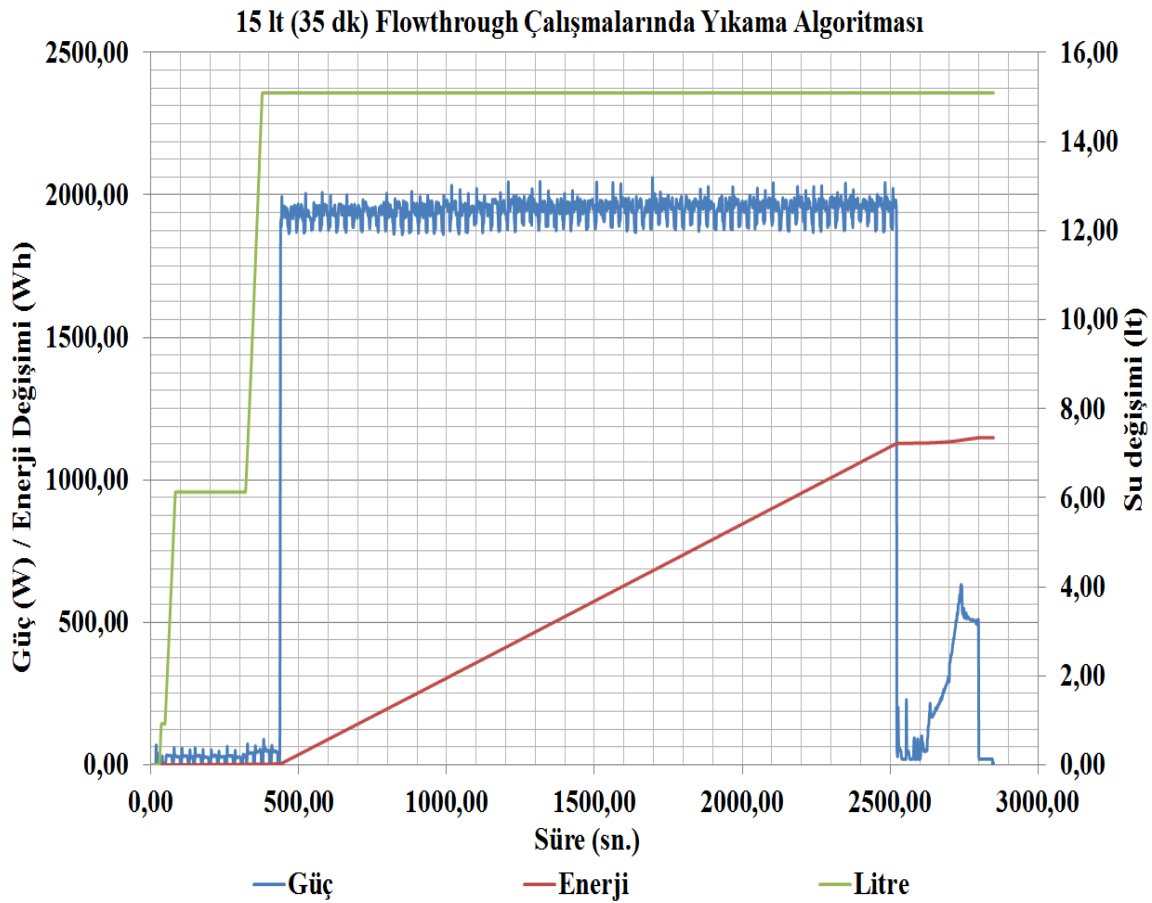


Şekil 4.26 Ana yıkama suyunun 15 lt olduğu (ısıtma süresi 40 dk) flowthrough ısıtıcı kullanılarak elde edilen 1. yasa analizi.

Bu deneyden çıkarılacak sonuç su sıcaklığını tıpkı mevcut su ısıtıcısıyla yapılan ısıtmada olduğu gibi 55-56 °C civarında tutarak ısıtma süresinin kısaltılabileceğidir. Bu noktadan hareketle, ısıtma adımı sonunda su sıcaklığının 55-56 °C civarında olmasını sağlayacak bir algoritma üzerinde çalışılmıştır. Çalışılacak yeni algorithmada ısıtma süresi 40 dakikadan 35 dakikaya indirilmiştir.

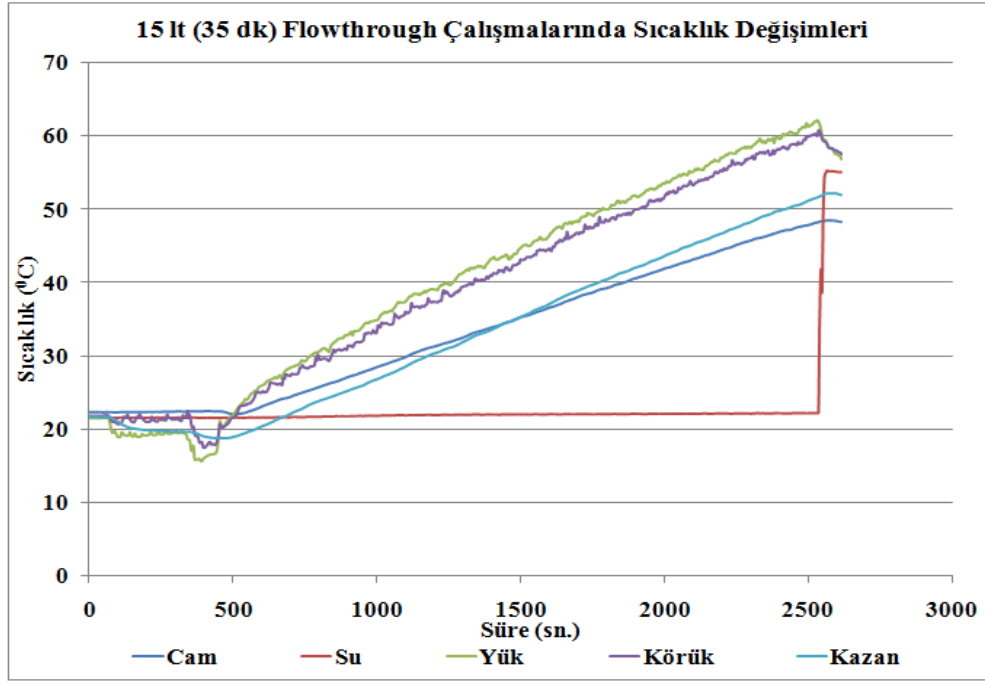
4.2.3.2.2 35 dk Isıtma Deneyleri

Yapılan deneylerin son basamağı olarak, 15 lt'lik ana yıkama suyu sabit kalmak koşuluyla, ısıtma adım süresinin 35 dakikaya indirilmesi öngörülmüştür. Bunun sebebi, önceki veriler incelendiğinde 35. dakikada su sıcaklığının 55-56 °C bandında olduğunun görülmesidir. Yapılan 3 tekrarlı deneyler sonucunda 35 dakika sonunda maksimum sıcaklığın 55,4 °C olduğu belirlenmiştir. Şekil 4.27' de flowthrough ısıtıcı ile yapılan 15 lt ana yıkama suyuna sahip 35 dakikalık ısıtma çalışmasının yıkama algoritması görülmektedir.



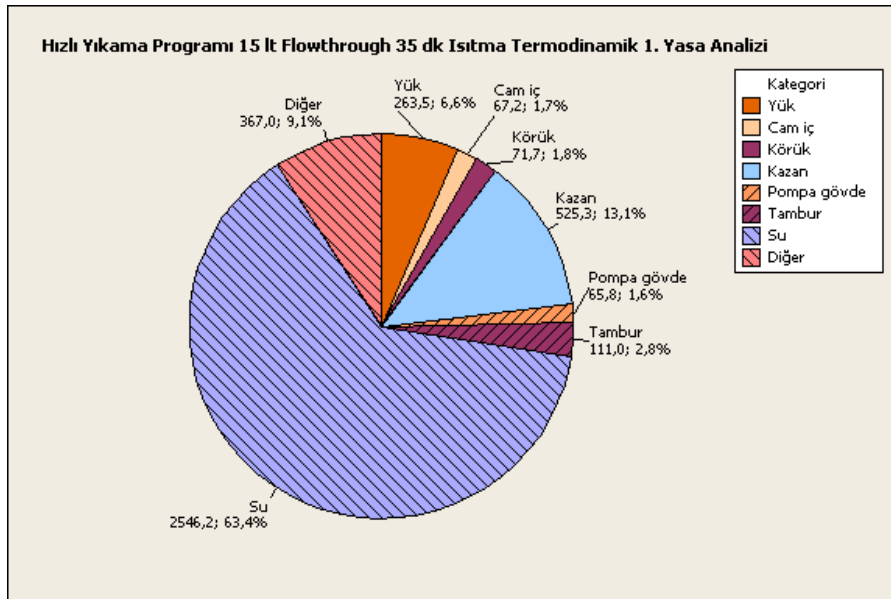
Şekil 4.27 Ana yıkama suyunun 15 lt olduğu (ısıtma süresi 35 dk) flowthrough ısıtıcının kullanıldığı yıkama algoritması.

Şekil 4.28' de verilen flowthrough ısıtıcıyla yapılan ana yıkama suyunun 15lt olduğu ısıtma süresinin ise 35 dakika olduğu ısıtma sonunda verilen ısıyı üzerine en fazla çeken komponentler ve su görülmektedir. Bu şartlar altında yapılan ısıtma sonunda yük 56,8 °C, kazan 51,9 °C, körük 57,5 °C, cam 48,3 °C ve su 55,4 °C olarak ölçülmüştür.



Şekil 4.28 Ana yıkama suyunun 15 lt olduğu (ısıtma süresi 35 dk) flowthrough ısıtıcının kullanıldığı çalışmada suyun ve ısıyı en fazla çeken komponentlerin sıcaklık değişimleri.

Isıtma adımının 35 dk'ya indirildiği yazılım sonucunda, harcanan enerjinin % 63,4' lük kısmı (2546,2 kJ) suya verilmiştir. Enerjinin %13,1' lik kısmı (525,3 kJ) kazanın ısıtılmasında kullanılmıştır. Yüke verilen enerji ise toplam verilenin %6,6'lık kısmını (236,5 kJ) oluşturmaktadır. Şekil 4.29'da ana yıkama suyunun 15 lt olduğu 35 dk'lık flowthrough ısıtma yönteminin 1. yasa analizi gösterilmiştir.



Şekil 4.29 Ana yıkama suyunun 15 lt olduğu (ısıtma süresi 35 dk) flowthrough ısıtıcı kullanılarak elde edilen 1. yasa analizi.

4.3 Belirsizlik Analizi

Deneyisel çalışmalarda ısı çiftleri yardımıyla komponentler üzerindeki sıcaklık değişimleri ve ana yıkama adımı sonundaki tahliye edilen suyun miktarı ölçülmektedir. Bu ölçümler sonucunda hesaplamalarda kullanılan sıcaklık ve su kütlesi değerlerinin belirsizliğinin de incelenmesi gereken bir nokta olduğu düşünülmektedir.

Kline, S. J. ve McClintock, F. A. (1953) tarafından yapılan belirsizlik analizi yöntemi kullanılmıştır [22]. Buna göre; kullanılan deney düzeneğinde bir takım deneysel ölçümler yaparak hesaplanması gereken büyüklük K ve bu büyüklüğe etki eden n adet bağımsız değişken ise $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ olmak üzere,

$$K = K(x_1, x_2, x_3, \dots, x_n) \quad (4)$$

olarak yazılabilir. Her bir bağımsız değişkene ait hata oranları $w_1, w_2, w_3, \dots, w_n$ ve K büyüklüğünün hata oranı w_k ise, belirsizlik analizi yöntemine göre,

$$w_k = \pm \left[\left(\frac{\partial P}{\partial x_1} w_1 \right)^2 + \left(\frac{\partial P}{\partial x_2} w_2 \right)^2 + \dots + \left(\frac{\partial P}{\partial x_n} w_n \right)^2 \right]^{1/2} \quad (5)$$

şeklinde ifade edilmektedir. Deney düzeneğinde kullanılan ölçme aletlerinin ölçüm doğruluk değerleri Çizelge 4.2’te gösterilmiştir.

Çizelge 4.2 Deney düzeneğinde kullanılan cihazların ölçüm doğruluk değerleri.[23]

Ölçüm Aleti	Ölçüm Doğruluk Değeri
Isıl çift	$\pm \%1,19$ °C
Terazi	$\pm \%0,006$
VTS (Voltaj)	$\%0,3$
VTS (Akım)	$\%0,3$

Yapılan deneyisel çalışmalarda gerilim değeri 230 V, akım değeri 10 A, sıcaklık farkı değeri 42°C, kütle ise 16 kg alınmış özgül ısı değerinin (c_p) ise hata oranı ihmal edilerek belirsizlik analizi yapılmıştır.

$$V.I = m. cp. \Delta T \quad (6)$$

(5) numaralı denklemden yararlanarak belirsizlik analizi yapıldığında,

$$w_k = \pm \left[\left(\frac{10}{16. (4,18). 42} .0,003 \right)^2 + \left(\frac{230}{16. (4,18). 42} .0,003 \right)^2 \right. \\ \left. + \left(- \frac{230.10}{(4,18). 16^2. 42} .6. 10^{-5} \right)^2 \right. \\ \left. + \left(- \frac{230.10}{(4,18). 42^2. 16} .0,0119 \right)^2 \right]^{1/2}$$

$$w_k = 33. 10^{-4}$$

Yapılan hesaplamalar neticesinde deney düzeneğinde meydana gelen belirsizlik oranı %0,033 bulunmuştur. Bu değer ihmal edilebilecek bir seviyededir..

5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRMELER

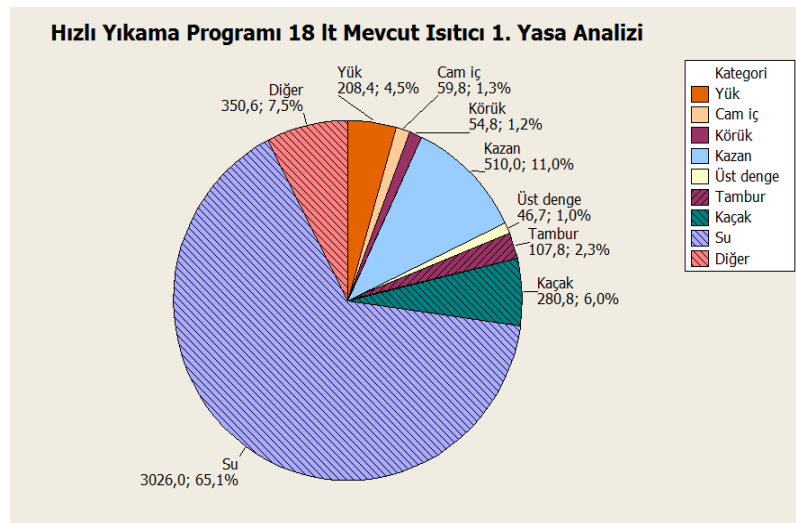
Bu yüksek lisans tez çalışmasında, ev tipi yıkayıcı-kurutucularda daha hızlı yıkamayı gerçekleştirmek için yıkama safhasının ısıtma adımı için alternatif ısıtma yöntemleri üzerine çalışılmıştır.

Tez çalışmasına, yıkama işlemlerinde kullanılan standart lekeler için sıcaklığının önemiyle alakalı literatür araştırmasıyla başlanmış ve ısıtma adımıyla kullanılabilecek alternatif yöntemlerle ilgili olan kaynaklarla devam edilmiştir.

Bu tez çalışmasının deneysel çalışmalar kısmında ise, hazırlanan prototipler hakkında bilgiler verilmiş ve bu prototiplerden alınan verilerin nasıl elde edildiği açıklanmaya çalışılmıştır.

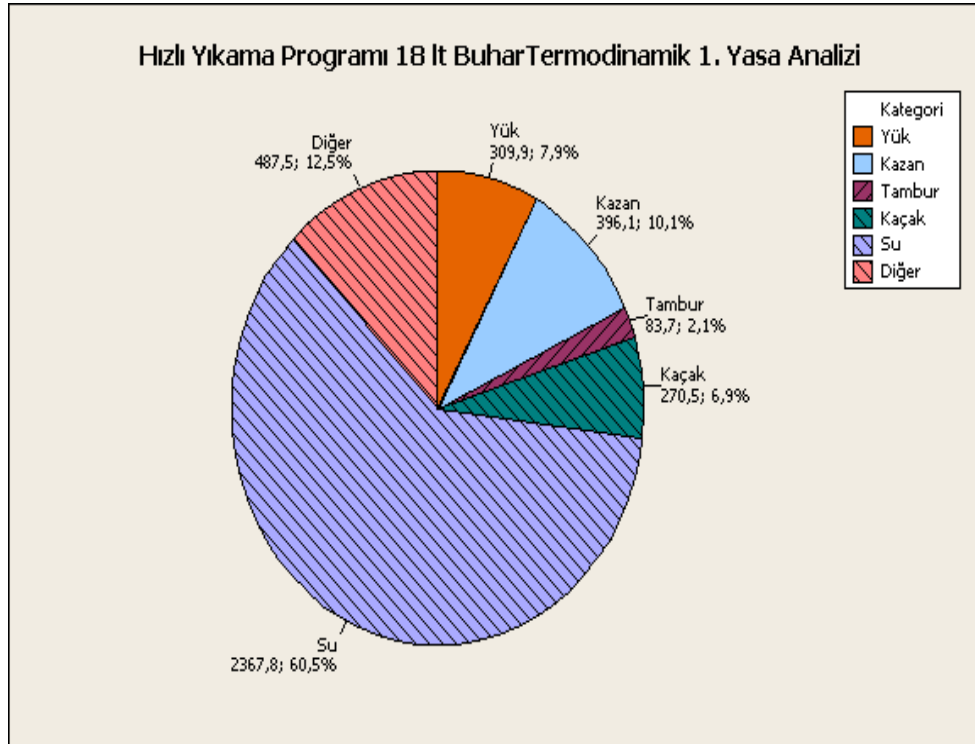
Üzerinde çalışılan bu yüksek lisans tez çalışması kapsamında elde edilen sonuçlar aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

- Mevcut su ısıtıcısı kullanılarak yapılan deneysel çalışmalarda ısıtıcının verdiği enerjinin %65.1' lik kısmı (3026 kJ) suyun ısıtılması için kullanılmaktadır. Verilen enerjinin %11' lik kısmı (510 kJ) ise kazanda depolanmaktadır. Sistemde meydana gelen kaçaklar ise %6' dır (280,8 kJ). Şekil 5.1' de direnç tipi su ısıtıcısı kullanılarak elde edilen 1. yasa analizi belirtilmiştir.



Şekil 5.1 Mevcut su ısıtıcısı kullanılarak elde edilen 1. yasa analizi.

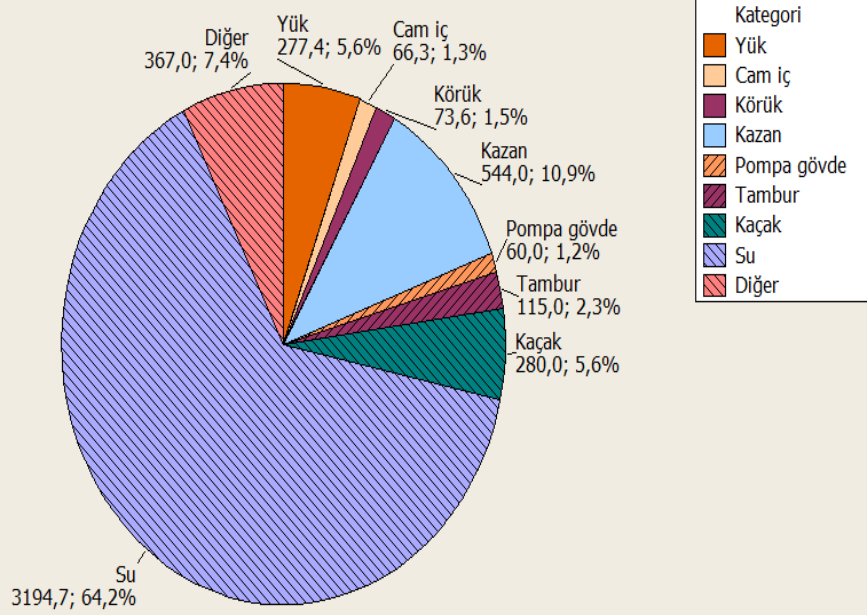
- Buhar jeneratörü kullanılarak yapılan deneysel çalışmalarda buhar jeneratörünün verdiği enerjinin %60,5' lik kısmı (2367,8 kJ) suyun ısıtılmasında kullanılmaktadır. Verilen enerjinin %10,1' lik kısmı (396,1 kJ) ise kazan tarafından depolanmaktadır. Yükün ısıtılması için verilen enerji ise %7,9'luk bir orana sahiptir (309,9 kJ). Sistemde meydana gelen kaçaklar ise %6,9' dur (270,5 kJ). Şekil 5.2'de buhar jeneratörü kullanılarak elde edilen 1. yasa analizi belirtilmiştir.



Şekil 5.2 Buhar jeneratörü kullanılarak elde edilen 1. yasa analizi.

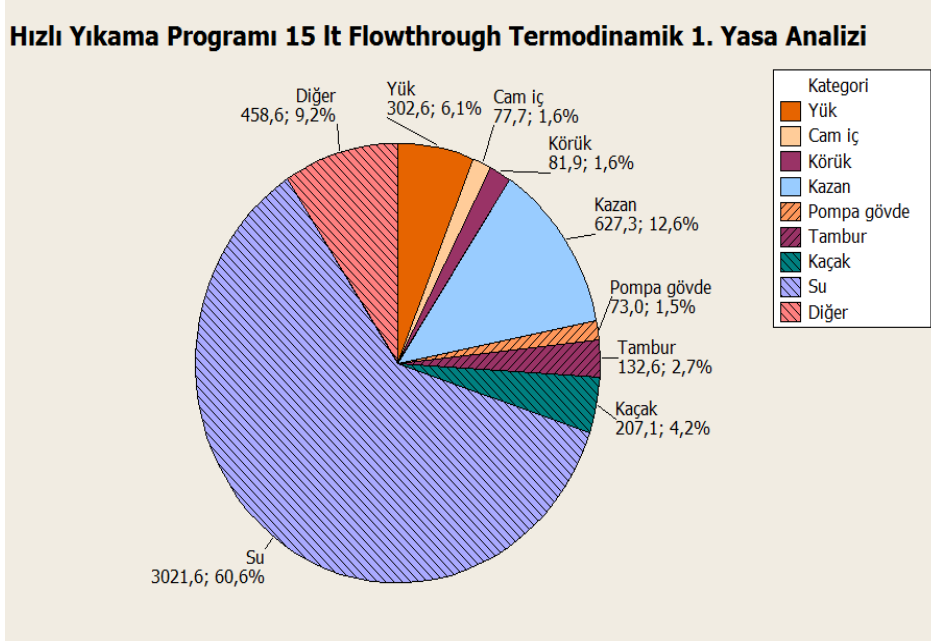
- Flowthrough ısıtıcı kullanılarak yapılan analizler ise ana yıkama suyunun miktarına göre farklılık göstermektedir. 18 lt'lik ana yıkama suyu kullanılarak yapılan çalışmalarda kullanılarak yapılan deneysel çalışmalarda ısıtıcının verdiği enerjinin %64,1' lik kısmı (3194,7 kJ) su tarafından depolanmaktadır. Verilen enerjinin %10,9' lik kısmı (544 kJ) ise kazanda depolanmaktadır. Sistemde meydana gelen kaçaklar ise %5,6' dır (280 kJ). Dikkat edilmesi gereken bir nokta ise pompa gövdesinin direnç tipi ısıtıcıdaki etkisine nazaran flowthrough ısıtma yönteminde etkisi daha fazla olmaktadır. Bunun sebebi ise flowthrough ısıtıcının sirkülasyon hattı üzerinde konumlanmış olmasıdır. Şekil 5.3'de ana yıkama suyunun 18lt olduğu flowthrough ısıtma yönteminin 1. yasa analizi gösterilmiştir.

Hızlı Yıkama Programı 18 lt Flowthrough Termodinamik 1. Yasa Analizi



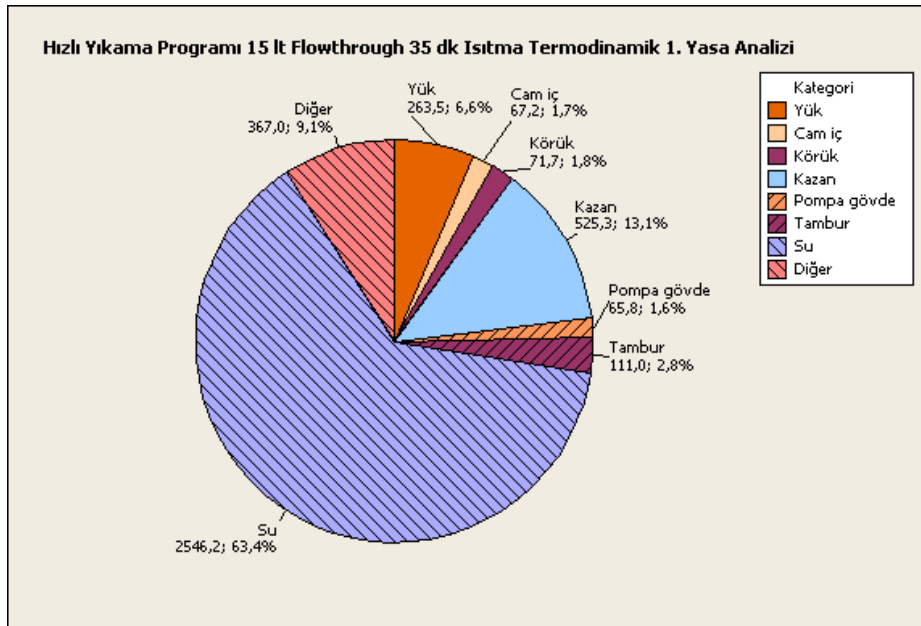
Şekil 5.3 Ana yıkama suyunun 18 lt olduğu flowthrough ısıtıcı kullanılarak elde edilen 1. yasa analizi.

- Flowthrough ısıtıcı ile yapılan ısıtma çalışmalarında 15 lt'lik ana yıkama suyu kullanılması sonucunda ise, kullanılan enerjinin 60,6' lık kısmı (3021,6 kJ) suyun sıcaklığının artırılmasında kullanılmaktadır. Verilen enerjinin %12,6' lık kısmı (627,3 kJ) ise kazanda depolanmaktadır. Sistemde meydana gelen kaçaklar %4,2' dir (207,1 kJ). Su miktarının azaltılmasının ısıtmaya etkisi 15 lt ana yıkama suyu ile yapılan çalışmada açıkça görülebilmektedir. Şöyle ki, 18 lt su ile yapılan çalışmalarda suya yaklaşık %65 civarında enerji verilirken, 15 lt su ile yapılan çalışmalarda ise bu değer %60,6'da kalmaktadır. Ayrıca ısıtma adımının sonunda su sıcaklığı da 15 lt deneylerinde daha yüksek ölçülmüştür. Bu noktadan hareketle flowthrough ısıtıcı kullanılarak gerek yıkama süresinin gerekse de yıkamada kullanılan su miktarı ve enerjinin azaltılabileceği belirlenmiştir. Şekil 5.4' te ana yıkama suyunun 15 lt olduğu flowthrough 40 dk ısıtma yönteminin 1. yasa analizi gösterilmiştir.



Şekil 5.4 Ana yıkama suyunun 15 lt olduğu (ısıtma süresi 40 dk) flowthrough ısıtıcı kullanılarak elde edilen 1. yasa analizi.

- Isıtma adımının 35 dk'ya indirildiği yazılım sonucunda, harcanan enerjinin % 63,4' lük kısmı (2546,2 kJ) suya verilmiştir. Enerjinin %13,1' lik kısmı (525,3 kJ) kazanın ısıtılmasında kullanılmıştır. Yüke verilen enerji ise toplam verilenin %6,6' lık kısmını (236,5 kJ) oluşturmaktadır. Şekil 5.5' te ana yıkama suyunun 15 lt olduğu 35 dk' lık flowthrough 35 dk ısıtma yönteminin 1. yasa analizi gösterilmiştir.



Şekil 5.5 Ana yıkama suyunun 15 lt olduğu (ısıtma süresi 35 dk) flowthrough ısıtıcı kullanılarak elde edilen 1. yasa analizi.

Yıkama Performanslarının Karşılaştırılması:

Yıkama standartlarına bağlı olarak gerçekleştirilen yıkama performansı testlerinde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- Mevcut su ısıtıcısı kullanılarak 6 kg yük ile yapılan deneysel çalışmalarda elde edilen yıkama performansı Çizelge 5.1’ de gösterilmiştir. Buna göre yıkama indeksi 1,008 olarak belirlenmiştir. Bu durumda yıkama sınıfı ise B olmuştur. Toleranslı yıkama değeri ise 1,028 ve toleranslı yıkama sınıfı da B olarak belirlenmiştir.

Çizelge 5.1 Mevcut ısıtıcı kullanılmasıyla elde edilen yıkama performansı.

Yıkama Performansı Test Sonuçları						
Test	Kırmızı Şarap	Çikolata/ Süt	Kan	K. Siyahı / Min.Yağ	Toplam	Yıkama İndeksi
1	85,25	62,88	86,95	43,31	278,4	0,978
2	87,20	66,20	88,29	48,74	290,4	1,020
3	87,51	66,96	88,77	48,63	291,9	1,026
Ort.	86,65	65,35	88,00	46,89	286,9	1,008
Yıkama Performansı	İndeks 1,008		Sınıf B	Toleranslı İndeks 1,028	Toleranslı Sınıf B	

- Buhar jeneratörü kullanılarak 6 kg yük ile yapılan deneysel çalışmalarda elde edilen yıkama performansı Çizelge 5.2’ de gösterilmiştir. Buna göre yıkama indeksi 0.988 olarak belirlenmiştir. Bu durumda yıkama sınıfı ise C olmuştur. Toleranslı yıkama değeri ise 1,008 ve toleranslı yıkama sınıfı da B olarak belirlenmiştir. Yıkama performansının mevcut ısıtıcıya göre düşük çıkmasının en önemli nedeni sıcaklığın istenilen seviyeye çekilememesidir. Bundan dolayı sıcaklık etkisiyle temizlenen lekeler istenilen şekilde temizlenememiştir.

Çizelge 5.2 Buhar jeneratörü kullanılmasıyla elde edilen yıkama performansı.

Yıkama Performansı Test Sonuçları						
Test	Kırmızı Şarap	Çikolata/ Süt	Kan	K. Siyahı / Min.Yağ	Toplam	Yıkama İndeksi
1	78,87	59,49	82,32	41,10	261,8	0,977
2	80,76	60,82	81,43	41,35	264,4	0,987
3	81,47	61,48	81,82	43,09	267,9	1,000
Ort.	80,37	60,60	81,86	41,85	264,7	0,988
Yıkama Performansı	İndeks 0,988		Sınıf C	Toleranslı İndeks 1,008	Toleranslı Sınıf B	

- Flowthrough ısıtıcı kullanılarak 18 lt ana yıkama suyu ve 6 kg yük ile yapılan deneysel çalışmalarda elde edilen yıkama performansı Çizelge 5.3’ te gösterilmiştir. Buna göre yıkama indeksi 1,026 olarak belirlenmiştir. Bu durumda yıkama sınıfı ise B olmuştur. Toleranslı yıkama değeri ise 1,046 ve toleranslı yıkama sınıfı da A olarak belirlenmiştir. Görüldüğü üzere mevcut ısıtıcı ile karşılaştırıldığında aynı koşullar altında flowthrough ısıtıcının yıkama performansı çok küçük bir farkla bile olsa daha iyi çıkmıştır.

Çizelge 5.3 Flowthrough ısıtıcı kullanılmasıyla (ana yıkama suyu 18 lt) elde edilen yıkama performansı.

Yıkama Performansı Test Sonuçları						
Test	Kırmızı Şarap	Çikolata/ Süt	Kan	K. Siyahı / Min.Yağ	Toplam	Yıkama İndeksi
1	82,62	62,43	82,24	45,98	273,3	1,020
2	83,56	62,98	82,78	45,78	275,1	1,027
3	83,93	64,09	81,42	46,69	276,1	1,031
Ort.	83,37	63,17	82,15	46,15	274,8	1,026
Yıkama Performansı	İndeks	Sınıf	Toleranslı İndeks	Toleranslı Sınıf		
	1,026	B	1,046	A		

- Flowthrough ısıtıcı kullanılarak 15 lt ana yıkama suyu (40 dakika ısıtma süresi) ve 6 kg yük ile yapılan deneysel çalışmalarda elde edilen yıkama performansı Çizelge 5.4’ te gösterilmiştir. Buna göre yıkama indeksi 1,052 olarak belirlenmiştir. Bu durumda yıkama sınıfı ise A olmuştur. Toleranslı yıkama değeri ise 1,072 ve toleranslı yıkama sınıfı da A olarak belirlenmiştir. Buna göre mevcut ısıtıcı ile karşılaştırıldığında 15 lt suyla yapılan flowthrough yıkamanın yıkama performansı önemli ölçüde fark yaratmıştır. Bunun en büyü sebepleri; artan deterjan konsantrasyonu ve sıcaklığın daha hızlı artması gösterilebilir.

Çizelge 5.4 Flowthrough ısıtıcı kullanılmasıyla (ana yıkama suyu 15 lt) elde edilen yıkama performansı (40 dk).

Yıkama Performansı Test Sonuçları						
Test	Kırmızı Şarap	Çikolata/ Süt	Kan	K. Siyahı / Min.Yağ	Toplam	Yıkama İndeksi
1	86,08	65,01	80,68	49,90	281,7	1,052
2	86,02	65,14	83,10	48,53	281,8	1,052
3	85,85	64,67	81,11	49,86	281,5	1,051
Ort.	83,98	64,61	81,63	49,43	281,7	1,052
Yıkama Performansı	İndeks	Sınıf	Toleranslı İndeks	Toleranslı Sınıf		
	1,052	A	1,072	A		

- Flowthrough ısıtıcı kullanılarak 15 lt ana yıkama suyu (35 dakika ısıtma süresi) ve 6 kg yük ile yapılan deneysel çalışmalarda elde edilen yıkama performansı Çizelge 5.5’ te gösterilmiştir. Buna göre yıkama indeksi 1,010 olarak belirlenmiştir. Bu durumda yıkama sınıfı ise B olmuştur. Toleranslı yıkama değeri ise 1,030 ve toleranslı yıkama sınıfı da B olarak belirlenmiştir. Buna göre mevcut ısıtıcı ile karşılaştırıldığında 15 lt suyla yapılan ısıtma süresi 5 dakika kısa olan algoritma flowthrough ısıtıcılı algoritmanın indeksi düşük olsa da yıkama sınıfı açısından farkı yoktur.

Çizelge 5.5 Flowthrough ısıtıcı kullanılmasıyla (ana yıkama suyu 15 lt) elde edilen yıkama performansı(35 dk).

Yıkama Performansı Test Sonuçları						
Test	Kırmızı Şarap	Çikolata/ Süt	Kan	K. Siyahı / Min.Yağ	Toplam	Yıkama İndeksi
1	84,06	63,85	80,08	44,58	272,6	1,018
2	83,92	63,61	79,16	44,58	271,3	1,013
3	83,04	60,89	80,16	43,99	268,1	1,001
Ort.	83,67	64,61	79,80	44,38	270,6	1,010
Yıkama Performansı	İndeks	Sınıf	Toleranslı İndeks	Toleranslı Sınıf		
	1,010	B	1,030	B		

Bu tez çalışmasının genel bir özeti Çizelge 5.6’ da verilmiştir. Bu çizelgeye göre ısıtma sürelerine bakıldığında yalnızca Flowthrough 15 lt (35 dk) çalışmalarının diğer çalışmalara göre 5dk kısa olduğu göze çarpmaktadır. Su tüketiminde ise, çalışılan ilk 3 yöntemde 18lt su kullanılmış, son iki yöntemde ise su miktarı 3 lt azaltılarak 15 lt’ ye düşürülmüştür. Sıcaklık ve yıkama performansı olarak en iyi sonucu veren çalışmalar ise, Flowthrough 15 lt (40 dk) çalışmalarıdır. Bu çalışmalarda max. sıcaklık 62,9 °C, yıkama performansı ise 1,052 olarak belirlenmiştir. Maksimum sıcaklık ve yıkama performansına bakıldığında gelinen son durum ile mevcut ısıtıcılı durum birbirine çok yakın sonuçlar vermektedir. Çalışmanın temel motivasyonu hızlı yıkama çalışması olduğundan dolayı bu durum ulaşılmak istenen amaçlara uygunluk göstermektedir.

Sonuçta bu çalışmanın neticesinde mevcut ısıtıcı kullanımı yerine flowthrough ısıtıcı kullanmak suretiyle aynı yıkama performansı ve max. sıcaklığa ulaşılarak hem ısıtma süresi 5 dk kısaltılmış, hem de su tüketimi 3 lt azaltılmıştır.

Çizelge 5.6 Yapılan deneysel çalışmalar ve analiz sonuçlarının özet halinde verildiği çizelge.

	Mevcut Durum	Buhar	Flowthrough 18 lt	Flowthrough 15 lt (40 dk)	Flowthrough 15 lt (35 dk)
Isıtma süresi (dk)	40	40	40	40	35
Su tük. (lt)	18	18	18	15	15
Max. sic.(°C)	55,7	47,7	58,9	62,9	55,4
Yıkama perf.	1,008	0,988	1,026	1,052	1,010

KAYNAKLAR

- [1] **British Standard.** (2007). BS:EN 50229:2007. Electric clothes washer-dryers for household use- Methods of measuring the performance.
- [2] **British Standard.** (2005). BS:EN 60456:2005. Clothes washing machines for household use- Methods for measuring the performance.
- [3] **Ülger, Z. ve Arslan B.,** (2008). Çamaşır makinelerinde standart lekelerin temizlenme mekanizmalarının incelenmesi, İstanbul.
- [4] **Persson T.,** (2006). Dishwashers and Washing Machine Heated by Hot Water Circulation Loop, SERC, Borlange, Sweden.
- [5] **Chul, K. N.** (2011). Method of controlling washing machine and washing machine, *United States Patent*, No: 7950089 tarih: 31.05.2011.
- [6] **Kyu, S. P.** (2009). A controlling method of a laundry machine, *European Patent Application*, No: 2025795 tarih: 18.02.2009.
- [7] **Moon, J. S ve Eun, K. N.** (2009). Method of washing laundry in drum washing machine, *European Patent Application*, No: 1619284 tarih: 25.01.2006.
- [8] **Yang, B. Y., Kim, H. G., Pyo S. Y.** (2005). Washing machine and control method thereof, *United States Patent Application*, No: 2005132503 tarih: 23.06.2005.
- [9] **Hun, P. H., Gyoon, K. H., Yeon P. S.** (2008). Washing machine, *European Patent Application*, No: 1921195 tarih: 14.05.2008.
- [10] **Hun, P. H., Gyoon, K. H., Yeon P. S.** (2006). Washing machine and method for controlling the same, *United States Patent Application*, No: 2006101586 tarih: 18.05.2006.
- [11] **Kojhi, S.** (2012). Washing machine, *Japan Patent Application*, No: 2012228410 tarih: 22.11.2012.
- [12] **Ulrich, H. ve Wilfried, H.** (1994). Dishwasher with continuous flow-heater, *European Patent Application*, No: 0591774 tarih: 13.04.1994.
- [13] **Werner, R. ve Wolfram, T.** (1992). Electric throughflow heater for dishwasher or washing machine – has two seperate throughflow channels in series within hollow cylinder surrounded by heating winding, *Deutsches Patentamt*, No: 4024559 tarih: 06.02.1992.
- [14] **Hermann, K.** (1982). Electrically heated apparatus for domestic use, *European Patent Application*, No: 0044040 tarih: 20.01.1982.
- [15] **Heinz, K.** (1988). Drum-type washing machine, *Deutsches Patentamt*, No: 3709272 tarih: 29.09.1988.
- [16] **Bulut, B.,** (2013). Membranlı su yumuşatma sistemleri ve çamaşır makinesine entegrasyonu, Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi.

- [17] **MEGEP.** (2007). Elektrik elektronik teknolojisi, çamaşır makineleri, Ankara.
- [18] **Hartoka, O.,** (2009). Kurutucular için verimli kondenser tasarımı, Yüksek lisans tezi, Yeditepe Üniversitesi.
- [19] **Kasap, F., şahin, Y. ve Sarıtaş, U.,** (2015). Yıkayıcı-kurutucularda yıkama, durulama ve sıkma alışmaları, İstanbul.
- [20] **Wen J.,** (t.y.). Heat Capacities of Polymers (Chapter 9). ALZA Corporation.
- [21] **engel, Y.A., ve Boles, M. A.** (2006). Thermodynamics: An Engineering Approach, 5.th edition. Mc Graw-Hill.
- [22] **Kline, S.J., McClintock, F.A.,** (1953). Describing Uncertainties in Single-Sample Experiments, Mechanical Engineering.
- [23] **Schneider Electric,** (2008.)Gain energy insight and control with PowerLogic, France

EKLER

EK A: Yıkayıcı- kurutucu makine üzerinde bulunan ısıl çiftlerin yerleri.

EK B: Ev tipi yıkayıcı-kurutucu makine üzerinde bulunan komponentlerin kütleleri, özgül ısıları ve ısı sığaları.

EK A

Çizelge A.1 : Yıkayıcı-kurutucu makine üzerinde bulunan ısıt çiftlerinin yerleri.

Isıl Çift Numarası	Isıl Çift Yeri
1	Ön Pano Orta
2	Ön Panel Sol Üst
3	Ön Panel Sağ Alt
4	Sol Panel Üst
5	Sol Panel Alt
6	Sağ Panel Üst
7	Sağ Panel Alt
8	Arka Panel Üst
9	Arka Panel Alt
10	Üst Tabla
11	Cam Üst
12	Deterjan Çekmecesi
13	Cam İç
14	Kova
15	Körük Üst
16	Körük Alt
17	Kazan 0°
18	Kazan 90°
19	Kazan 180°
20	Kazan 270°
21	Üst Denge Üstü
22	Üst Denge İçi
23	Alt Denge Üstü
24	Alt Denge İçi
25	Soğutma Emişi
26	Soğutma Fan Yüzeyi
27	Proses Fan Çıkışı
28	Proses Fan Yüzeyi
29	Pompa Gövdesi
30	Isıtıcı Kanalı
31	Anakart
32	Motor
33	Kondenser Bağlantı Parçası
34	Su Isıtıcısı Haznesi
35	Kondenser
36	Üst Braket

EK B**Çizelge B.1 :** Ev tipi yıkayıcı-kurutucu makine üzerinde bulunan komponentlerin kütleleri, özgül ısıları ve ısı sığaları.

Komponentler	Kütle (kg)	Özgül ısı (kJ/kg.K)	Isı sığası (kJ/K)
Su	18	4,18	75,2
Kazan	10	1,7	17,0
Alt Denge	16,65	0,75	12,5
Yük	6	1,3	7,8
Üst Denge	9,58	0,75	7,2
Üst Tabla	3,27	1,3	4,2
Ana Kart ve Kablo Ağacı	2,25	1,7	3,8
Tambur	7,05	0,51	3,6
Arka Kapak	1,08	0,42	0,45
Dış Çerçeve	14,85	0,42	6,24
Ön Panel ve Görüntü Kartı	0,61	1,3	0,79
Deterjan Çekmecesi Gr.	0,9	1,7	1,53
Hava Isıtıcısı Gr.	1,33	0,51	0,68
Cam Dış Yüzey	1,67	1,3	2,17
Cam iç Yüzey	2,40	0,84	2,01
Körük	1,06	2	2,12
Soğutma Emiş Parçası	0,51	1,7	0,87
Soğutma Fanı	1,48	0,51	0,75
Proses Fanı	0,7	0,94	0,66
Pompa	1,15	1,7	1,96
Motor	3,67	0,39	1,43
Kazan-Kond. Bağ. Parçası	0,4	1,7	0,68
Kondenser	0,98	0,87	0,85
Tambur	7,05	0,51	3,60
Kasnak	0,37	0,9	0,33
Tahliye Hortumu	0,26	1,7	0,44
Su Giriş Vanası	0,44	1,47	0,65
Amortisörler	0,3	0,42	0,13
Yaylar	0,25	0,42	0,11
Braketler	0,58	0,42	0,24
Bağlantı Parçaları	0,53	1,47	0,78
Tekmelik Parçası	0,24	1,3	0,31

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad : Uğur SARITAŞ
Doğum Yeri ve Tarihi : Kocaeli - 30.06.1989
E-Posta : ugursaritas220@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2013, İstanbul Teknik Üniversitesi, Makine Fakültesi,
Makine Mühendisliği Bölümü

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

Arçelik A.Ş. Ar-Ge Mühendisi (2013- Devam ediyor)