

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YIKAYICILARDA ENERJİ TÜKETİMİNİN
İNCELENMESİ VE MODELLEME ÇALIŞMALARI**

Makine Mühendisi Yusuf KOÇ

**FBE Makine Mühendisliği Anabilim Dalı Isı Proses Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Hasan A. HEPERKAN

İSTANBUL, 2009

İÇİNDEKİLER

İÇİNDEKİLER.....	i
SİMGE LİSTESİ	iii
KISALTMA LİSTESİ	iv
ŞEKİL LİSTESİ	v
ÇİZELGE LİSTESİ	vii
ÖNSÖZ.....	viii
ÖZET	ix
ABSTRACT	x
1 GİRİŞ	1
1.1 Çalışmanın Amacı	2
1.2 Yıkayıcının Tanıtılması	3
2 LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	8
2.1 Yıkayıcı İçin Enerji Kazanım Kriterleri	8
2.1.1 Su Sistemleri ve Enerji Tüketimi İlişkisi.....	8
2.1.2 Isıl Yöntemlerle Enerji Kazanımı.....	9
2.1.3 Diğer Yöntemler	21
2.2 Yıkayıcıda Enerji Tüketiminin Azaltılmasına Yönelik Yapılan Çalışmaların Derlendiği Makaleler	25
2.2.1 Yıkayıcıyı Isıtmak İçin Gerekli Enerjinin Güneş Kazanımının Artırılarak Sağlanması	25
2.2.2 Sıcak Su Sirkülasyon Sistemiyle Isıtılan Yıkayıcı	27
3 ENERJİ BİLANÇOSU HESAPLAMALARI.....	30
3.1 Sıcaklık Değişimi	31
3.2 Termal Kamera Çekimleri	39
3.2.1 Önden Çekim	39
3.3 Enerji Bilançosu Hesabı	41
3.3.1 Enerji bilançosu hesaplamaları.....	42
3.3.2 Parçalı Enerji Bilançosu	45
4 MODELLEME ÇALIŞMALARI	49
4.1 Geliştirme Çalışmaları	49
4.1.1 Yıkama Performansı Tahmini	49
4.1.2 Cam kapak çalışması	50
4.1.3 Enerji Bilançosu	53
4.1.4 Kabin Yalıtımı	58
4.2 Modelleme Uygulamaları	60

4.2.1	Yıkama Performansı	60
4.2.2	Cam Kapak Çalışmaları	63
4.2.3	Enerji Bilançosu Çalışması	65
4.2.4	Kabin İzolasyonu Çalışmaları	71
5	İDEAL YALITIM (SABİT SICAKLIK) ÇALIŞMALARI	74
6	OPTİMUM SOĞUK YIKAMA SÜRESİ	78
7	SONUÇ	80
	KAYNAKLAR	81
	ÖZGEÇMİŞ	83

SİMGE LİSTESİ

A	Kesit alanı, m^2
C_p	Sabit basınçta özgül ısı, $J/kg.K$
h	Isı taşınım katsayısı, $W/m^2.K$
k	Isı iletim katsayısı, $W/m.K$
L	Karakteristik uzunluk, m
m	Kütle, kg
Nu	Nusselt sayısı
Pr	Prandtl sayısı
Q	Enerji geçişi, W
Ra	Rayleigh sayısı
Re	Reynolds Sayısı
T	Sıcaklık, $^{\circ}C$

Yunan Harfleri

δt	Sıcaklık farkı, $^{\circ}C$
ε	Yayma oranı
ρ	Yoğunluk, g/cm^3
σ	Stefan-Boltzman sabiti, $J/m^2 \cdot ^{\circ}K^4$

KISALTMA LİSTESİ

ana	Ana yıkama
betonust	Üst denge ağırlığı
betonon	Ön denge ağırlığı
DHW	Evsel sıcak su
disort	Dış ortam
duru1	1. Durulama suyu
duru2	2. durulama suyu
duru3	3. durulama suyu
ECCP	European Climate Change Programme
ener	Harcanan toplam enerji
gov	Gövde
hesap	Ortalama
ilk	Başlangıç durumu
isit	Isıtma adımı
isitbas	Soğuk yıkama sonu
isitson	Isıtma sonu
izo1	İzolasyon iç katmanı
izo5	Dış sac
kabin	Kabin içi
kap	Kapak
KH	Kontrol Hacmi
mot	Motor
NTC	Isıtıcı sensörü
off	Kapalı olduğu durum
on	Açık olduğu durum
ort	Ortalama, Ortam
oth	Diğer komponentler
plas	Plastik kapak
rad	Radyasyon ısı transferi
SDHW	Güneş enerjisiyle kazanılan evsel sıcak su
set	Isıtma sonu
sog	Soğuk yıkama adımı
son	Son durum
sual	Su giriş
tam	Tambur
top	Toplam
TYP	Tahmini yıkama performansı
yan iç	Cam kapak ve ara hava arasındaki
yan iç 2	Ara hava ve plastik kapak arasındaki
yık	Yıkama
yuk	Yük

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1.1 Yıkayıcı gövdesi patlatılmış resmi	4
Şekil 1.2 Yıkayıcı kazan grubu patlatılmış resmi	5
Şekil 1.3 Yıkayıcı ön panel grubu patlatılmış resmi	6
Şekil 2.1 Dolap şeklinde kabini olan yıkayıcı	11
Şekil 2.2 Koruyucu yüzey kaplamasına sahip ısı yalıtım astarı bulunduran yıkayıcı kazanı..	11
Şekil 2.3 İzolasyon detay görüntüsü	12
Şekil 2.4 Sürekli akışlı elektrikli ısıtıcı	12
Şekil 2.5 Kazana monte edilmiş ısı geri kazanım cihazı	13
Şekil 2.6 Isı geri kazanım sistemi 1	14
Şekil 2.7 Isı geri kazanım sistemi 2	15
Şekil 2.8 Isı geri kazanım sistemi 3	15
Şekil 2.9 Farklı tipte ısıtıcı bulunduran yıkayıcı	17
Şekil 2.10 Yıkama suyunu içinde bulunduran hazneye sahip bir yıkayıcı kazanı	17
Şekil 2.11 Yüzey alanı genişletilmiş ısıtıcı	18
Şekil 2.12 Kazana iliştirilmiş ve kazan ile birlikte hareket eden ısıtıcı	19
Şekil 2.13 Sürekli akışlı ısıtıcı	19
Şekil 2.14 Deliksiz kazana sahip yıkayıcı	20
Şekil 2.15 Motorun kazan içine alındığı sistem	22
Şekil 2.16 Buharlı yıkama yapan yıkayıcı	23
Şekil 2.17 Buhar üretici	24
Şekil 2.18 Tambur içine yerleştirilmiş kanat sistemi	25
Şekil 2.19 Sıcak su sirkülasyon sistemi	28
Şekil 3.1 60 °C Standart program için güç zaman grafiği	32
Şekil 3.2 Standart 60 °C program için zamanla sıcaklık değişimi	33
Şekil 3.3 Standart 60°C programı, su ile temas eden bölgelerin sıcaklık değişimi	34
Şekil 3.4 Standart 60°C programı, kazan yüzeyinin sıcaklık değişimi	35
Şekil 3.5 Standart 60°C programı, motor sargı ve ayak sıcaklık değişimi	36
Şekil 3.6 Standart 60°C programı, denge ağırlığı sıcaklık değişimi	37
Şekil 3.7 Standart 60°C programı, kabin içi ve kabin yüzeyi sıcaklık değişimi	38
Şekil 3.8 Standart 60°C programı, yay ve amortisör sıcaklık değişimi	39
Şekil 3.9 Termal kamera önden çekim görüntüleri	40
Şekil 3.10 Termal kamera arkadan çekim görüntüleri	40
Şekil 3.11 Termal kamera deterjan kutusu çekim görüntüleri	41
Şekil 3.12 Termal kamera kazan çıkış hortumu çekim görüntüleri	41
Şekil 3.9 Yıkayıcı enerji dengesi	42
Şekil 3.10 Standart 60 °C programı için adım bazında enerji tüketimi	43
Şekil 3.11 Standart 60 °C programı için enerji tüketimi dağılımı	45
Şekil 3.12 Soğuk yıkama adımı verilen enerjinin komponentlere göre dağılımı	46
Şekil 3.13 Soğuk yıkama adımı enerji dengesi	46
Şekil 3.14 Isıtma adımı verilen enerjinin komponentlere göre dağılımı	47
Şekil 3.15 Isıtma adımı enerji dengesi	47
Şekil 3.16 Sürekli rejimde verilen enerjinin komponentlere göre dağılımı	48
Şekil 3.17 Sürekli rejimde enerji dengesi	48
Şekil 4.1 Cam kapak önüne plastik kapak yerleşim durumu	50
Şekil 4.2 Cam kapak önünde plastik kapak olması durumunda ısı transfer mekanizmaları	50
Şekil 4.3 Kabin cidarı sıcaklık değişimi	58

Şekil 4.4 Yıkama performansı ölçümleri simülasyon sonuçları.....	60
Şekil 4.5 Set sıcaklığı ile yıkama performansı ilişkisi.....	62
Şekil 4.6 İzolasyon kalınlığına göre yıkama performansı ve ortalama yıkama sıcaklığı değişimi	62
Şekil 4.7 Simülasyon programı cam kapak bölümü veri giriş ekranı.....	63
Şekil 4.8 Simülasyon programına göre plastik kapak olmaması durumu için cam kapak ve plastik kapak sıcaklık değişimi.....	64
Şekil 4.9 Simülasyon programına göre plastik kapak olması durumu için cam kapak ve plastik kapak sıcaklık değişimi	64
Şekil 4.10 Simülasyon programına göre farklı Tset sıcaklığında, plastik kapak olması durumu için cam kapak ve plastik kapak sıcaklık değişimi.....	65
Şekil 4.11 Simülasyon programı çalışma şartları veri giriş ekranı.....	66
Şekil 4.12 Simülasyon programı kabin yalıtımı veri giriş ekranı.....	71
Şekil 4.13 Simülasyon programında kabin yalıtımı olmaması durumu için sonuç ekranı	72
Şekil 4.14 Simülasyon programında kabin yalıtımı olması durumu için sonuç ekranı	72
Şekil 4.15 Simülasyon programında farklı Tset sıcaklığında kabin yalıtımı olması durumu için sonuç ekranı	73
Şekil 5.1 İdeal yalıtım durumunu simüle eden program ile yapılan yıkama işlemi için kazan iç sıcaklık değişimleri.....	74
Şekil 6.1 Standart program ve motor ON sürelerinin yarıya indirildiği program için zamanla su sıcaklığı değişim grafiği.....	78
Şekil 6.2 Standart program ve motor ON sürelerinin yarıya indirildiği program için zaman - enerji kazancı grafiği	79

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 2.1 Çalışma koşulları	27
Çizelge 2.2 Model ve gerçek durumun karşılaştırılması	29
Çizelge 3.1 Yıkayıcı üzerinden alınan sıcaklıkların ölçüm noktaları.....	30
Çizelge 3.2 Standart 60 °C programı için kütle ve enerji bilançosu tablosu.....	44
Çizelge 4.1 Simülasyon programı toplam enerji bilançosu sonuçları	67
Çizelge 4.2 Simülasyon programı soğuk yıkama adımı enerji bilançosu sonuçları.....	68
Çizelge 4.3 Simülasyon programı ısıtma adımı enerji bilançosu sonuçları	69
Çizelge 4.4 Simülasyon programı sürekli rejim enerji bilançosu sonuçları	70
Çizelge 5.1 Belirli sıcaklıklar için ideal yalıtım uygulanması durumunda yıkama ve enerji performansı.....	75
Çizelge 5.2 Farklı sıcaklıklar için minimum enerji harcaması	76

ÖNSÖZ

Yüksek lisans öğrenim hayatım ve tez çalışmalarım boyunca, bilgi ve tecrübeleri ile desteğini hiçbir zaman esirgmeden katkıda bulunan danışman hocam Sn. Prof. Dr. Hasan A. HEPERKAN'a en derin saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans tez çalışmam için tüm imkan ve olanaklarını sunarak bana destek olan Arçelik A.Ş. Araştırma ve Geliştirme Merkezi'ne, Sn. Dr. Cemil İNAN'a, Sn. Fatih ÖZKADI'ya, Sn. Gökhan ÖZGÜREL'e ve Sn. Yalçın GÜLDALI'ya teşekkür ederim.

Tez çalışmamın planlı ve başarılı bir şekilde ilerlemesinde bana her zaman destek olan, bilgi ve tecrübelerini her zaman paylaşan ve tez çalışmalarım sırasında bana daima yol gösteren Sn. Dr. Bekir ÖZYURT'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Deneysel çalışmalar ve analizler süresince vermiş oldukları teknik destekten ötürü Sn Dr. Deniz ŞEKER'e ve Sn. Erman TUTKAK'a teşekkürü bir borç bilirim.

Deneysel çalışmalar süresince her konuda yardımcı olan, başta Sn. Emine BİRCİ, Sn. Murat ELGÜN, Sn. Şenol ÇAVUŞOĞLU ve Sn. Ercan KURTULDU olmak üzere tüm Arçelik A.Ş. Ar-Ge Termodinamik Ailesi teknisyenlerine ve Temizleme Teknolojileri Ailesi teknisyenlerine teşekkür ederim.

Tez çalışmalarım sırasında aynı ofisi paylaştığım, bana her türlü desteği sağlayan başta Sn. Hüsnü ÖZPEDAL, Sn. Selçuk KARAGÖZ, Sn. Ömer ÜNAL ve Sn. Recep CANIAZ olmak üzere Ar-Ge'de çalışan tüm ofis arkadaşlarıma ayrı ayrı çok teşekkür ederim.

Bana her konuda destek olan Sn. Zeynep MOLDER'e en içten duygularıyla teşekkürlerimi sunarım.

Bugünlere gelmemde, benden maddi ve manevi her türlü desteği hiçbir zaman esirgemeyen çok kıymetli AİLEME en derin duygularıyla teşekkür ederim.

ÖZET

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde enerji ihtiyacı hızla artmaktadır. Artan enerji tüketimi hem enerji kaynaklarının azalması konusunda, hem de atıkların çevreye verdiği zarar göz önünde bulundurulduğunda ciddi problemlere yol açmaktadır.

Gelecekte daha da büyük sorunlar ortaya çıkarması beklenen enerji krizi sebebiyle enerji verimliliği çalışmaları hız kazanmıştır. Enerji verimliliğinin iyileştirilmesine ve enerji tüketiminin azaltılmasına yönelik çalışmalar tüm sektörlerde ön planda tutulmaktadır. Bu çalışmalar, diğer sektörlerde olduğu gibi beyaz eşya sektöründe de öncelikli çalışma konuları arasındadır. Yıkayıcı çalışmalarında genel olarak makinelerin enerji ve su tüketiminin azaltılması, bunun yanı sıra yıkama performansının artırılması hedeflenmektedir.

Bu çalışmada yıkayıcının enerji tüketiminin incelenmesi alanında yapılan çalışmalardan bahsedilmektedir. Öncelikle yıkayıcı enerji verimliliğinin artırılmasına yönelik yapılan çalışmaların derlendiği literatür araştırmasına yer verilmiştir. Ardından, büyük kapasiteli bir makinenin 60°C standart pamuklu programı için sıcaklık profili çıkarılmıştır. Çıkarılan bu profil üzerinden, enerjinin korunumu prensibine uygun olarak adım bazında ve toplam enerji bilançoları çıkarılarak mevcut durum ortaya konmuştur. Ayrıca, yıkama performansından ödün verilmeksizin bir yıkama çevrimi için gerekli minimum enerji tüketimi hesaplanmıştır.

Modelleme çalışmalarında, enerji bilançosu modellenmesi yapılarak, simülasyon ve gerçek durum karşılaştırılmıştır. Ayrıca cam kapaktan olan kayıpların ve yıkayıcı gövdesinden olan kayıpların önlenmesi için yapılan yalıtım çalışmaları da modellenmiştir. Son olarak, ortalama yıkama sıcaklığı ile maksimum ve minimum yıkama sıcaklığına göre; yıkama performansı modellenmesi yapılmıştır.

Soğuk yıkama adımında kazanılan ısı enerji miktarının artırılması için, mevcut yıkama profilinde optimum yıkama süresi tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yıkayıcı, Termal Kamera, Enerji Tüketimi, Modelleme, Optimum Soğuk Yıkama Süresi, Minimum Enerji Tüketimi

ABSTRACT

Energy need in developed and developing countries have been increasing steadily since several decades. Increasing energy consumption causes both to reduce the sources of energy as well as environmental pollution.

Energy efficiency studies have increased due to the energy crisis that will reveal more important problems in the future. All sectors including the household appliances (white goods) sector, give particular importance to studies on increasing energy efficiency and decreasing energy consumption. Decreasing energy and water consumption and increasing the washing performance of washers are intended.

In this thesis, studies on decreasing energy consumption of washers are investigated. The first part of this study gives general information about the literature on energy consumption relations in washers. The second part includes temperature profiles for 60 °C programs of large washers. The third part includes theoretical analysis on energy conservation principles of thermodynamics which are used to calculate the total and detailed heat balance of the washer. In addition, the minimum energy consumption for a cycle was calculated.

In this part, simulation and real time measurements were compared via modelling and energy balance. Also, insulation applications to prevent or minimize energy losses from the lid and the washer body were modelled. Finally, the washing performance was modelled according to the average, maximum and minimum washing temperatures.

Optimum washing time to increase the thermal energy recover on a cold wash cycle was determined.

Keywords: Washer, Thermal Camera, Energy Consumption, Modeling, Optimum Cold Wash Time, Minimum Energy Consumption

1 GİRİŞ

Yüzyıllar öncesinde, insanlar çamaşırlarını poşetlerin içine koyup onları denize salarak ve saatlerce bekleterek çamaşırların temizlenmesini sağlamıştır. Bu uygulamada amaç suyun çamaşıra çarpmasıyla kirin çıkarılmasını sağlamaktır. Daha sonraki dönemlerde, özellikle su, gaz veya elektriğin insan kullanımı için günümüzdeki kadar uygun olmadığı dönemlerde, çamaşır yıkama işi büyük oranda insan gücüne bağlıydı ve çok fazla zaman almaktaydı. Genellikle büyük kazanlarda su kaynatılmakta ve çitileme yoluyla kirin çamaşırdan arındırılması amaçlanmaktaydı [1].

İlk yıkayıcı insan gücüyle çalışmaktaydı. İki yüzey arasına yerleştirilen çamaşır, bir kol sayesinde yüzeylerin birinin hareket ettirilmesiyle, sürtünme oluşturulması sonucu çitilenmekteydi. Bu yıkayıcı 1846 yılında ABD’de patentleşmiştir ve 1927 yılında Montogomery Ward kataloğuna geçirilmiştir [1].

Motor tahrikli, dönen kazanlı çamaşır makineleri 1900’lü yılların başında ABD’de ortaya çıkmıştır. Bu makinelerde su sızıntısı nedeniyle motorda kısa devre olmaktadır. Bu problemin de önlenmesiyle, 1911 yılında metal kazanın içine yerleştirilmiş delikli tambur sistemi geliştirilmiştir. Bu makineler motor tahrikli ve titreşimliydi [1].

Dönel karıştırma hareketi yapan krom-nikel kaplamalı bakır kazanlı ilk makine Beatty Brothers of Fergus (Kanada) şirketi tarafından üretilmiştir. Bu makineler dikey eksenli makinelerin ilk örnekleridir. 1940’lı yıllarda bakır kazanlar yerini, daha uzun ömürlü olan ve daha kolay temizlenebilen çelik kazanlara bırakmıştır. 1920’lerde elektrikli ya da gazlı ısıtıcının yerleştirildiği makinelere 1930’larda su tahliye pompa mekanizmaları da eklenmiştir. Bu sayede otomatikleşme adımı başlamıştır. İlk otomatik yıkayıcı 1937 yılında Bendix şirketi tarafından üretilmiştir. 1950’li yıllarda merdane ile sıkma sistemi yerine kullanıcının kontrol edebileceği devirli sıkma sistemleri geliştirilmiştir. General Electrics şirketi, yıkama durulama sıcaklığı ile yıkama ve sıkma devirlerini kullanıcının kontrol edebileceği bir yıkayıcı üretmiştir [2].

Bir yıkama çevrimi genel olarak ana yıkama, durulama ve sıkma olmak üzere üç adımdan oluşmaktadır. Ana yıkama adımı, soğuk yıkama adımıyla başlamakta ve ısıtma adımıyla devam etmektedir. Isıtma adımının ardından sürekli rejim adımı başlamakta ve ilk tahliyeye kadar bu adım devam etmektedir. Ana yıkama adımının ardından durulama adımı gelmektedir. Bu adımda iki ya da üç adet durulama işlemi gerçekleştirilmektedir, her bir işlem ara sıkımlarla sonlandırılmaktadır. Son olarak ana sıkma adımı gerçekleştirilmektedir.

Çamaşır makineleri genel olarak üstten ve önden yüklemeli olarak iki farklı tipte üretilmektedir. Avrupa’da genelde önden yüklemeli makineler kullanılırken, Uzakdoğu, ABD ve Avustralya’da üstten yüklemeli makinelere daha çok rastlanmaktadır. Her iki tip makinenin de birbirine göre bazı avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Üstten yüklemeli makineler, yükleme kolaylığı bakımından önden yüklemeli makinelere göre daha avantajlıdır ancak su ve enerji tüketimi ile yıkama etkinliği bakımından önden yüklemeli makineler daha elverişlidir. Üstten yüklemeli makinelerde çamaşırın tamamının su ile temas edebilmesi için su seviyesinin çamaşır seviyesinin üzerine çekilmesi gerekmektedir; ancak önden yüklemeli makinelerde tambur hareketi sayesinde çamaşır çevrildiği için su seviyesi daha düşük seviyede olabilmektedir [3].

Yıkayıcılarda çamaşırın yıkanması için mekanik, ısı ve kimyasal etkiden bahsedilmelidir. Mekanik etki karıştırıcılarla ya da tambur hareketiyle sağlanmaktadır. Bu hareketle çamaşırın çitilmesi amaçlanmaktadır. Isıl etki, ısıtıcı kullanımıyla yıkama suyunun sıcaklığının artırılması şeklinde kendini göstermektedir. Kimyasal etki ise deterjan başta olmak üzere diğer kimyevi maddelerin etkisiyle sağlanmaktadır.

1.1 Çalışmanın Amacı

AB üye ülkeleri, European Climate Change Programme (ECCP) adı altında açıklanan sera gazı emisyonunu düşürmeyi amaçlayan çalışmalara uyma konusunda anlaşmalar yapmıştır. ECCP direktifleri içinde enerji tüketen cihazlara yönelik minimum performans standartlarının belirlenmesi ve enerji etiketleme konusuna ilişkin düzenlemeler de yer almaktadır [4]. Bu çalışmalar, enerji etiketleme ve çevresel etiketleme, küresel ısınma ve benzeri çevresel sorunlara ilişkin duyarlılığı artırma konusunda bir araç olarak kullanılmaktadır.

Gelecekte daha da büyük sorunlar ortaya çıkarması beklenen enerji krizi sebebiyle enerji verimliliği çalışmaları hız kazanmıştır. Enerji veriminin iyileştirilmesine ve enerji tüketiminin azaltılmasına yönelik çalışmalar tüm sektörlerde ön planda tutulmaktadır. Bu çalışmalar, diğer sektörlerde olduğu gibi beyaz eşya sektöründe de öncelikli çalışma konuları arasındadır. Yıkayıcı çalışmalarında genel olarak makinelerin enerji ve su tüketiminin azaltılması; bunun yanı sıra yıkama performansının artırılması hedeflenmektedir.

Yıkayıcılar diğer tüm evsel cihazlarda olduğu gibi belli bir enerji etiketleme sistemiyle piyasaya sürülmektedir. Bu etiket üzerinde yıkayıcı için enerji tüketim sınıfı, yıkama performansı sınıfı ve sıkma performansı sınıfı A’dan G’ye olmak üzere iyiden kötüye doğru sınıflandırılmıştır [5].

Etiket üzerinde bu sınıflandırmaya ek olarak bir yıkama çevrimi başına tüketilen elektrik enerjisi, su tüketimi ve yıkama çevrimindeki maksimum sıkma devri ile gürültü değerleri de verilmektedir. Yıkayıcının enerji etiketlemesi EN – 60456 standardı uyarınca yapılmaktadır [6].

Bu çalışmanın amacı standart kapasiteli yıkayıcıların enerji bilançolarının deneysel olarak ortaya konması, yapılan deneysel çalışmalarla enerji kazanımının irdelenmesi ile yıkayıcının modellenmesi ve simülasyon programının elde edilmesidir. Yapılan çalışmalarda 8 kg kapasiteli yıkayıcı kullanılmış ve deneysel çalışmalar pamuklu 60° yıkama programı ile gerçekleştirilmiştir. Isıl yöntemlerle enerji tüketiminin düşürülmesine yönelik çalışmalar ve patentler literatür kısmında incelenmiştir. Çalışmada kullanılan yıkayıcının komponentlerinin sıcaklık değişimi yıkama çevrimi boyunca incelenmiştir.

Bu sıcaklık değişiminden yola çıkılarak ve termodinamiğin birinci yasası kullanılarak, hem toplam çevrim için, hem de soğuk yıkama, ısıtma ve sürekli rejim adımları için detaylı enerji bilançosu çıkarılmıştır. Detaylı enerji bilançosunun ortaya konulmasıyla makinedeki ısı kayıplar tespit edilmiştir. Bu sayede enerji tüketiminin azaltılması konusunda üzerinde durulması gereken komponentler ve bölgeler belirlenebilmektedir.

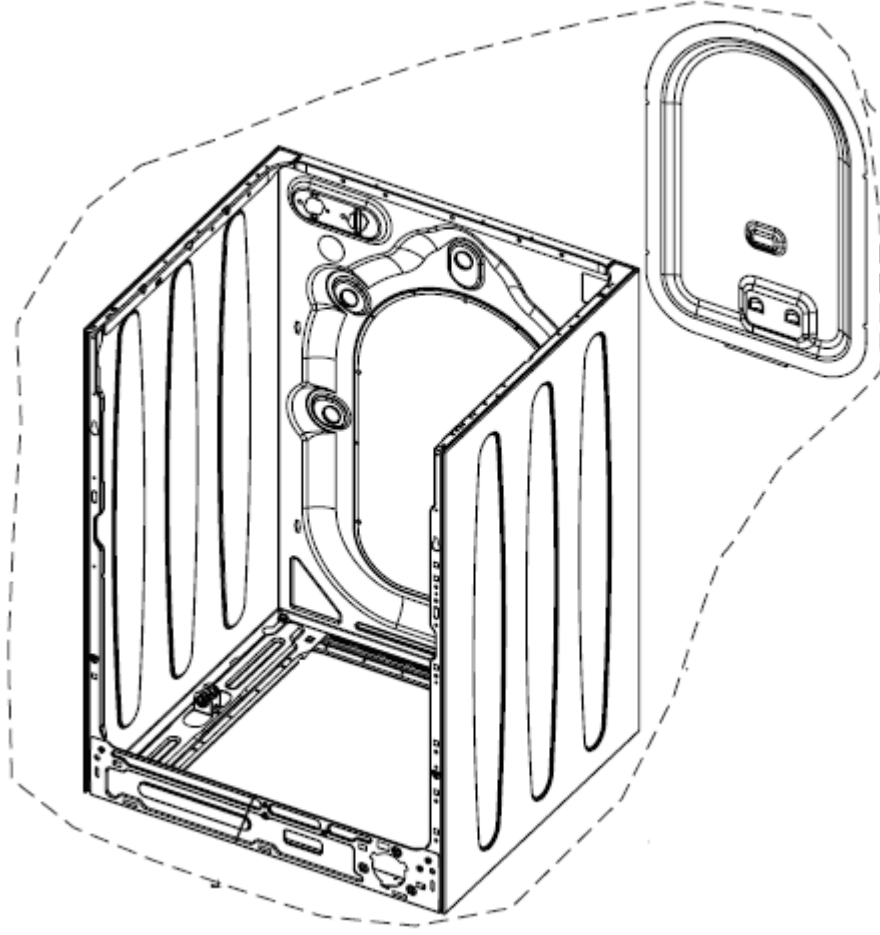
Modelleme ve simülasyon çalışmaları kapsamında cam kapak ve kabin için zamana bağlı ısı dengesi denklemleri yazılarak çözdürülmüştür. Bu sayede, bu iki eleman için çevrim boyunca değişen sıcaklık profilleri simüle edilmiştir. Buna ek olarak, deneysel veriler kullanılarak, ortalama yıkama sıcaklığı ile ana yıkama sonu sıcaklığına bağlı kalınarak tahmini yıkama performansı simülasyon programına eklenmiştir. Son olarak toplam enerji bilançosu ve soğuk yıkama, ısıtma ve sürekli rejim adımları için detaylı enerji bilançosu çalışmaları simülasyon programına eklenmiştir.

Yıkayıcının, A yıkama sınıfı elde edebilmesi koşuluyla minimum harcaması gereken enerji miktarı tespit edilmiştir. İdeal yalıtım sağlanması durumunda, yani makineden olan ısı kayıpların sıfıra indirilmesi halinde makinenin, istenilen yıkamayı sağlayacak şekilde harcaması gereken minimum enerji miktarı elde edilmiştir.

Soğuk yıkama adımında elde edilebilecek maksimum yarar ve bu yararı sağlayabilmek için geçmesi gereken optimum zaman tespit edilmiştir.

1.2 Yıkayıcının Tanıtılması

Yıkayıcı başlıca şu bölümlerden oluşmaktadır:



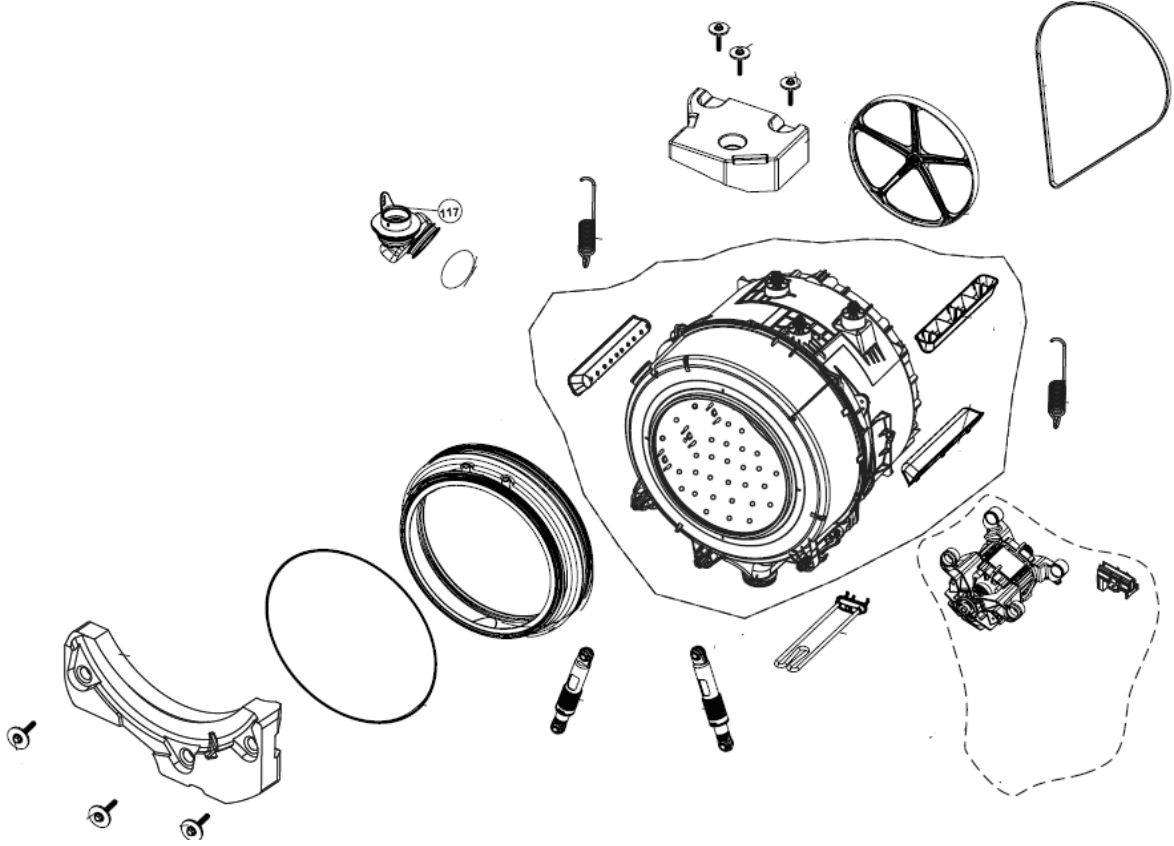
Şekil 1.1 Yıkayıcı gövdesi patlatılmış resmi

- Su sistemi: Suyun makineye alınmasını ve makine içinde dolaşımını sağlayan sistemdir. Şebeke suyu giriş hortumu, su giriş ventili, deterjan kutusu su giriş hortumu, deterjan kutusu, deterjan çekmecesini, kazan çıkış hortumu, buhar çıkış hortumu, pompa ve tahliye hortumundan oluşmaktadır. Jetli makinelerde bunlara ek olarak kazan içi su sirkülasyonunu sağlamak için jet sistemi bulunmaktadır.

Su, şebeke hattından şebeke suyu giriş hortumu yoluyla su giriş ventiline gelmektedir. Su giriş ventili kart vasıtasıyla kontrol edilmektedir. İstenilen miktarda su, önce deterjan kutusu su giriş hortumundan geçerek deterjan kutusuna alınmaktadır. Burada deterjan ile karışan su, daha sonra kazan giriş hortumu vasıtasıyla kazana alınmaktadır.

Su, jetli sistemlerde kazan içindeki suyun sirkülasyonunun sağlanmasıyla yıkama performansının artırılması amaçlanmaktadır. Kazanın alt kısmından alınan su sirkülasyon pompası kullanımıyla kazanın üstüne basılır ve körüğün üst kısmından kazana verilir.

Tahliye anında ise, tahliye pompasının çalışmasıyla kazan çıkış hortumundan alınan su tahliye hortumuyla makine dışına verilmektedir.



Şekil 1.2 Yıkayıcı kazan grubu patlatılmış resmi

- Tahrik sistemi modülü: Kazan ve kazana doğrudan bağlı olan parçalar tahrik modülünü oluşturmaktadır. Kazan, tambur, tambur flanşı, tambur mili, rulmanlar, rulman yuvası, kayış, kasnak, köruk, ısıtıcı, denge ağırlıkları, yaylar ve amortisörler bu sistemin parçalarıdır.

Kazan, suyun ve çamaşırın içinde olduğu ve yıkamanın gerçekleştiği komponenttir. Kazan içine yerleştirilmiş tambur hareketli bir parçadır. Tambur, kayış-kasnak mekanizmasıyla motora bağlıdır. Motordan verilen güç ile tambur dönme hareketi yapmaktadır.

Körüük, kazanın salınım hareketi yapabilmesi için geliştirilmiş bir parçadır. Tambur hareketi sebebiyle kazan da salınım hareketi yapmaktadır, bu hareketin sağlanabilmesi ve makine gövdesini etkilememesi için geliştirilmiş bir parçadır.

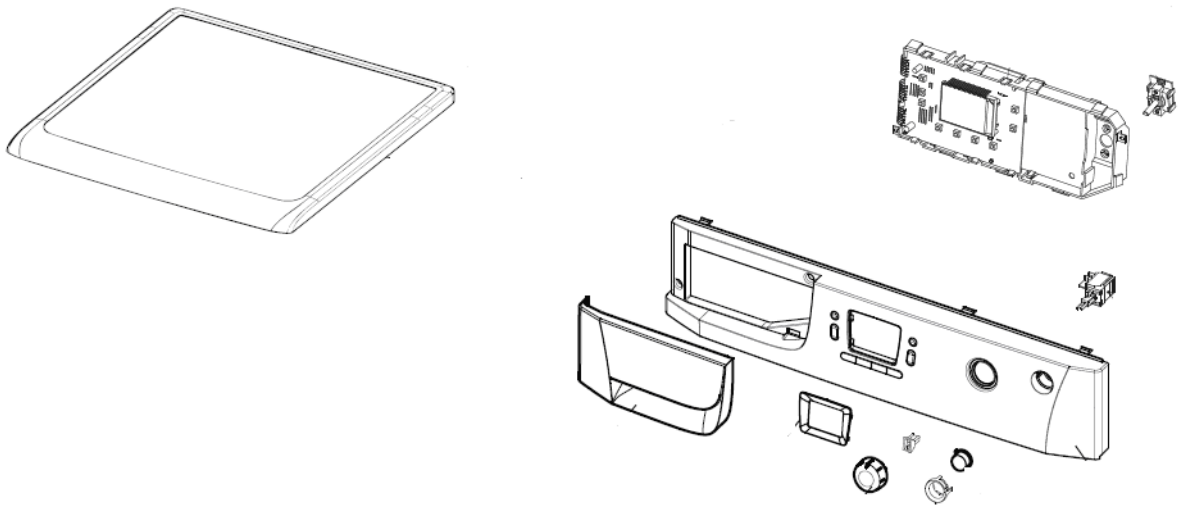
Denge ağırlıkları, yaylar ve amortisörler salınım yapan kazanın yaptığı hareketi sönmlemek ve makine dengesini sağlamak için geliştirilmiş parçalardır. Özellikle yüksek devirlerde makinenin sabit bir şekilde kalmasını sağlamak amacıyla kullanılmaktadır.

Isıtıcı eleman, kazanın alt kısmında tambura temas etmeyecek şekilde bir cep içerisine yerleştirilmiştir. Farklı tipte ısıtıcılar olmak üzere genelde çamaşır makinelerinde U ve W tipi ısıtıcılar kullanılmaktadır. Isıtıcı (rezistans) için kritik boyutlar A ve B boyutu başta olmak üzere, sarım dönme yarıçapı ve tüp yarıçapıdır. Isıtıcı eleman, elektriksel olarak yalıtılmış MgO içine batırılmış spiral şekilli rezistans tellerinden meydana gelmiştir. Bu tabakanın üzerine korozyona dayanıklı bir tabaka kaplanmıştır.

Isıtıcı, soğuk yıkama adımından sonra ısıtma adımında devreye girmektedir. Kazan içi su sıcaklığı daha önceden belirlenen bir sıcaklığa geldiği zaman, ısıtıcıya monte edilmiş NTC sensör vasıtasıyla ya da yine aynı bölgede bulunan, ısıtıcıyla birleştirilmemiş NTC sensör kullanımıyla ısıtıcı kapatılmaktadır. Isıtıcının açılıp kapanması işlemleri elektronik kart üzerinden kontrol edilmektedir.

Thermofuse sigortaları, ısıtıcı eleman içindeki rezistans telleri ile doğrudan bağlantılıdır. Rezistansın arızalanması durumunda bu emniyet sigortaları akımı kesmekte ve cihazın kapanmasını sağlamaktadır.

Isıtıcılar için tanımlayıcı özelliklerin başında güç yoğunluğu gelir. Güç yoğunluğu, güç değerinin efektif alana bölünmesiyle elde edilir. Isıtıcı üzerinde ısı geçişinin gerçekleştiği yüzey alanı efektif alan olarak adlandırılır. Efektif alan tüm yüzey alanından soğuk bölgenin alanının çıkarılmasıyla elde edilir.



Şekil 1.3 Yıkayıcı ön panel grubu patlatılmış resmi

- Ön panel grubu: Gösterge kartı, üst tabla, program tuş ve düğmeleri ile tekmelikten oluşmaktadır.
- Ön kapak grubu: Ön kapak çerçevesi, ön kapak camı ve menteşelerden oluşmaktadır.
- Gövde grubu: Alt şase, yan duvar sacı, ön duvar sacı, arka duvar sacı ve diğer ilave saclardan oluşmaktadır.
- Kontrol sistemi: Kontrol kartı, gösterge kartı, röle kartı ve kablo grubundan oluşan sistemdir.
- Komponentler: Makine içindeki sensörler ile şebeke kablosu, parazit filtresi ve motor bu gruba dâhil edilmektedir.

2 LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1 Yıkayıcı İçin Enerji Kazanım Kriterleri

Yıkayıcıda enerji tasarrufu sağlama kriterleri ve enerji tasarrufu sağlayan yöntemlerin belirlenmesi çalışmalarında, ilk olarak enerji tasarrufu sağlanması için yapılması gereken değişimlerin incelenmesi ve analiz edilmesi gerekmektedir.

Yıkayıcıda enerji kazanımı sağlanması için üç temel ölçüt bulunmaktadır;

1. Su tüketiminin azaltılması ile enerji tüketiminin azaltılması,
2. Isıl kayıpların azaltılması ile enerji tüketiminin azaltılması,
3. Algoritmada yapılan bir takım değişiklikler ile enerji tüketiminin azaltılması. Enerji azaltma çalışmaları bu üç grupta incelenebilmektedir.

2.1.1 Su Sistemleri ve Enerji Tüketimi İlişkisi

Su, çamaşırdan kirlerin çıkarılması için önemli bir parametredir. Enerji ve yıkama performansı alınan su miktarıyla doğrudan ilişkilidir. Alınan su miktarı fazla olursa, ısıtılması gereken kütle artacağından, harcanan enerji miktarı da artacaktır. Bunun yanı sıra, istenilen düzeyde yıkamanın sağlanması için belirli miktarda suya ihtiyaç vardır.

Bu durumda makineye alınan su miktarının ölçülmesi kritik bir parametre olmaktadır. Yapılan çalışmalarda kazan içindeki suyun miktarını ölçme toleransı daha hassas bir duruma getirilmiştir. Bu durum basınç sensörü kullanımı ya da açma kapama dizaynının geliştirilmesiyle mümkün olmaktadır. Dikey kazanlı makinelerde hava deliğinin bir ucu kazanın alt kısmına diğer ucu basınç açma kapama kutusuna bağlanmaktadır. Kazana su doldukça, delik içinde daha fazla basınç meydana getirmektedir, böylece delik içindeki hava basıncı artmaktadır. Hava basıncı basınç açma kapama kutusunu aktive edene kadar artmakta, ardından su giriş valfi kapatılmaktadır. Su seviye ayarlama cihazı ise kazanın fazla dolmasını engellemektedir [3]. Su seviye sensörleri ve su sistemleri ile ilgili tüm tasarım çalışmaları optimum su ile en az enerji tüketen ve istenilen düzeyde yıkama gerçekleştiren yıkayıcı elde etmeyi amaçlamaktadır.

Otomatik doldurma kontrolü yıkayıcılarda su alımı için önemli bir kontrol mekanizmasıdır. Bu dizayn opsiyonu yüklenen çamaşır miktarını ölçer ve buna göre su seviyesini ayarlar. Dikey eksenli kazanlarda su, çamaşırın tamamını içine alacak miktarda doldurulmaktadır. Hem dikey, hem yatay eksenli makinelerde kullanılan sıcak su miktarının azalması toplam

enerji tüketimini azaltmaktadır. Otomatik doldurma kontrolü sayesinde fazla miktarda su alımı engellenmektedir [3].

Su alımında bazı kısıtlayıcı faktörler bulunmaktadır. Lekenin çıkarılması en önemli kısıtlayıcı faktördür. İstenilen verimde yıkama performansının sağlanması için belirli düzeyde suya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu minimum sınırdır. Bu faktörler göz önünde bulundurularak optimum su miktarı elde edilmektedir [3].

Üstten yüklemeli makinelerde su seviyesi, çamaşır seviyesinin üstünde olmalıdır. Ancak bu sayede suyun, çamaşırın tamamı ile temas etmesi sağlanmaktadır. Bu durumda fazla miktarda su gerekmektedir. Ancak önden yüklemeli makinelerde tambur hareketi sayesinde çamaşırın tamamı su ile temas ettirilebildiği için böyle bir gereksinime ihtiyaç yoktur. Önden yüklemeli makineler, üstten yüklemeli makinelere göre daha az su ile yıkama gerçekleştirebilmektedir.

2.1.1.1 Aktif ve Pasif Su Sistemleri

Önden yüklemeli makineler için iki tip su sistemi bulunmaktadır. Bunlar pasif su sistemi ve aktif su sistemidir. Her iki sistemde de amaç çamaşır ile suyun temasını artırmaktır. Pasif sistemlerde bu işlem, tambur yüzeyinde bulunan kanatlar vasıtasıyla yapılmaktadır. Bu kanatlar delikli yapıya sahiptir. Bu delikler suyun çamaşırın üzerine püskürtülmesini sağlamaktadır. Aktif su sisteminde ise, suyun çamaşır üzerine püskürtülmesi aktif yollarla yapılmaktadır. Kazanın alt kısmında bulunan bir pompa vasıtasıyla kazan içindeki serbest su kazanın üst kısmından kazan içine püskürtülmektedir. Bu sayede kazan içinde bulunan serbest su da yıkamaya katılmaktadır.

Jet sistemi geleneksel yıkayıcılarda sık kullanılan bir sistemdir. Bu dizayn opsiyonunda kazan içindeki su bir sirkülasyon pompasıyla aşağıdan alınarak üst kısımdan kazana verilmektedir. Bu sayede kazan alt kısmında standart kazanlarda olması gereken miktarda suya gerek yoktur. Daha az suyun ısıtılması daha az enerji harcaması demektir [3].

Aktif sistemin bulunmadığı sistemlerde, kazan çıkış boşluğu bir top mekanizmasıyla kapatılmakta ve suyun tahliye hattına gitmesi engellenmektedir. Bu sayede bütün su kazan içinde kalarak hem su tasarrufu, hem de fazla suyu ısıtmak için gerekli enerji tasarrufu sağlanmaktadır.

2.1.2 Isıl Yöntemlerle Enerji Kazanımı

Yıkayıcı için ısı verim oldukça önemlidir. Makinenin bir çevrim boyunca harcadığı enerjinin yaklaşık %80'lik kısmı ısıtıcı tarafından, suyu ısıtmak amacıyla harcanmaktadır. Bu sebeple

makinenin ısı veriminin artırılması ve ısı kayıpların azaltılması önem arz etmektedir. Isıl verim, ısıtıcının suyu ısıtmak için kullandığı enerjinin, ısıtıcının toplamda tükettiği enerjiye oranıdır. Isıtıcının verdiği enerjinin büyük bir kısmı suyu ısıtmak için kullanılmaktadır. Bu su, ana yıkama sonunda sistem dışına atılmaktadır, geri kalan enerji ise komponentler tarafından depolanmakta veya ısı olarak dış ortama verilmektedir.

Isıl yöntemlerle enerji kazancı sağlanması ile ilgili yapılan çalışmaların büyük çoğunluğunu yalıtım çalışmaları oluşturmaktadır. Bunun yanı sıra ısı değiştiricisi çalışmaları, ısıtıcının yeri ve tipinin değiştirilmesi ile daha etkin ve verimli ısıtma çalışmaları, buhar enjeksiyonlu yıkama sistemleri ile ilgili çalışmalar vb. çalışmalar yapılmaktadır.

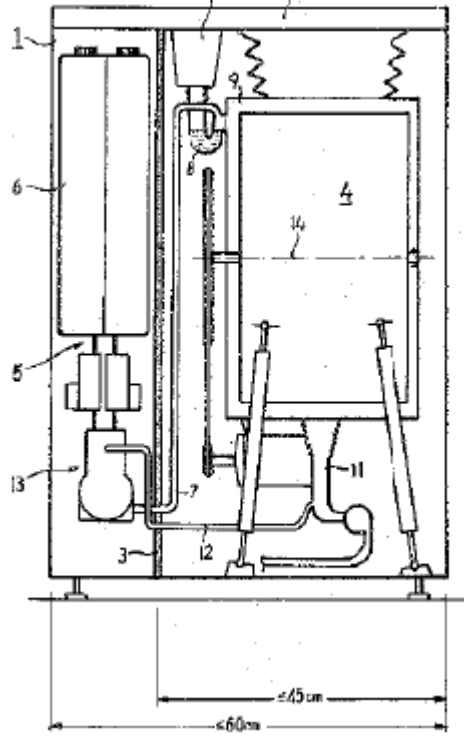
2.1.2.1 Yalıtım Çalışmaları

Yıkayıcılarda enerji kaybının en büyük kısmını, ısı olarak sistemi terk eden enerji oluşturmaktadır. Bu kayıp ısıtma sonrası sürekli rejim adımında meydana gelmektedir. Kazan içindeki su ısıtıldıktan sonra ana yıkama adımında sürekli bir biçimde çevreye ve yıkayıcı komponentlerine ısı vermekte ve su sıcaklığı sürekli olarak düşmektedir. Bu ısı kaybın önlenmesi için en etkin yol yalıtım çalışmalarıdır.

Bu dizayn opsiyonu kazan etrafına yalıtım yapılması durumunu göstermektedir. Çünkü kazan çeperinden dışarıya ısı kaçıması olmakta ve yalıtım malzemesi eklenmesiyle kazan içi sıcaklığı daha yüksek değerlerde tutulabilmektedir [3].

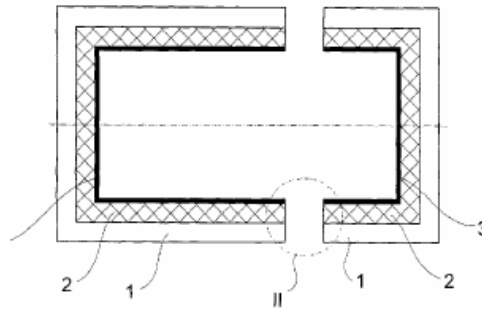
Yıkayıcıda, yalıtım uygulamasıyla sürekli rejim adımında su sıcaklığının düşmesi engellenmekte ve bu sayede ortalama yıkama sıcaklığı yüksek kalmaktadır. Bu da daha yüksek sıcaklıkta yıkama yapılmasını sağlamakta ve yıkama performansı artmaktadır. Aynı yıkama performansının elde edilebilmesi için, ısıtma sonu sıcaklığının düşürülmesi mümkün olabilmektedir. Daha düşük sıcaklığa kadar ısıtma yaparak daha az enerji tüketimi sağlanabilmektedir.

Çamaşır makinelerinde yalıtım uygulamaları konusunda alınmış patentler mevcuttur. “Washing machine with a cupboard-shaped housing” (Dolap şeklinde kabini olan yıkayıcı) isimli patente üstten yüklemeli bir yıkayıcıdan bahsedilmektedir. Makinenin deterjan haznesinde, deterjan ile su karıştırılmakta ve ardından doğrudan kazana verilmektedir. Deterjan haznesi yalıtım malzemesiyle sarılmış ve bu hazne içindeki deterjanlı suyun sıcaklığının düşmesi engellenmiştir [7].



Şekil 2.1 Dolap şeklinde kabini olan yıkayıcı

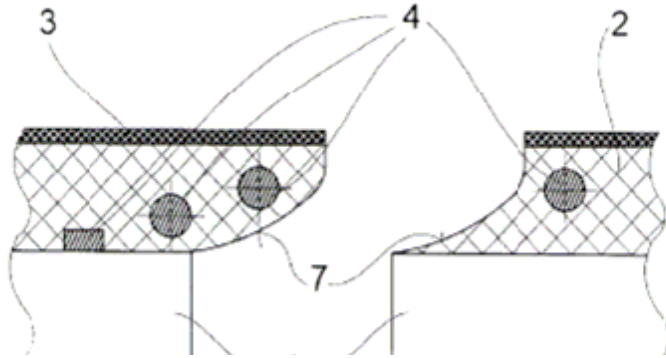
Kazan yalıtımıyla ilgili bir patent ise “Domestic clothes washing machine outer drum has a heat insulating inner lining with a protective surface covering” (Koruyucu yüzey kaplamasına sahip ısı yalıtım astarı bulunduran yıkayıcı) ismiyle alınmış bir Alman patentidir. Bu patentte, ev gereçlerinde kullanılan ve içinde deterjanlı su bulunduran ısı yalıtımı sağlanmış bir kaptan bahsedilmektedir. Çamaşır makinelerinde kullanılan tambur bu tip bir kaptır. Bu kap çelik olabileceği gibi plastik de olabilmektedir [8].



Şekil 2.2 Koruyucu yüzey kaplamasına sahip ısı yalıtım astarı bulunduran yıkayıcı kazanı

Kazan içinde bulunan deterjanlı suyun kap yüzeyine doğrudan temasının engellenmesi için bir kaplama malzemesi kullanılmıştır. Bu uygulamada kabın dış kısmı PS malzemedir, arada yalıtım tabakası vardır ve iç tarafta koruyucu kaplama bulunmaktadır. Koruyucu kaplama yalıtım tabakasını neme, sıcaklığa ve kimyasal etkilere karşı korumaktadır. 1 nolu tabaka sac

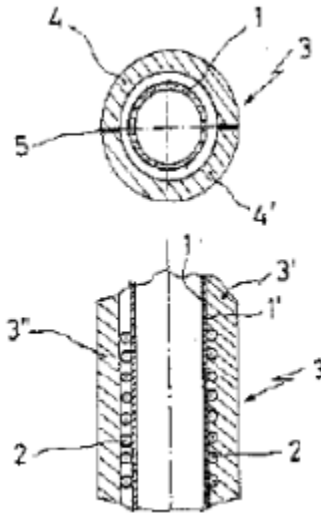
ya da plastik tabakadır. 2 nolu tabaka ısıl yalıtım özelliği gösteren bir tabakadır. 3 nolu tabaka ise, yalıtım tabakasını korumak için kullanılmış bir kaplama tabakasıdır [8].



Şekil 2.3 İzolasyon detay görüntüsü

İzolasyon tabakasının iç kısmına 4 no ile gösterilen dolgu maddeleri eklenmiştir, bu sayede daha iyi bir yapı elde edilmektedir. Yapının güçlendirilmesi için kullanılan dolgu malzemesi dayanımı artırmaktadır. Bu malzeme yalıtım tabakasının içine gömülmüştür [8].

“Electrically heated continuous-flow heater for washing machines or dishwashers” (Yıkayıcılar için sürekli akışlı elektrikli ısıtıcı) ismiyle alınan bir başka patentte boru tipi ısıtıcı etrafına yalıtım yapılmıştır. Bu buluşta, bulaşık ve çamaşır makineleri için suyu ani olarak ısıtan dışı yalıtılmış bir ısıtıcıdan bahsedilmektedir [9].



Şekil 2.4 Sürekli akışlı elektrikli ısıtıcı

Boru iç çeperine yerleştirilmiş bir elektrikli ısıtıcı bulunmaktadır. Sıvı boru içinden geçerken bu ısıtıcı vasıtasıyla ısıtılmaktadır. Borudan dışarı olan ısıl kaybı engellemek için borunun dış

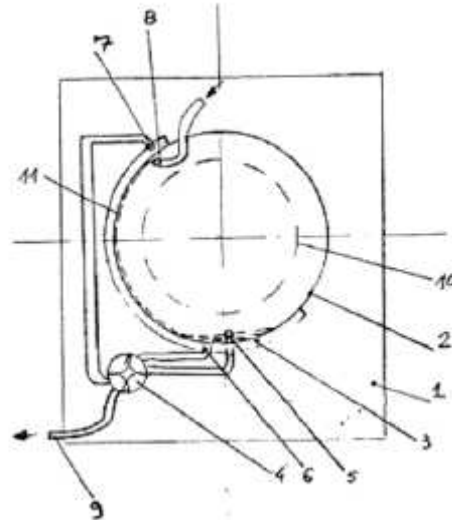
kısmı yalıtım malzemesiyle kaplanmıştır. Bu sayede ani su ısıtıcısından olan kayıplar minimize edilmiştir [9].

Ani su ısıtıcısının içinden sıvı geçmektedir. Borunun dış kısmında elektrikli ısıtıcı ceketler bulunmaktadır. Borunun dış kısmında (1) ısıtıcı elemanlar (2) bulunmaktadır. Bu ısıtıcı elemanlar özellikle yanmaya karşı dayanıklı ısı yalıtım malzemesiyle (3) sarılmıştır. Bu malzeme iki yarım kabuktan (4) oluşmaktadır. Bu iki yarım kabuk karşılıklı olarak yerleştirilmektedir. Kabuklar tesir uçlarından (5) birbirine bağlanmaktadır [9].

2.1.2.2 Isı Değiştiricisi Uygulamaları

Yıkayıcılarda ısı değiştiriciler birkaç amaç için kullanılabilir. En yaygın kullanım alanı atık ısıdan faydalanarak alınan soğuk suyun ısıtılmasıdır. Bunun yanı sıra ön ısıtma amacıyla da kullanılabilir.

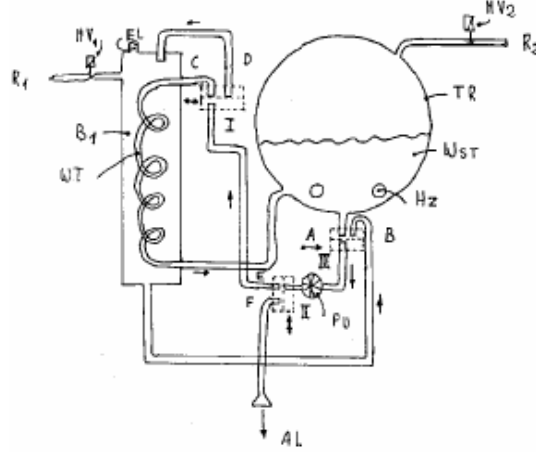
“Device for recovering the heat removed by a load contained in a clothes washing drying sail load” (Isı geri kazanım cihazı) adlı patentte çamaşır yıkama ve kurutma makinesinin kurutma devrinde, kullanılmış hava PCM (Faz değiştiren malzeme)’den geçirilerek ısıyla PCM’in fazını değiştirmesi sağlanmıştır. Daha sonra kurutma sırasında kullanılacak temiz hava, ısınması için PCM’den geçirilmekte ve faz değiştirici orijinal fazına geri dönmektedir. Böylece kullanılmış havanın ısısı temiz havaya verilerek enerji kazancı sağlanmaktadır [10].



Şekil 2.5 Kazana monte edilmiş ısı geri kazanım cihazı

“Heat recovery and water quantity reduction for a washing programme in a washing machine” (Yıkayıcıda ısı geri kazanımı ve su miktarının azaltılması) adlı patentte yıkayıcı kazanının üzerine konulan bir hazne, ısı değiştiricisi görevini görmektedir. Isı değiştiricisi, içinde

tambur (10) bulunduran kazandan (2) ve kazanın üzerinde bulunan su haznesinden (3) oluşmaktadır. Kazana gelen temiz su kullanıldıktan sonra dolaşım boruları sayesinde (5, 11, 7) su haznesine geçirilmektedir. Kazana alınan temiz su kazanın dışındaki haznede bulunan sıcak suyun ısısından faydalanılarak ısıtılmaktadır. Kullanılmış sudan ısı alarak ısınan temiz su, kullanıldıktan sonra kazana gelecek yeni temiz suyu ısıtmak için boşalan su haznesine gönderilmektedir [11].

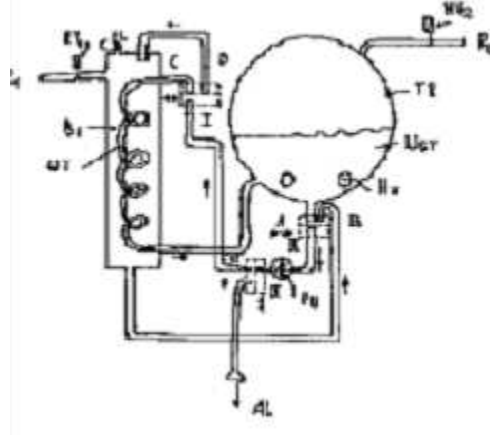


Şekil 2.6 Isı geri kazanım sistemi 1

“Automatic washing machine has heat exchanger for extracting waste heat of a wash operation for use in a subsequent washing operation”. (Bir önceki yıkamadan kalan ısıyı bir sonraki yıkamada kullanmak üzere tasarlanmış ısı değiştiricisi sistemine sahip yıkayıcı) adlı patente bahsedilen yıkayıcıda, bir önceki yıkama çevriminden kalan ısı bir sonraki adımda kullanılmaktadır.

Buluştaki bahsedilen yıkayıcı ısı geri kazanım sistemine sahiptir. Birinci yıkama sonunda sıcak atık su ortaya çıkmaktadır. Eğer ikinci adımda sıcak suya ihtiyaç varsa ısı geri kazanım sistemi kullanılmaktadır. Giderlere ve makine boyutuna göre iki farklı oluşum vardır.

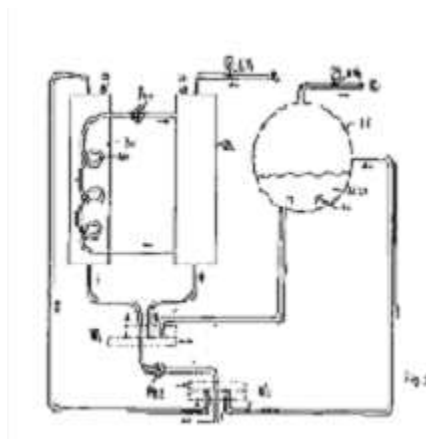
Birinci sistemde bir tank vardır ve bu tankta taze suyla atık su arasında ısı transferi meydana gelmektedir. İkinci sistemde ek bölme bulunmaktadır ve yıkama programı sırasında ısı değişimi meydana gelmektedir.



Şekil 2.7 Isı geri kazanım sistemi 2

Şekil 2.7'deki sistemde işlem, taze su alınmasıyla başlamaktadır. Deterjanlı çözelti B1 tankına pompalanmaktadır. I.valf D pozisyonuna, II. Valf E pozisyonuna, III. Valf A pozisyonuna getirilmektedir. Tank deterjanlı suyla mümkün olduğunca doldurulmaktadır. İkinci yıkama programında taze su tambura akıtılmaktadır. Bu halde valfların durumu; I C'ye, II E'ye, III A'ya getirilmektedir. Bu durumda taze su pompalanmaktadır. Bu sayede, su ısıtılmakta ve yıkama adımı kullanılmaktadır. Eğer ısı değiştiricisinin kullanılması istenmiyorsa, B1 tankında bulunan deterjanlı su, III nolu valf B'ye II nolu valf F'ye getirilerek boşaltılır.

MV1 vanası açılarak B1 tankına soğuk su alınır, vanalar C, E ve A pozisyonundadır, ısı değiştirici bir sonraki adım için taze suyu ısıtmaktadır, arzulanan sıcaklığa ulaşıldığında ısı transferi işlemi sona ermektedir. Ardından durulama işlemi başladığında III vanası B, II vanası F pozisyonuna gelmektedir. Taze su MV2 vanasından alınmaktadır.



Şekil 2.8 Isı geri kazanım sistemi 3

Şekildeki sistemde, yıkayıcıda 2 adet tank bulunmaktadır, bu tank soğuk ve sıcak su depolama görevi görmektedir. Bu sistem geniş hacimli makineler için elverişli olabilmektedir. Tanklardan birisi kirli, diğeri taze su için kullanılmaktadır. Yıkama adımı sırasında tanklar

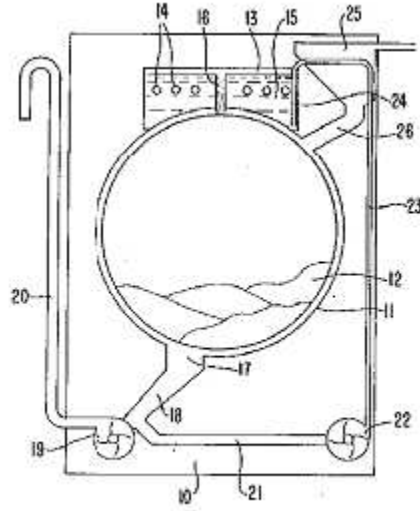
arasında ısı transferi yapılmaktadır. Isınan taze su doğrudan kazana verilmektedir. Sıcak yıkama adımı sonlandığı zaman, sıcak deterjan çözeltisi, V1 vanası C pozisyonuna V2 vanası D pozisyonuna getirilerek tank B1'e pompalanmaktadır. B2 tankı soğuk su ile doldurulmuştur. Bu 1 pompası çalıştırılarak ısı transferi başlamaktadır.

Daha sonraki ön ya da ana yıkama adımı V1 vanası B'ye, V2 vanası F'ye getirilerek sıcak su ile gerçekleştirilmektedir. Şekil 3'teki modelin Şekil 1'e göre avantajlı deterjanlı tankın soğutulması için beklenmemesidir. B1'deki kostik çözelti boşaltılmaktadır. MV2 vanası kullanılarak B2'ye soğuk su alınmaktadır. Bu arada V1 vanası C pozisyonuna, V2 vanası D pozisyonuna getirilmekte ve deterjanlı su B1 vanasına pompalanmaktadır. Bu halde ısı değişimi yapılmaktadır. V1 vanası A pozisyonuna, V2 vanası E pozisyonuna getirilerek B1 tankı boşaltılmaktadır [12].

2.1.2.3 Yıkayıcıda Enerji Kazanımını Isıtıcının Yerini ve Tipini Değiştirerek Sağlayan Patentler

Yıkayıcıda harcanan enerjinin büyük bir kısmı ısıtıcı tarafından harcanmaktadır. Bu sebeple ısıtıcının yeri ve tipi üzerinde yapılacak değişikliklerle ısıtma veriminin artırılması ya da ısıtma işleminin kötüleşmesine sebep olan olumsuzlukların elimine edilmesi enerji kazanımı bakımından büyük önem arz etmektedir.

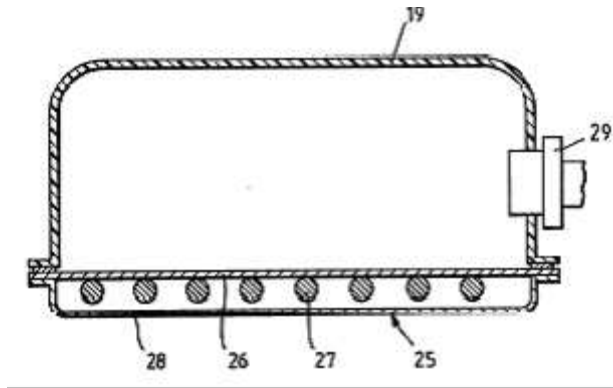
“Laundry washing and drying machine with improved heater” (Geliştirilmiş ısıtıcı bulunduran yıkayıcı) adlı patentte yıkayıcının yıkama devrinde suyu, kurutma devrinde havayı ısıtan ısıtıcıdan bahsedilmektedir. Bu yıkayıcıda, yıkama ve kurutma devrinde suyun ve havanın ısıtılmasını sağlayan kazanın üst kısmındaki haznede (15) yer alan ısıtıcı (14) bulunmaktadır. Bu patente göre; yıkayıcıdaki su, kazan dışında bulunan ısıtıcı tarafından ısıtılıp kazana ulaştırılmaktadır. Şekilde ayrı dolaşım ve tahliye boruları bulunduran yıkayıcı gösterilmiştir.



Şekil 2.9 Farklı tipte ısıtıcı bulunduran yıkayıcı

Temiz su ilk olarak ana borudan gövdede bulunan deterjan haznesine (25) oradan da giriş yolu (26) yardımıyla kazana (12) ulaştırılmıştır. Çamaşırın bulunduğu kazandan dolaşım borusu (18) yardımıyla dolaşım pompasına oradan da dolaşım borusundan kazanın üzerindeki ısıtıcı elemanın bulunduğu hazneye iletilmiştir. Burada ısıtılan su, düşey boru yardımıyla (16) dolaşımını tekrarlamak üzere kazana gelmekte, yıkama işlemi bittikten sonra atık su, tahliye pompası (19) kullanılarak tahliye borusu (20) yardımıyla makine dışına çıkarılmaktadır [14].

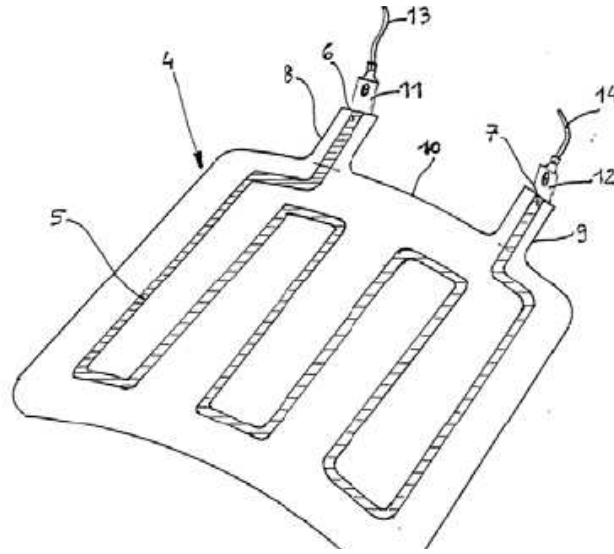
“Clothes washing machine with a device the washing solution” (Yıkama suyunu içinde bulunduran hazneye sahip bir yıkayıcı) isimli patentte ısıtıcı kazan dışında bir haznede bulunmaktadır. Kazanın alt kısmında bulunan dolaşım borusu ile kazan ısıtıcı tankına bağlanmaktadır. Dolaşım borusundan gelen su, ısıtıcı tankına gelmeden filtreden geçerek çamaşır artıklarından arındırılmaktadır.



Şekil 2.10 Yıkama suyunu içinde bulunduran hazneye sahip bir yıkayıcı kazanı

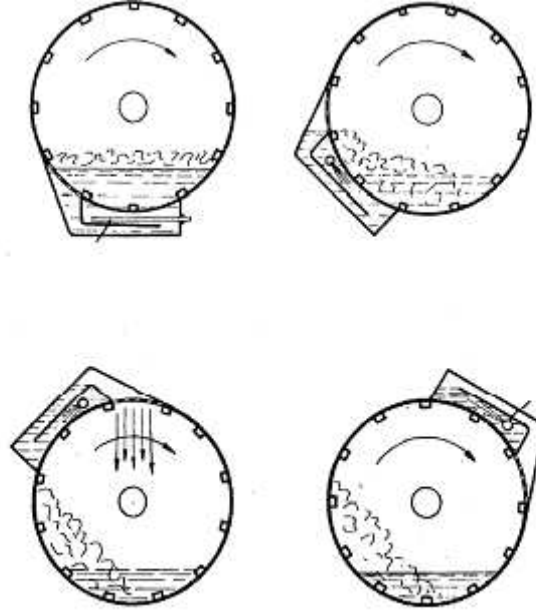
Yıkama suyu tanka ulaştıktan sonra tekrar yıkamanın olduğu tambura dolaşım pompası ve borusuyla geçmektedir. Yıkama bittikten sonra tahliye borusundan dışarı atılmaktadır. Plastik malzemeden yapılan (19) alt kısmında açıklık bulunmaktadır. Bu açıklık metal levha (26) ile kapatılmaktadır. Elektrik rezistansı (27) bu levhanın alt kısmına yerleştirilmekte, rezistansın oluşturduğu ısı, iletim ve ışınım ile levhaya ulaşmakta ve yıkama suyunun ısınması sağlanmaktadır. Rezistans yalıtılmakta ve tank dışına ısı dağılmasını engellenmektedir [15].

“A heating for washing and/or drying machins for laundry” (Yıkayıcı için ısıtma) isimli patentte yıkayıcı ısıtıcısı tipinden bahsedilmektedir. Isıtıcı, yıkama suyunu ve kurutma havasını hızlı bir şekilde ısıtmakta, ısıtıcıda aşırı ısınma olmasını engellemektedir.



Şekil 2.11 Yüzey alanı genişletilmiş ısıtıcı

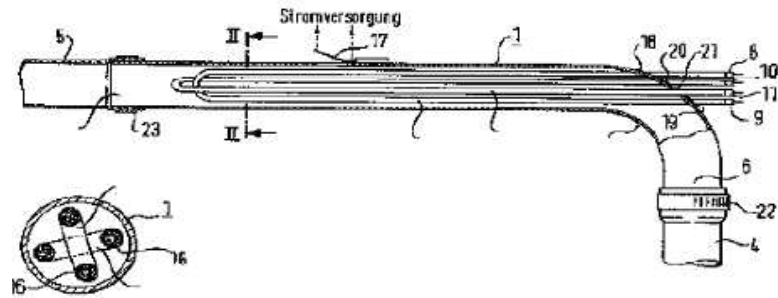
Bu patentteki ısıtıcı elektrik yalıtım malzemesinden yapılan bir levha içermektedir. Bu levha paralelyüz şeklindedir. Ayrıca bu ısıtıcının bir yüzü de, elektrik iletim malzemesi içeren levhayı içermektedir. Paralelyüz şeklinde yapılmış olan çamaşır yıkama ve kurutma makinesinin ısıtma kanalına yerleşecek şekilde eğilmiş levhadan bir ısıtıcı bulunmaktadır. Isıtıcı bor, bakır oksit, kobalt veya nikel oksitten oluşmuştur [16].



Şekil 2.12 Kazana iliştirilmiş ve kazan ile birlikte hareket eden ısıtıcı

“Washing machine” (Yıkayıcı) isimli patente, yıkayıcıdaki ısıtıcının yerinden bahsedilmektedir. Isıtıcı makinenin tamburunda bulunan bir hazne yer almaktadır ve tambur bu hazneye deliklerle bağlantılıdır. Tambur çevresinde bu hazne dışında delikler bulunmamaktadır. İçinde ısıtıcı bulunduran bu hazne suyun ısınmasını ve tamburla beraber dönerek, suyun düzgün şekilde karışmasını sağlamaktadır. Bu dönüş hareketleri sayesinde, tamburla beraber dönen ısıtıcı tambur içinde homojen ısı dağılımı sağlanmıştır [17].

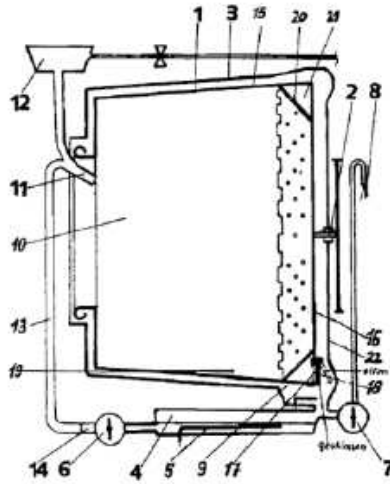
“Continuous-flow heater” (Sürekli akışlı ısıtıcı) isimli patent, çamaşır veya bulaşık makineleri için tasarlanmış sürekli akış ısıtıcısıyla ilgilidir. Bahsi geçen ısıtıcı, U tüpü biçimli en az bir adet tüp biçimli rezistif yapıya sahiptir ve özel bir boru içinde akış yoluna yerleştirilmiştir. Isıtıcının yerleştirildiği özel boru, yıkama suyunu kazana gönderen hortumun içine yerleştirilmiştir, düz ve kıvrımlı iki kısımdan oluşmaktadır. Akış borusunun dış yüzeyinde bimetalik bir elektrik anahtarı bulunmaktadır.



Şekil 2.13 Sürekli akışlı ısıtıcı

Patentin konusu olan ani tipteki sürekli akış ısıtıcısı, az miktardaki suyu daha hızlı ve etkin bir şekilde ısıtarak enerji tasarrufu sağlamaktadır [18].

“Washing machine with unperforated drum – retains water within drum during spinning to prevent abrasion damage to laundry and reduce water and energy consumption”. (Sıkma sırasında çamaşırın yıpranmasını engelleyen ve su ile enerji tüketim miktarını azaltan deliksiz kazana sahip yıkayıcı) isimli patentte tambur (1), içinde deterjanlı su bulunan kazana (3) yerleştirilmiştir. Bu kazanın altına elektrik ısıtıcılı (5) ısıtıcı tankı (4) yerleştirilmiştir. Çevrimdeki akışı gerçekleştirebilmek için pompa (6) yerleştirilmiştir. Diğer tarafa ise, ısıtıcı tanktaki (4) suyu boşaltmak için bir başka pompa (7) yerleştirilmiştir. Ayrıca elektrik ısıtıcısı (5) kazandaki (3) bir boşluğa (9) yerleştirilebilmektedir. Isıtıcı haznesine su alınmakta ve burada ısıtma işlemi gerçekleştirilmektedir, su arzulanan sıcaklığa ulaştığında pompalar vasıtasıyla kazana beslenmektedir.



Şekil 2.14 Deliksiz kazana sahip yıkayıcı

Akışkan tambura (10), giriş kanalından (11) alınmaktadır. Giriş kanalı (11) ikiye ayrılmaktadır, birisi 13 numaralı kanaldır diğeri ise deterjan kutusuna (12) bağlanan kanaldır. Tambur konik bir kaplama (15) bulundurmaktadır. Delikli değildir ve su geçirmez bir yapıdadır. 5 numaralı tambur tabakasının konik olması sayesinde bütün su boşaltılabilmektedir. 17 numaralı açıklık bir vanayla (18) kontrol edilmektedir. Bu delik açıldığında akışkan kazana (3) akmaktadır. Koni şeklindeki delikli parça (20) sayesinde çamaşır tahliye deliğinden geçememektedir. Su, atık su bölgesine (21) geldiği zaman 18 numaralı valf açılmakta ve su kanaldan (17) geçerek kazana (3) akmaktadır.

Çamaşır, tamburun içine alındıktan sonra taze su deterjan karışımı çamaşıra verilmektedir. Isıtıcı haznesinde (4), yaklaşık 1,5 litre serbest su kalana kadar bu işlem gerçekleşmektedir.

Isıtıcının (5) açık kaldığı süre boyunca, serbest su, pompa (6) sayesinde 13 ve 11 numaralı kanallardan geçerek tamburun içine (10) gitmektedir. Valf (18) açılmakta ve serbest su tamburdan (1) serbest su çıkış yoluyla (17) kazana (3), oradan da ısıtıcı haznesine (4) gitmektedir. Su ısıtıcı haznesine gönderilmekte ve buradan pompa yardımıyla tekrar tambura yollanmaktadır.

Son sıcaklığa ulaşıldığında valf (18) kapatılmaktadır. Kazan ve tambur arasında serbest su olmadığı zamanlarda hava bulunmaktadır ve hava burada çok iyi yalıtım sağlamaktadır. Serbest su tamburu terk etmediği durumda, çamaşırın yüzeyinde ve yapısında akış dinamiği gelişmektedir. Böylece delikli tamburlu makineye göre bu makinede yıkama mekanizması gelişmektedir.

2.1.3 Diğer Yöntemler

Yıkayıcıda enerji tüketiminin azaltılması ile ilgili çalışmalarda su ve ısı verimin artırılmasıyla doğrudan ilgili olmayan bir takım uygulamalar bulunmaktadır. Bunlar proses kontrol mekanizmasının iyileştirilmesi, motor veriminin artırılması, buhar enjeksiyonu ile yıkama etkinliğinin artırılması, pasif su sistemleri ile yıkama etkinliğinin artırılması, motor ısısından faydalanılması çalışmalarıdır.

2.1.3.1 Proses Kontrol Mekanizmasıyla İlgili Çalışmalar

Proses kontrol mekanizmaları sayesinde su sıcaklığı istenildiği gibi daha düşük toleranslarda ayarlanmakta, bunun yanı sıra proses sıraları düzenlenmekte ve bu sayede daha verimli bir yıkama işlemi gerçekleştirilmektedir.

“Washing machine” (Yıkayıcı) isimli patentte, bahsedilen yıkayıcıda geleneksel makineden farklı olarak, sirkülasyon pompası, motor, ısıtıcı ve su tedarik vanasıyla irtibat halindedir. Böylece sirkülasyon pompasının kontrolüyle, enerji tüketiminde azalma meydana gelmektedir.

Motorun açık - kapalı olma durumuna göre sirkülasyon pompası açılıp kapanmaktadır, bu şekilde kontrol sağlanmaktadır. Motor açıkken tambur dönmektedir, bu durumda sirkülasyon pompasının açılması yıkama etkinliğini artırmaktadır, ancak motor kapalıyken tambur dönmemektedir bu durumda suyun sirküle olması gereksizdir.

Sirkülasyon pompası su tedarik vanasıyla iletişim halinde çalışmaktadır. Su tedarik vanası açıldığında sirkülasyon pompası kapatılmaktadır. Böylece taze su miktarı doğru bir şekilde

ölçülebilmektedir. Yeterli su alınmasıyla motor ömrü kısalmamaktadır ve bu da enerji kaybına neden olmamaktadır.

Isıtıcıyla sirkülasyon pompası iletişim halinde çalışmaktadır. Isıtıcı kapatıldıktan sonra sirkülasyon pompası açılmaktadır. Tercihen, ısıtıcı, suyu belli sıcaklığa getirdikten sonra sirkülasyon pompası açılmakta ve su belli süre sonra sirküle edilmektedir. Bu durumda ısıtıcı kapatılmamaktadır. Daha çok tercih edilen durum, ısıtıcı açıldıktan sonra sirkülasyon pompasının kapatılmasıdır. Su tedarik vanası açırken pompa kapatılmaktadır.

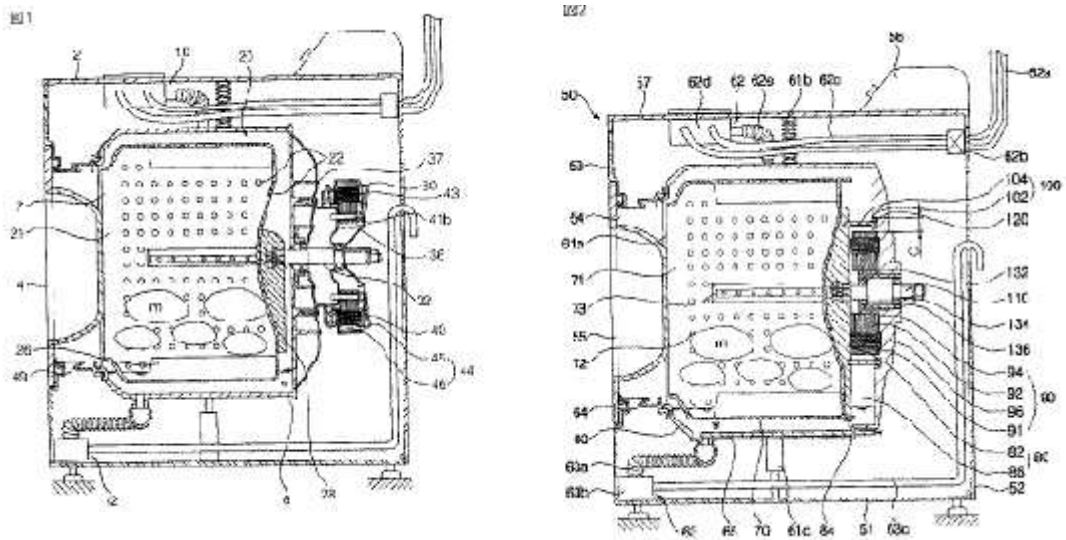
Durum belirleme metodu, motorun, ısıtıcının, su tedarik ünitesinin açık olması durumlarına göre durumu belirlemektedir [20].

2.1.3.2 Motor Veriminin Artırılması

Çamaşır makinelerinde ısıtıcıdan sonra en çok enerji tüketen komponent motordur. Motor veriminin ve etkinliğinin artırılması hem motorun daha verimli çalışması sebebiyle daha az enerji harcamasını; hem de motor ömrünün uzamasını sağlamaktadır.

“Washing machine” (Yıkayıcı) isimli patente bahsedilen yıkayıcıda, kazan içine yerleştirilmiş bir motor bulunmaktadır, bu sayede makinenin yıkama kapasitesi ciddi oranda artırılmıştır.

Geleneksel yıkayıcıda motor kazanın arka tarafında dışında bulunmaktadır. Sonuç olarak, bu makine kapasitesini düşürmektedir, titreşim ve sesi artırmaktadır ve yıkayıcının güvenliğini azaltmaktadır.



Şekil 2.15 Motorun kazan içine alındığı sistem

Motorun olduğu bölüm tamamen kazan içine alındığı iç geleneksel makinede kazan dışında kalan motor çevresi bu makinede kazan içine dâhil edilmiştir. Bu da kazan iç hacminin artmasını sağlamıştır.

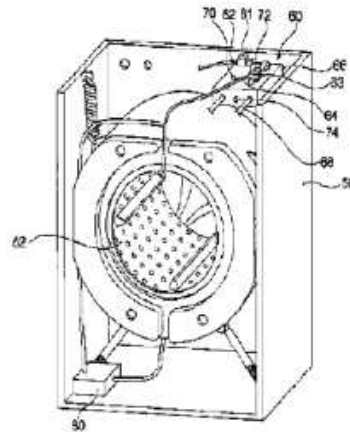
Stator ve rotor kazan içinde olabilmektedir, böylece rotor dönerken çıkardığı gürültü azalmaktadır ve yıkayıcının güvenliği artırılmaktadır. Rotor destekleyici mile bağlanmak zorunda değildir bu sayede rotor yapısı basitleştirilir ve rotor için kullanılan malzeme fiyatı düşer.

Statorda üretilen ısı yıkama suyuna verilebilmektedir, böylece makinenin yıkama performansı gelişmekte ve enerji tüketimi azalmaktadır [21].

2.1.3.3 Buhar Enjeksiyonuyla Yıkama Performansının Artırılması

Kazan içine doğrudan buhar verilerek lekelerin daha iyi çıkması sağlanmakta ve su moleküllerinin çamaşırın her yerine daha homojen bir biçimde ulaşması sağlanmaktadır. Bu sayede daha düşük sıcaklıkta yıkama yapmak mümkün olmakta ve enerji tasarrufu sağlanmaktadır.

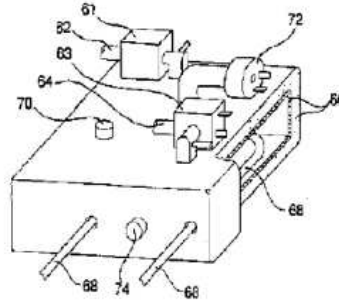
“Washing method in steam injection type washing machine” (Buhar enjeksiyon tipi yıkayıcıda yıkama yöntemi) isimli patentte yıkayıcının yıkama haznesine yukarıdan buhar enjekte edilmektedir. Buhar sayesinde gerçekleşen yıkama sıcaklığındaki artış kirin çamaşırdan ayrılmasını kolaylaştırmaktadır. Sistemde, yıkama performansında gelişme gözlenmiştir. Yıkama adımı su alma ve tamburun dönmesiyle başlamaktadır. Buhar alma adımı ise yıkama adımı devam ederken gerçekleşmektedir. Böylece; tambura alınan yıkama suyunun sıcaklığı artmaktadır.



Şekil 2.16 Buharlı yıkama yapan yıkayıcı

Buhar alma adımından önce buhar elde etme tankına su alınmaktadır, ardından bu tankta yüksek sıcaklığa çıkılarak buhar elde edilmekte ve elde edilen buhar kazana verilmektedir. Alınan su miktarı tanktaki seviye sensörleri tarafından kontrol edilmekte ve belirli bir limiti aşması engellenmektedir. Eğer tanktaki su sıcaklığı limitlerin üzerine çıkarsa, su alımı gerçekleşir, bu su alımı sensörlerin izin verdiği ölçüde olmaktadır.

Buhar üretme adımında, tankın iç basıncı önceden belirlenen değerlere ulaşırsa ısıtıcı durdurulmaktadır. Bu adımda, ısıtıcı çalışması sonlandığı zaman, buhar enjeksiyonu gerçekleşmektedir. Isıtıcı sıcaklığı belirlenen değerlere ulaşırsa ısıtıcının çalışması durdurulabilmektedir.



Şekil 2.17 Buhar üretici

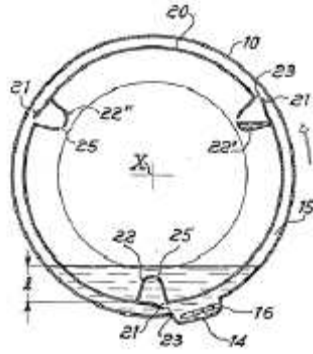
Yıkayıcıya yerleştirilen çamaşırın miktarına göre su alımı gerçekleşmektedir. Alınan suyla çamaşırın ıslanması sağlanmaktadır. Sirkülasyon pompası tarafından basılan ve buhar tedarik borusuyla yıkama tüpünün üst kısmına yollanan su, yıkama tüpünün içine püskürtülmektedir. Eğer alınan su miktarı çamaşır için yetersiz olursa, bir önceki adıma dönülmekte ve tekrar su alımı gerçekleştirilmektedir.

Tanktaki su, buhar haline getirilip kazana verilerek, çamaşırların daha çabuk ıslanması sağlanmakta ve yıkama performansı gelişmektedir. Bunlara ek olarak, su tüketimi ve elektrik enerjisi kullanımı azaltılmaktadır [22].

2.1.3.4 Pasif Sistemler

Pasif sistemler herhangi bir enerji harcaması yapmaksızın yıkama performansını artırmaya yönelik çalışmalardır. Yıkama performansının artmasıyla yıkama sıcaklığında düşüş yapmak mümkün olmaktadır, bu sayede daha az enerji harcaması yapılabilmektedir ya da pasif sistemler sayesinde su tüketimi azaltılmakta ve bu da daha az suyun ısıtılması manasına gelmektedir. Bu sayede daha az enerji tüketimi gerçekleşmektedir.

“Improved washing machine with a reduced energy consumption” (Enerji tüketimi azaltılmış yıkayıcı) isimli patentte, su tüketimini azaltıp enerji kazancı sağlayan yıkayıcıdan bahsedilmektedir. Yıkayıcıda tambur boyutlarını büyük tutarak kazanla tambur arasındaki alan azaltılmıştır, bu şekilde daha az suyla çamaşırların aynı şekilde ısıtılması ve yıkanması sağlanmaktadır. Isıtıcı eleman kazan ve tambur arasına sığmadığından dolayı kazan içinde cep şeklindeki haznede bulundurulmaktadır.



Şekil 2.18 Tambur içine yerleştirilmiş kanat sistemi

Bu bölmeler yıkama sırasında çamaşıra mekanik hareketlilik sağlamaktadır. Bölmelerde bulunan açıklık (23) suyun girişini sağlamaktadır. Bölmelerde bulunan kapama elemanı (21) suyun dışarı çıkmasını engellemektedir. Bölmedeki açıklık (23) ise suyun kazandan tambura geçişini sağlamaktadır. Tamburun saat yönünün tersine doğru dönmesi sırasında bölme su ile dolup ve yukarı doğru çıktıkça içindeki suyu tamburun içine boşaltmaktadır. Saat yönü veya saat yönünün tersi yönünde de bölmelerin suyla dolması sağlanır [23].

2.2 Yıkayıcıda Enerji Tüketiminin Azaltılmasına Yönelik Yapılan Çalışmaların Derlendiği Makaleler

2.2.1 Yıkayıcıyı Isıtmak İçin Gerekli Enerjinin Güneş Kazanımının Artırılarak Sağlanması

Bu çalışmada elektrik enerjisi yerine alternatif enerjilerle yıkama gerçekleştirilmesi incelenmiştir. Alternatif enerji kaynakları kullanılarak enerji tasarrufu sağlanması amaçlanmıştır. Alternatif enerji kaynağı olarak güneş enerjisi kullanılmaktadır.

Elektrikli makinelerin yanı sıra, sıcak su beslemeli ve ısı beslemeli makineler incelenmiştir. Farklı iki ortam koşullarında, iki farklı sistem karşılaştırılmalı olarak verilmiştir. Performansın karşılaştırılması açısından sıcak su beslemeli ve ısı beslemeli makineler de

simüle edilerek karşılaştırılmıştır. Bu çalışmanın temel noktası, güneş kazanımının toplam elektrik tüketimi üzerindeki etkisinin belirlenmesidir.

SDHW sistemde kazan depoyu ısı değiştiricisi vasıtasıyla ısıtırken, kombi sistemde ısı değiştirici olmaksızın, doğrudan ısıtma yapılmaktadır. Solar sistemden gelen ısıl kazanç ısı değiştirici vasıtasıyla depoya verilmektedir.

Kombi sistemde makine depoya doğrudan bağlanıp, doğrudan sıcak suyu kullanmaktadır, SDHW sistemde ise bir ısı değiştiricisi vasıtasıyla ısıtma işlemi gerçekleştirilmektedir. Deneysel çalışmalar İsveç Tüketici Birliği standartlarına göre yapılmıştır.

Çalışma koşulları ve sonuçları Çizelge 2.1’de verilmiştir. Stockholm’de elektrikli ve ısı beslemeli kombi sistem ile çalışan makine, yine aynı şehirde evsel sıcak su (DHW) ismi verilen sistemle çalışan makine ve Miami’de DHW sistemli makine ile deneyler yapılmıştır.

Isı kullanımı/elektrik tasarrufu faktörü sistemden bağımsız olarak elde edilen bir faktördür. Çalışmalara bakıldığında elektrikli sistemden ısı beslemeli sisteme geçiş durumunda bu faktör yaklaşık %20 oranında artmaktadır. Bu da elektrik kullanımı sebebiyle %20 daha fazla su ısıtıldığı manasına gelmektedir. Sıcak su beslemeli makineler için yapılan çalışmada da bu oran 1.36 çıkmıştır. Bu durumda sıcak su beslemeli makinelerde elektrikli sistemde %36 daha fazla su ısıtılmaktadır.

Çizelge 2.1 Çalışma koşulları

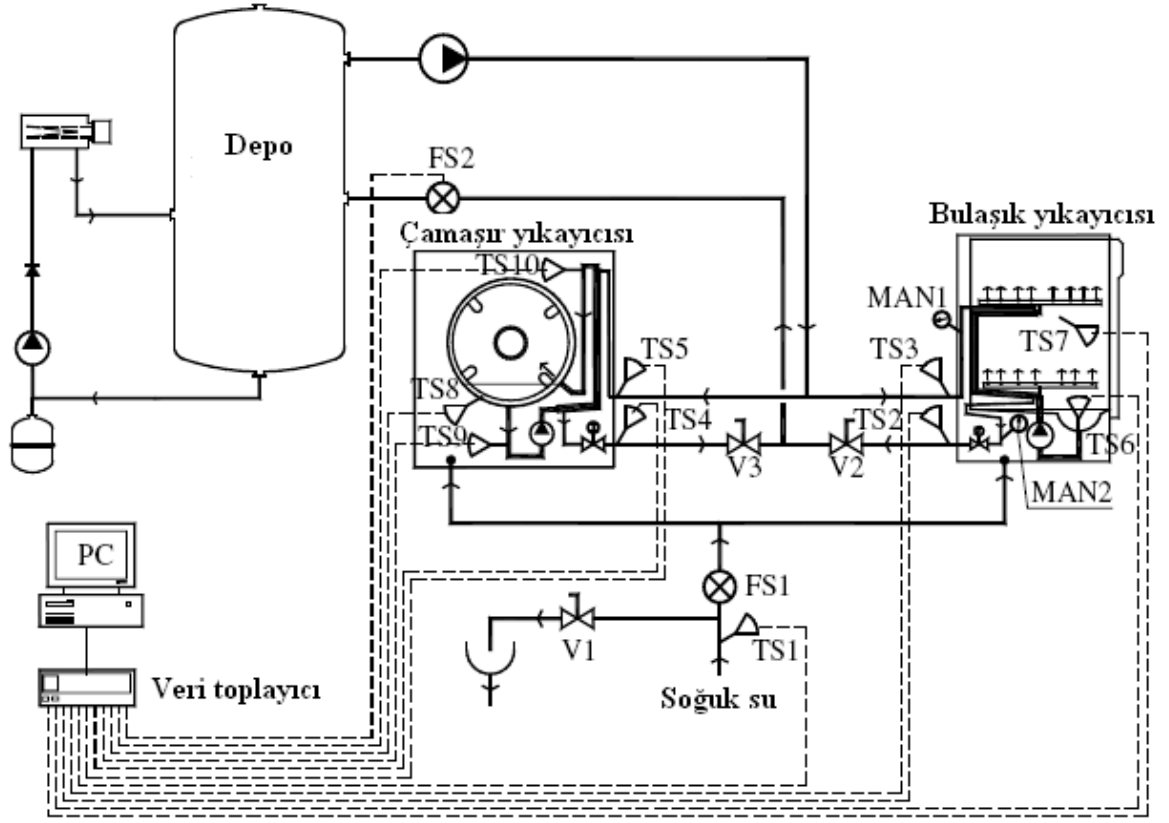
Sistem versiyonu	V1a	V1b	V2a	V2b	V3a	V3b
Sistem tipi	Combi	Combi	DHW	DHW	DHW	DHW
Ortam	Stockholm	Stockholm	Stockholm	Stockholm	Miami	Miami
Isı kaynağı	Elektrikli	Isı beslemeli	Elektrikli	Isı beslemeli	Elektrikli	Isı beslemeli
Soğuk su sıcaklığı (C)	8.5 ± 6.4	8.5 ± 6.4	8.5 ± 6.4	8.5 ± 6.4	23.9	23.9
Ortam sıcaklığı (C)	21	21	21	21	23	23
Kollektör alanı (m2)	10	10	5	5	4	4
Depo hacmi (m3)	0.729	0.729	0.279	0.279	0.279	0.279
BM ısıtma borusu (m/m)	–	2 × 10/Ø0.010	–	2 × 10/Ø0.010	–	2 × 10/Ø0.010
ÇM ısıtma borusu (m/m)	–	2 × 5/Ø0.010	–	2 × 5/Ø0.010	–	2 × 5/Ø0.010
Isıtma borusu izolasyon kal. (mm)	–	12	–	12	–	12
BM soğuk su borusu (m/m)	5/Ø0.015	5/Ø0.015	5/Ø0.015	5/Ø0.015	5/Ø0.015	5/Ø0.015
ÇM soğuk su borusu (m/m)	2/Ø0.015	2/Ø0.015	2/Ø0.015	2/Ø0.015	2/Ø0.015	2/Ø0.015
Soğuk su izolasyon kal. (mm)	9	9	9	9	9	9
Kazandan depoya ısı geçişi (MJ/yıl)	46,940	49,070	5660	7950	400	1340
Fark (MJ/yıl)		(+2130)		(+2290)		(+940)
Güneş kazanımı (MJ/yıl)	11,340 (MJ/yr)	11,820	6720	7030	8160	9010
Fark (MJ/yıl)		(+480)		(+310)		(+850)
DHW yükleme (MJ/yıl)	11,200	11,200	11,200	11,200	6450	6450
Radyatör sistemine ısı geçişi (MJ/yıl)	43,900	43,900	0	0	0	0
Makinaya ısı geçişi (MJ/yıl)	0	2660	0	2690	0	2170
Depo ısı kayıpları (MJ/yıl)	3180	2980	1180	1090	1930	1690
Bütün pompaların elek. kul. (MJ/yıl)	3270	3440	330	520	250	390
P6 pompasının elek. kul. (MJ/yıl)	0	120	0	140	0	110
BM boru kayıpları (MJ/yıl)	0	240	0	250	0	230
ÇM boru kayıpları (MJ/yıl)	0	60	0	60	0	50
BM elektrik kullanımı (MJ/yıl)	1680	160	1680	170	1420	160
BM ısı kullanımı (MJ/yıl)	0	1490	0	1500	0	1250
ÇM elektrik kullanımı (MJ/yıl)	1160	310	1160	320	910	300
ÇM ısı kullanımı	0	870	0	880	0	640
Cihazların elektrik kullanımı (MJ/yıl)	2840	590	2840	630	2330	570
Cih. ısı kullanımı ve ısı kay. (MJ/yıl)	0	2660	0	2690	0	2170
Isı kullanımı/elek. kazancı faktörü		1.18		1.22		1.23
Toplam elektrik kullanımı (MJ/yıl)	6110	3910	3170	1010	2580	840
Fark (MJ/yıl)		(–2 200)		(–2160)		(–1740)

Stockholm’de kombi sistem kullanımında, ısı beslemeli sistem kullanılırsa 480 MJ enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Bu değer sıcak su beslemeli makine için 440 MJ’dür. Miami’deki SDHW sistemde, güneş enerjisinden ısı kazanç 850 MJ’dür [24].

2.2.2 Sıcak Su Sirkülasyon Sistemiyle Isıtılan Yıkayıcı

Bu çalışmada sıcak su beslemeli makine modellenmiş ve gerçek durum ile modelleme karşılaştırılmıştır. Deneysel sonuçlara göre yıkayıcılardaki 3.78 MJ’lük enerji tüketiminin 2.74 MJ’ü ısıtıcı tarafından harcanmaktadır.

Çalışmada kullanılan yıkayıcıya ısı değiştirici sistemi monte edilmiştir. Bu sistem makine içindeki suyun ısıtılmasında kullanılmaktadır. Kullanılan simülasyon programında ortam sıcaklığı, su giriş sıcaklığı ve su giriş debisi girdi olarak kullanılmaktadır.



Şekil 2.19 Sıcak su sirkülasyon sistemi

Sistem şekildeki gibi tasarlanmıştır. Sistemde K tipi ısıl çift kullanılmıştır. Veri toplayıcı bilgisayara bağlanmış ve sıcaklık ile akış ölçümlerini bilgisayara aktarmaktadır. Isı değiştiricilerindeki basınç düşüşünün ölçülebilmesi 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 ölçülememekte 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. Bazı parametrelere bu deneysel çalışmalarla ulaşılmıştır.

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.

Isı beslemeli sistemlerde, dağıtım sistemindeki ısı kayıplarını azaltmak önemlidir. Dağıtım sisteminde sıcak su sirkülasyonu yapılması ısı değiştiricisi içinde lejyoner bakterilerin oluşmasına sebep olur. En doğru çözüm küçük çaplı borular kullanılarak ayrı dağıtım hatlarının kullanılmasıdır.

Çizelge 2.2 Model ve gerçek durumun karşılaştırılması

	Simülasyon elektrik gereksinimi			Elektrik gereksinimi		
	Motor (MJ)	Isıtıcı (MJ)	Toplam (MJ)	Motor (MJ)	Isıtıcı (MJ)	Toplam (MJ)
Bulaşık yıkayıcı	0.47	3.78	4.25	0.47	3.31	3.78
Çamaşır yıkayıcı	0.86	2.92	3.78	0.68	2.74	3.42

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 [25].

3 ENERJİ BİLANÇOSU HESAPLAMALARI

Yıkayıcıda enerji bilançosu, sistemin çalışması için gerekli elektrik enerjisinin sistemdeki dağılımıdır. Enerji bilançosu komponentlerin ve suyun sıcaklık değişimi göz önünde bulundurularak elde edilmiştir. Isıl çiftler yardımıyla yıkayıcı üzerinden, farklı bölgelerden sıcaklık ölçümleri alınmış ve sıcaklık değişimleri gözlenmiştir. Bu sıcaklık değişimine göre toplam enerji bilançosu ile soğuk yıkama, ısıtma ve ana yıkama adımları için enerji bilançosu ayrı ayrı çıkarılmıştır.

Çizelge 3.1 Yıkayıcı üzerinden alınan sıcaklıkların ölçüm noktaları

	ÖLÇÜM NOKTASI		ÖLÇÜM NOKTASI
1	Deterjan kutusu altı	17	Motor sargı
2	Det. Kut. - Kaz. Gir. yan yüz.	18	Motor ayak
3	Det. Kut. Çık. - Hortum içi	19	Kabin içi hava ön
4	Deterjan kutusu içi	20	Kabin içi hava arka
5	Ön kapak üst	21	Kabin içi hava sağ
6	Ön kapak alt	22	Kabin içi hava sol
7	Yay	23	Ön denge ağırlığı iç
8	Amortisör	24	Ön denge ağırlığı yüzey
9	Kazan içi	25	Tahliye hort. - Pompa çıkışı
10	Üst denge ağırlığı iç	26	Plastik körük
11	Üst denge ağırlığı yüzey	27	Dış kasa arka
12	Kazan arka yüzey	28	Dış kasa yan alt
13	Kazan sağ yan yüzey	29	Dış kasa yan üst
14	Kazan üst yüzey	30	Kart
15	Kazan sol yan yüzey	31	NTC
16	Kazan alt yüzey		

Deneysel Çalışmada Kullanılan Komponentler

Yıkayıcı: Çalışmalarda kullanılan yıkayıcı 8 kg kapasiteli ve 1200 rpm sıkma devirli bir makinedir.

Isıl çiftler: Sıcaklık ölçmeye yarayan sensörlerdir. Yapılan çalışmalarda T tipi ısıl çiftler kullanılmıştır. Isıl çiftler ısıtıldığında ya da soğutulduğunda bir gerilim sinyali oluşmaktadır. Sıcaklık ölçümü çalışmalarında, yüzey sıcaklığı alınmak istendiğinde ısıl çift yalıtım malzemesiyle sarılmakta ve sadece o yüzeyin sıcaklığını alması sağlanmaktadır. Çalışmada kullanılan ısıl çiftlerin belirsizliği 0.3 °C'dir.

Debimetre: Su tüketiminin miktarını ölçmek için kullanılmıştır. "Proline Promag" elektromanyetik debimetre kullanılmıştır. Cihaz elektromanyetik akış ölçümü prensibine göre çalışmaktadır. Bir manyetik alan içerisinde hareket eden akışkan üzerinde gerilim indüklenmektedir. Akış hızı, indüklenen gerilim değeri ile orantılı olarak ölçülmekte ve akış

apına göre debi hesaplanmaktadır. Debimetre için; ölçülebilen akış hızı aralığı 0.01 – 10 m/s, optimum akış hızı aralığı 2/3 m/s aralığındadır. lm hassasiyeti %0,5'tir [27].

Tartı: Çalışmada “Mettler Toledo” firmasına ait bir tartı kullanılmıştır. Tartı, tahliye su miktarlarının ölçümü için kullanılmıştır.

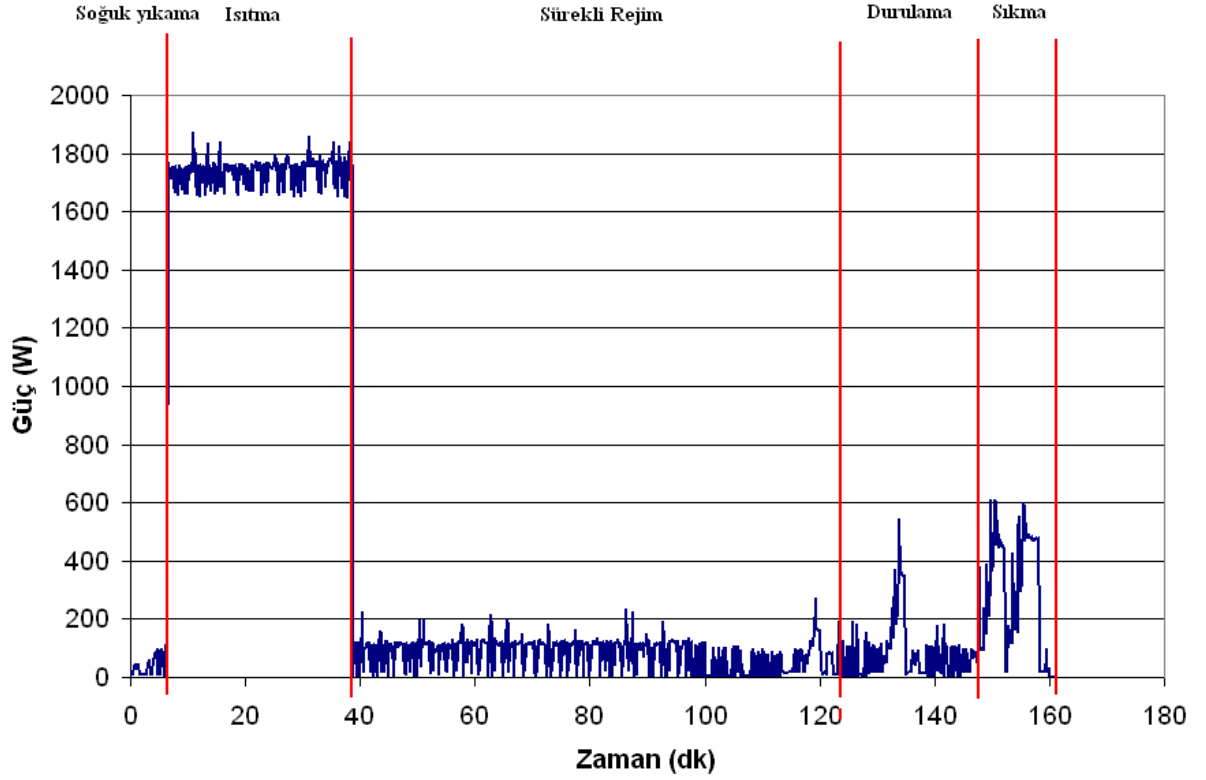
Veri toplama panosu: Çalışmada “Agilent Technologies” firmasına ait bir veri toplama panosu kullanılmıştır. 31 noktadan lm alınmış ve tamamı bu pano üzerinden bilgisayara aktarılmıştır. Cihazın T tipi ısıl çiftler için lm hatası 1 C'dir.

Enerji Analizörü: Enerji lmleri bu pano üzerinden gerçekleştirilmiştir. G ve enerji lm hassasiyeti % 0,5'tir.

Deneysel alışmalar EN 60456 standardına göre yapılmıştır. Ortam koşulları, su alma miktarları, sıcaklıkları, yk özellikleri tamamen bu standarda uygun gerçekleştirilmiştir. alışmalar 60 C pamuklu programında gerçekleştirilmiştir. Ortam koşulları 23 ± 2 C'dir. Makineye giren su sıcaklığı 15 ± 2 C'dir. 8 kg'lık çamaşır yükü 3 adet çarşaf, 14 adet yastık kılıfı ve yükü tamamlayacak kadar el havlusundan oluşmaktadır. amaşırın yerleşimi belli bir düzene göre yapılmaktadır. Deterjan miktarı 182 gr'dır [6].

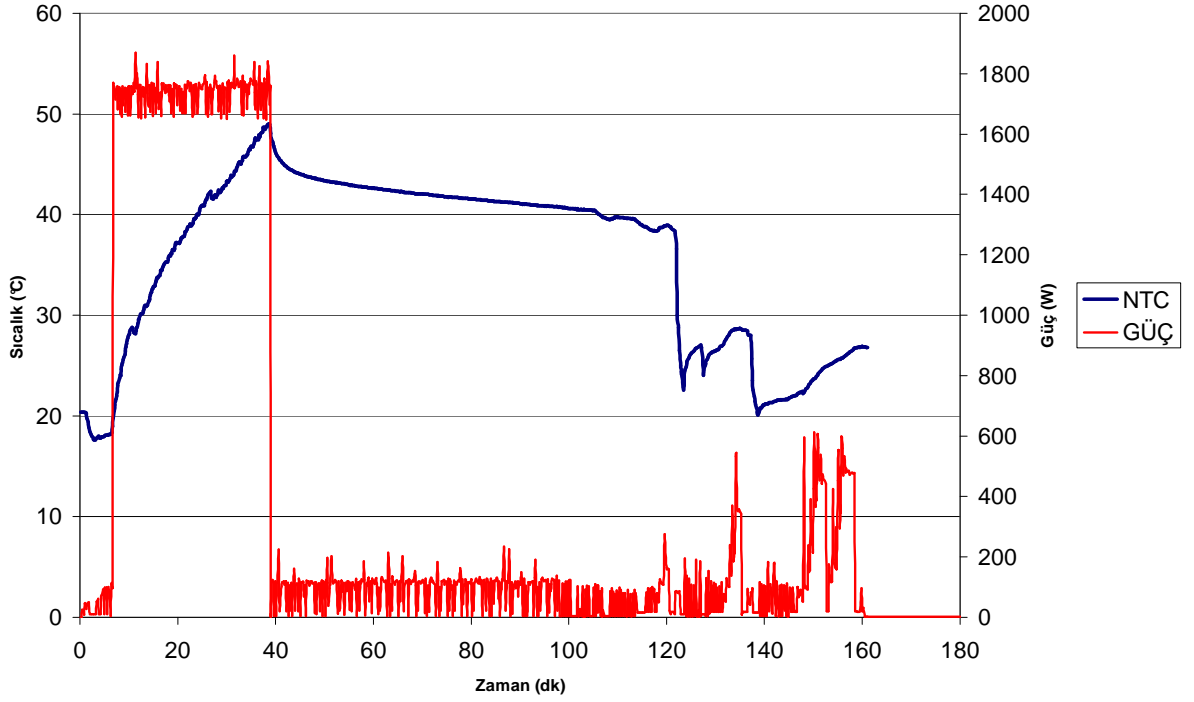
3.1 Sıcaklık Değişimi

Bu şartlar altında makine 60 C pamuklu programında alıştırılmakta ve izelge 3.1 'de verilen noktalardan çevrim boyunca sıcaklık ölçümü alınmaktadır. Sıcaklık lmnn yanı sıra voltaj, akım değerleri de sürekli takip edilmekte ve makine için güç harcaması ve enerji tüketimi de ölçülmektedir.



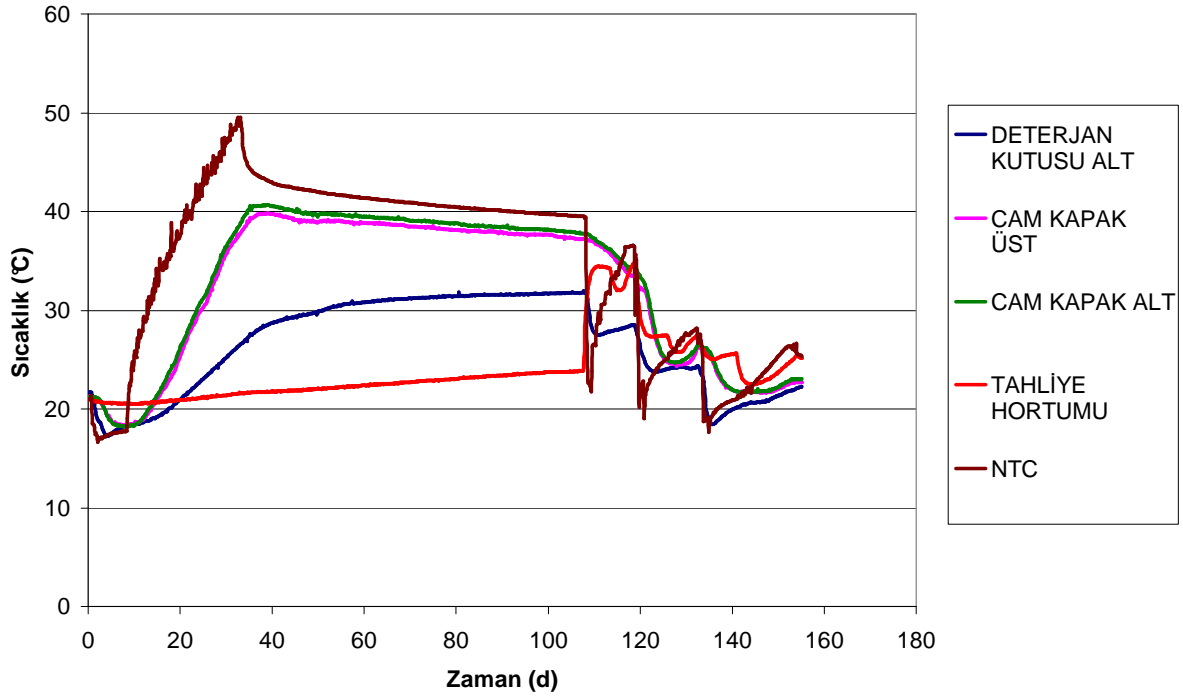
Şekil 3.1 60 °C Standart program için güç zaman grafiği

Güç grafiğinde de görüldüğü gibi bir çevrim 5 adımdan oluşmaktadır. İlk bölümde soğuk yıkama adımı gerçekleştirilmektedir. Soğuk yıkama adımı sonrası ısıtıcı devreye girmekte ve ısıtma adımı gerçekleştirilmektedir. Isıtma adımı kazan içindeki su istenilen sıcaklığa ulaşınca kadar devam etmektedir. Isıtma adımı sonrası sürekli rejim adımı gerçekleştirilmektedir. Bu adımda sürekli rejimde makine sıcak su ile yıkama yapmaktadır. Bu adım ana yıkama adımıdır. Sürekli rejim sonrası durulama adımı başlamaktadır. Durulama adımlarında, taze su alınmakta ve 2 defa ara sıkma sonrası su tahliye edilmektedir. Son olarak da ana sıkma adımı gerçekleştirilmektedir. Makine yüksek devirlere çıkmakta ve suyun çamaşırdan arındırılması sağlanmaktadır.



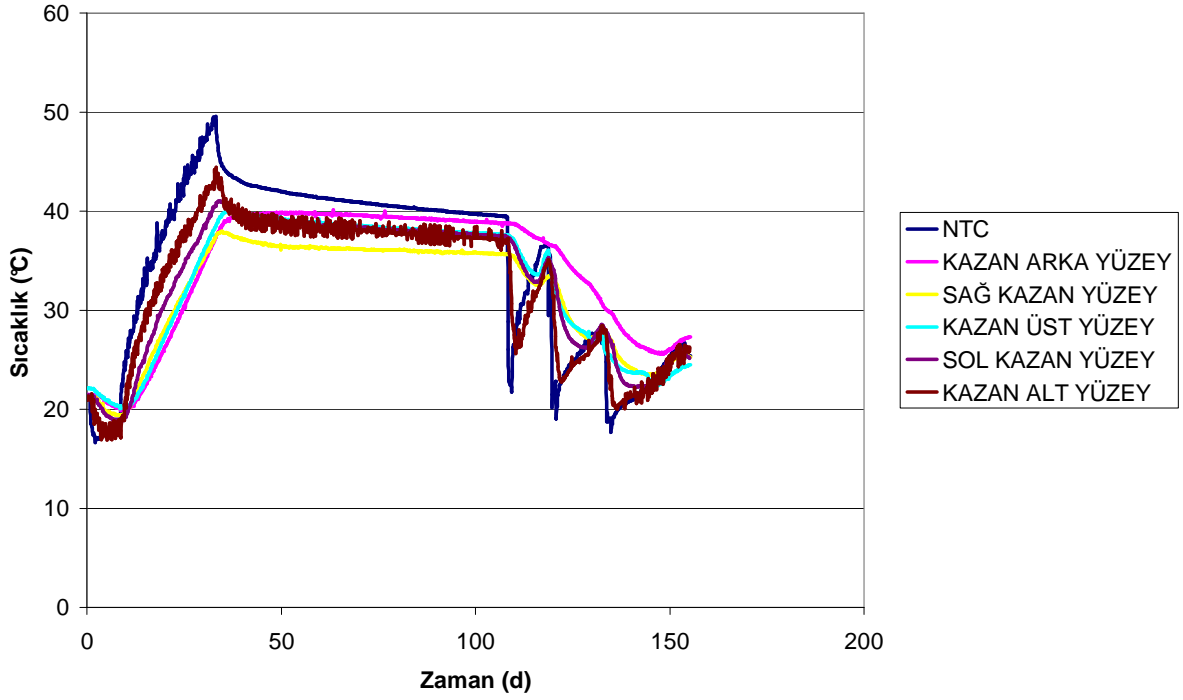
Şekil 3.2 Standart 60 °C program için zamanla sıcaklık değişimi

Makine yaklaşık 22 °C ortamda bulunduğu için 22 °C civarında bir sıcaklıkta işleme başlamaktadır. 15 °C lik su, 22 °C lik kazana girdiğinde, su sıcaklığı yaklaşık 17 °C civarında olmaktadır. Daha sonra soğuk yıkama adımı sonunda su sıcaklığı yaklaşık 18 °C'ye kadar çıkmaktadır. Daha sonra ısıtma adımı başlamakta ve su sıcaklığı 50 °C'ye kadar çıkarılmaktadır. 50 °C'ye çıkarıldıktan sonra sürekli rejim adımı başlamakta ve adım sonunda ısı kayıplar nedeniyle yaklaşık 39 °C düşmektedir. Sürekli rejim adımının ardından su tahliye edilmekte ve sisteme taze su alınmaktadır. Alınan su sebebiyle ani bir sıcaklık düşüşü meydana gelmektedir. Daha sonra kazanın sıcak yüzeylerine temas eden su, ısınmakta ve sıcaklığı artmaktadır. Durulama adımında 2 kez su tahliye edilmekte ve ardından sıkma adımı meydana gelmektedir. Her bir durulama adımında su sıcaklığı biraz yükselmekte ve daha sonra sisteme taze su alınmasıyla ani bir düşüş meydana gelmektedir.



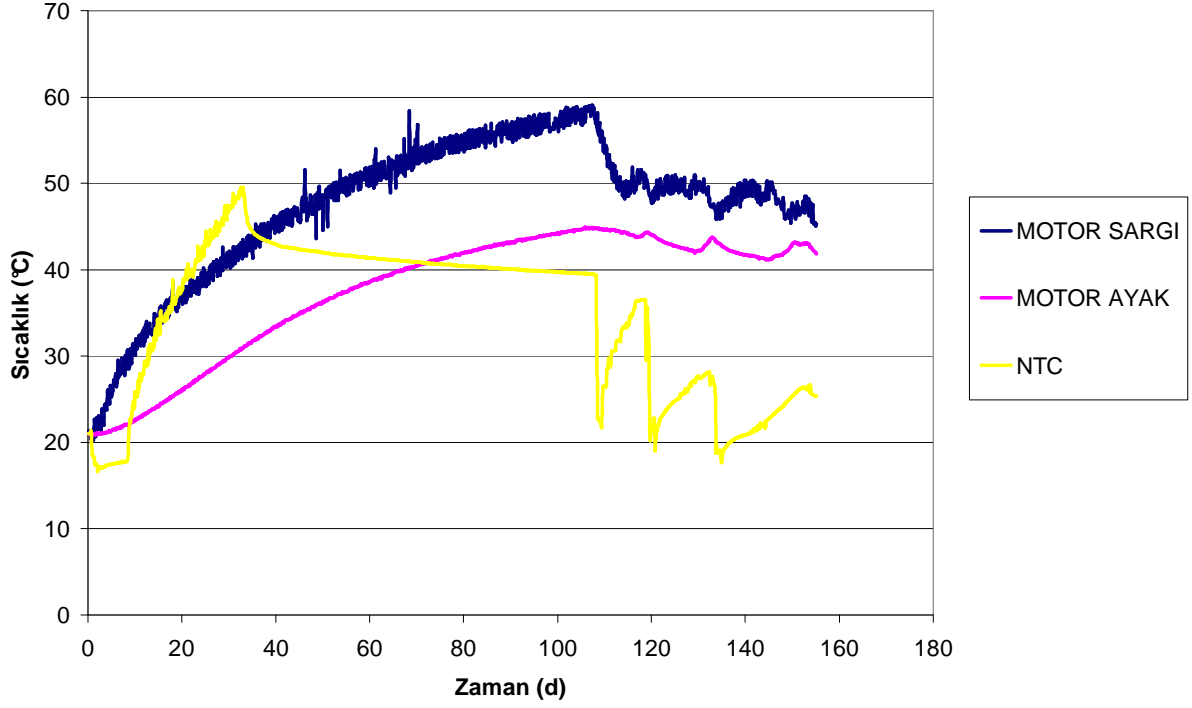
Şekil 3.3 Standart 60°C programı, su ile temas eden bölgelerin sıcaklık değişimi

Bu sıcaklık değişimlerinin yanı sıra yine su ile doğrudan temas halinde olan lastik körük, deterjan kutusu, cam kapak ve kazan çıkış hortumu sıcaklık değişimleri incelenmiştir. Deterjan kutusu sıcaklığı su girişiyle birlikte düşmekte ve daha sonra ısıtma adımında kazanın ve dolayısıyla kabin içi havanın sıcaklık artışına paralel olarak bir miktar artmaktadır. Deterjan kutusu-kazan giriş hortumu sıcaklığı yaklaşık 33 °C civarına kadar artmaktadır. Cam kapak sıcaklığı da su sıcaklığına benzer bir değişim göstermektedir. Isıtma adımı sonunda maksimum sıcaklığı görmekte ve daha sonra kayıplar sebebiyle sıcaklığı bir miktar düşmektedir. Durulama suyunun girişiyle birlikte sıcaklığı düşmektedir. Su ile sürekli temas halinde olması sebebiyle cam kapak alt bölgesinin sıcaklığı üst bölgesinin sıcaklığından daha yüksek değerlere çıkabilmektedir. Kazan çıkış hortumunun sıcaklığı top mekanizması sayesinde toplu sistemle çalışan makinelerde su sıcaklığından fazla etkilenmemekte ve maksimum 23 °C civarlarına çıkmaktadır.. Top mekanizması ana yıkama adımında su ile bu bölgenin temasını kesmektedir.



Şekil 3.4 Standart 60°C programı, kazan yüzeyinin sıcaklık değişimi

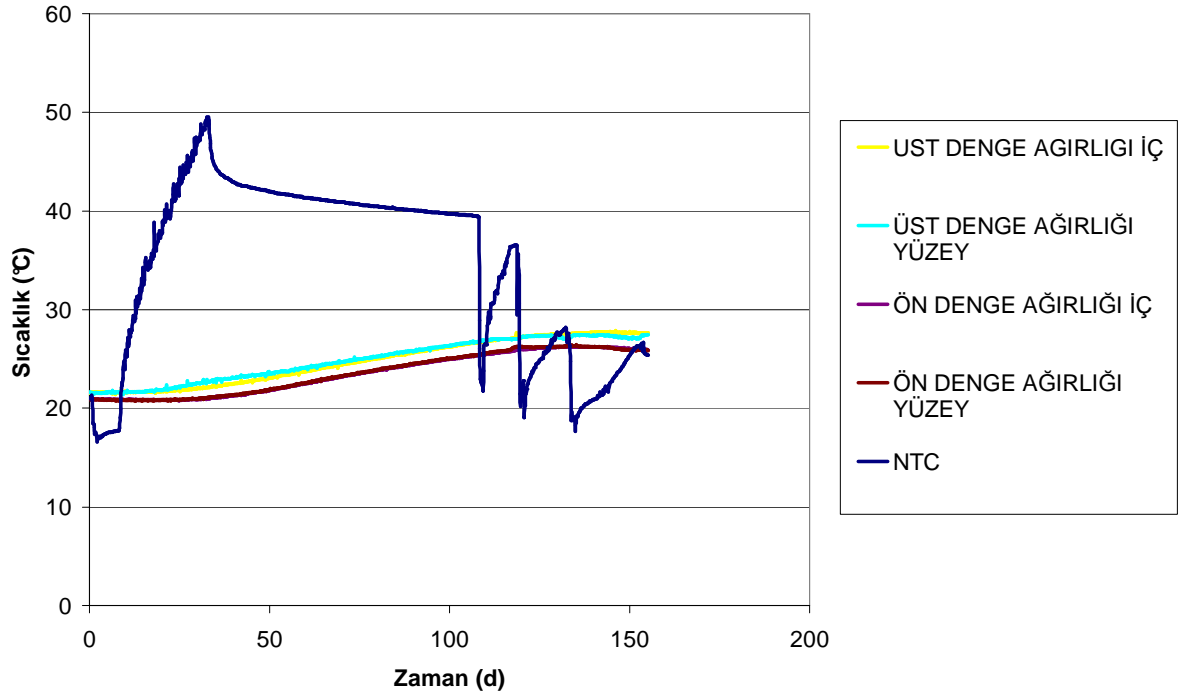
Kazan yüzey sıcaklıkları su sıcaklığına yakın değişim göstermektedir. Soğuk yıkama adımında su sıcaklığı ile kazan yüzey sıcaklıkları birbirine yakın değerdedir. Ancak ısıtma adımında su sıcaklığı 51 °C civarına çıkarken kazan yüzey sıcaklığı 45 °C civarına çıkmaktadır. Kazanın en sıcak bölgesi NTC' ye yakın olması ve sürekli su ile temas etmesi sebebiyle kazan alt bölgesidir. Diğer bölgeler kazan alt bölgesi kadar yüksek sıcaklığa çıkmamaktadır. Diğer bölgeler genel olarak maksimum 40 °C civarını görmektedir.



Şekil 3.5 Standart 60°C programı, motor sargı ve ayak sıcaklık değişimi

Motorun sargı ve ayak bölgesi olmak üzere iki noktasından sıcaklık ölçümü alınmıştır. Sargı sıcaklığı ayak sıcaklığına nazaran daha fazla artış göstermiştir. Motor sıcaklığı, sürekli rejimin sonlarına kadar sürekli artış göstermektedir. Motor sıcaklık artışının ısıtıcıyla herhangi bir ilişkisi yoktur. Su sıcaklığı, kazan sıcaklığı vs. sıcaklıkların motor sıcaklığı üzerindeki etkisi göz ardı edilebilecek kadar azdır. Sıcaklık artışının sebebi sürekli olarak çalışması ve ısıl enerjiyi üzerinden tamamen atamamasıdır.

Sargı sıcaklığı sürekli rejimin sonlarına doğru 59 °C sıcaklığa ulaşmakta ve daha sonra sıcaklık düşüşü gözlenmektedir. Bu durumda motor ayak sıcaklığı ise yaklaşık 44 °C dir. Özellikle sıkma adımlarında motor sıcaklığı düşmektedir. Bunun iki sebebi vardır. Birinci sebebi motor, optimum verimini yüksek devirlerde göstermektedir. Düşük devirlerde çalıştığında optimum verimde çalışamamakta ve ısıl olarak enerji kaybetmektedir, bu ısıl enerji kaybı sebebiyle motor ısınmaktadır ancak sıkma adımlarında yüksek devirlere çıkıldığı için daha az ısıl kayıplar meydana gelmekte ve sıcaklık artışı olmamaktadır. Bunun yanı sıra ikinci sebep olarak motorun yüksek devirlerde dönmesiyle meydana getirdiği hava akımı sayesinde ısısını etrafa dağıtması olarak gösterilebilir. Motor yüksek devirlerde hava akımı oluşturmakta ve bu hava akımı motor üzerindeki ısıyı çevreye vermektedir.

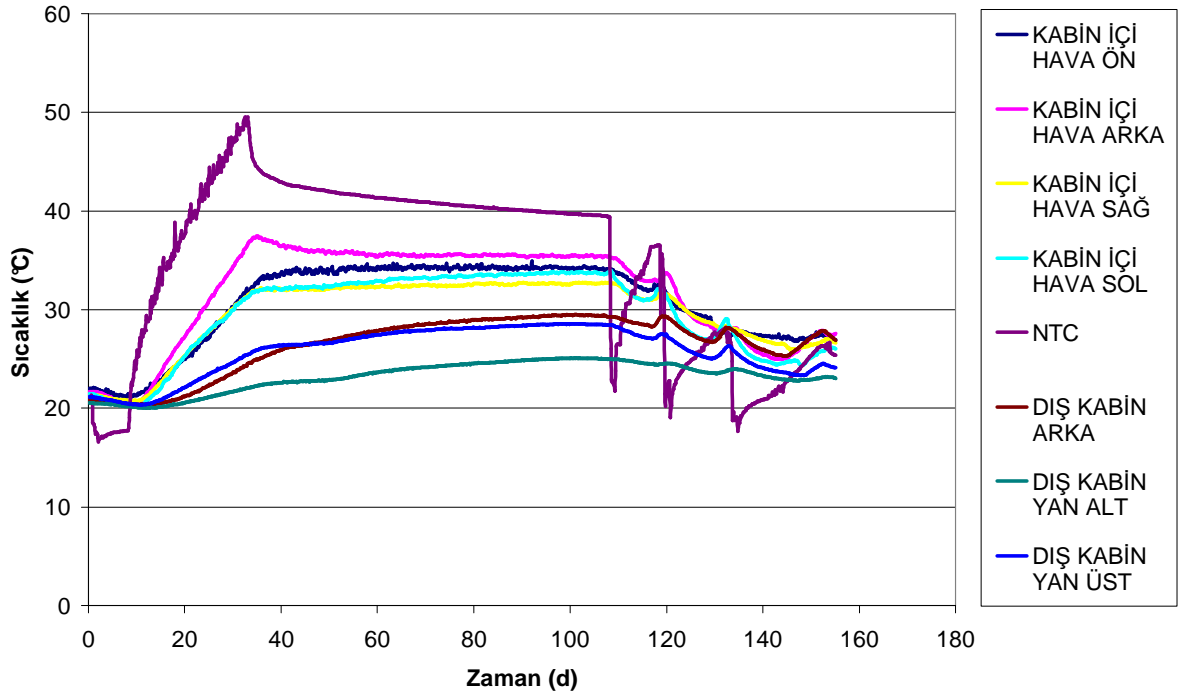


Şekil 3.6 Standart 60°C programı, denge ağırlığı sıcaklık değişimi

Denge ağırlıkları için iki noktadan sıcaklık ölçümü alınmıştır. Her bir denge ağırlığının biri iç kısımdan biri yüzeyden olmak üzere 2 noktasından sıcaklık ölçümü alınmış ve bu değişim incelenmiştir. Denge ağırlıklarının ısınmasına sebep olan iki ısı transferi mekanizması vardır. Biri kazan yüzeyinden iletimle ısı transferi diğeri de kabin için havadan olan taşınım ısı transferi.

Denge ağırlıklarının Cp'si yüksek olduğu için sıcaklık değişimi çok fazla olmamaktadır. Isıtma adımı denge ağırlıkları sıcaklığını da doğrudan etkilemektedir. Kazanın ısınması denge ağırlıklarının da ısınmasına sebep olmuştur. Sürekli rejim boyunca denge ağırlıkları sıcaklığı artmış ve maksimum 27 °C civarına gelmiştir. Daha sonra durulama adımları için taze su girişi kazan sıcaklığını da düşürmüştür ve denge ağırlıklarının sıcaklık artışı durmuş ve bir miktar da azalma göstermiştir.

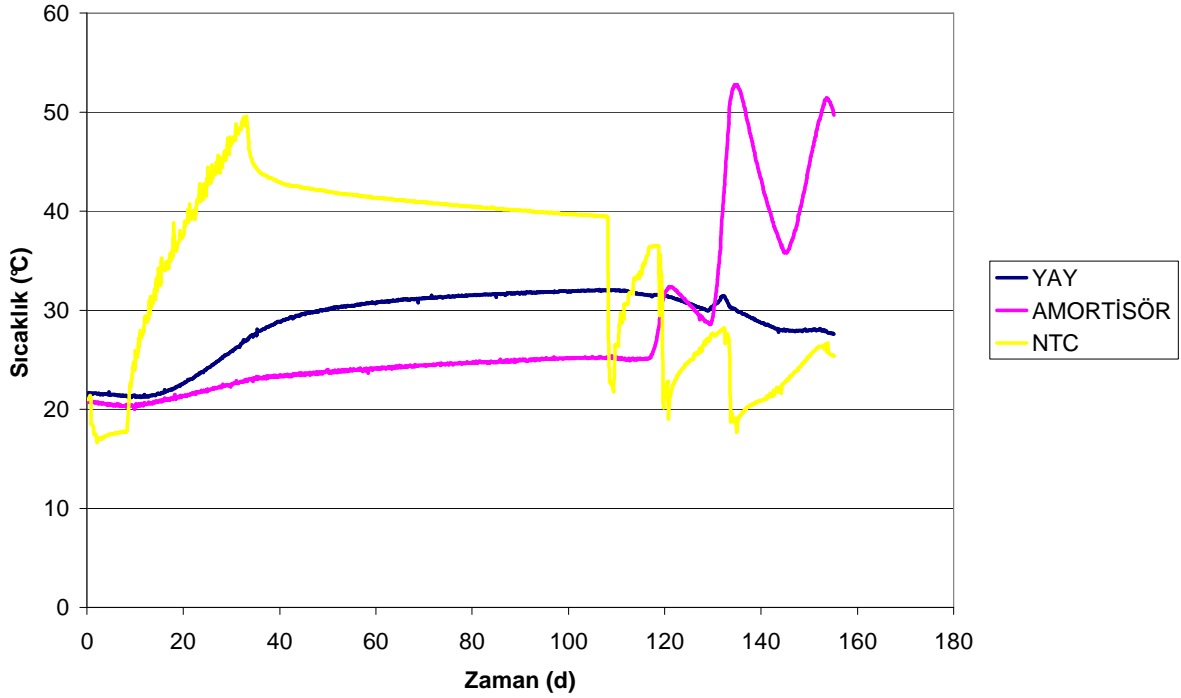
Yapılan deneysel çalışmalarda üst denge ağırlığının ön denge ağırlığına göre yaklaşık 1 °C daha fazla ısındığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte, dıştan içe ısınma ve soğuma mekanizmasına uygun olarak yüzey sıcaklığı iç sıcaklığa göre daha çabuk artış ve azalış göstermektedir.



Şekil 3.7 Standart 60°C programı, kabin içi ve kabin yüzeyi sıcaklık değişimi

Kabin içinde 4 noktadan sıcaklık değeri alınmıştır. Kabin ön arka sağ ve sol kısmına ısı çift yerleştirilmiş ve çevrim boyunca sıcaklık değişimi incelenmiştir. Kabin içinde en çok ısınan bölge arka kısımdır. Arka kısımda motorun da olması daha fazla ısınmasına sebep olmaktadır. Yine doğal olarak su sıcaklığına göre bir değişim göstermektedir. Kabin içi sıcaklık kazan sıcaklığından doğrudan etkileneceği için sıcaklık değişimi kazan sıcaklık değişimiyle benzerlik göstermiştir. Çevrim başında yaklaşık 21 °C civarındayken, ısıtma adımı sonunda arka kısım 36 °C civarına ulaşmıştır. Diğer bölgeler ise yaklaşık 33 - 35 °C civarındadır. Sol bölge motorun olması sebebiyle sağ bölgeye nazaran daha sıcaktır. Ön bölge de elektronik kart olması sebebiyle sağ ve sol bölgeden daha sıcaktır.

Dış kabinden 3 noktadan sıcaklık ölçümü alınmıştır. Yan yüzeyin alt ve üst kısmı ile arka yüzeyden sıcaklık ölçümü alınmıştır. Dış kabin sıcaklığı kabin içi hava sıcaklığından etkilenmektedir. Dış kabine olan ısı transferleri kazandan ışınlama ve kabin içi havadan taşınım ile olan ısı transferleridir. Arka kısım ile yan üst kısım birbirine benzer sıcaklık değişimi gösterirken, yan alt kısım daha düşük sıcaklıkta seyretmektedir. Isınan hava yükselir prensibine dayalı olarak alt kısmın sıcaklık artışı üst kısma göre daha azdır. Kabin sıcaklığı maksimum 30 °C civarlarına çıkmaktadır.



Şekil 3.8 Standart 60°C programı, yay ve amortisör sıcaklık değişimi

Yaya olan ısı transferi kabin içi havadan taşınım ve kazandan ışınlama ile olan ısı transferleridir. Yay sıcaklığı, kabin içi hava sıcaklığına bağlı olarak bir değişim göstermektedir. Maksimum 33 °C civarlarına çıkmaktadır.

Amortisör sıcaklığı ise sıkma adımlarında artış göstermektedir. Kazan hareketini sönmleyen amortisör içinde ısı üretimi olmakta ve özellikle ana sıkma adımında 52 °C civarlarına kadar çıkmaktadır. Bunun dışında kabin içi hava sıcaklığından etkilenmekte ve sürekli rejimde sıcaklığını artırarak 22 °C dolaylarından 26 °C dolaylarına çıkmaktadır.

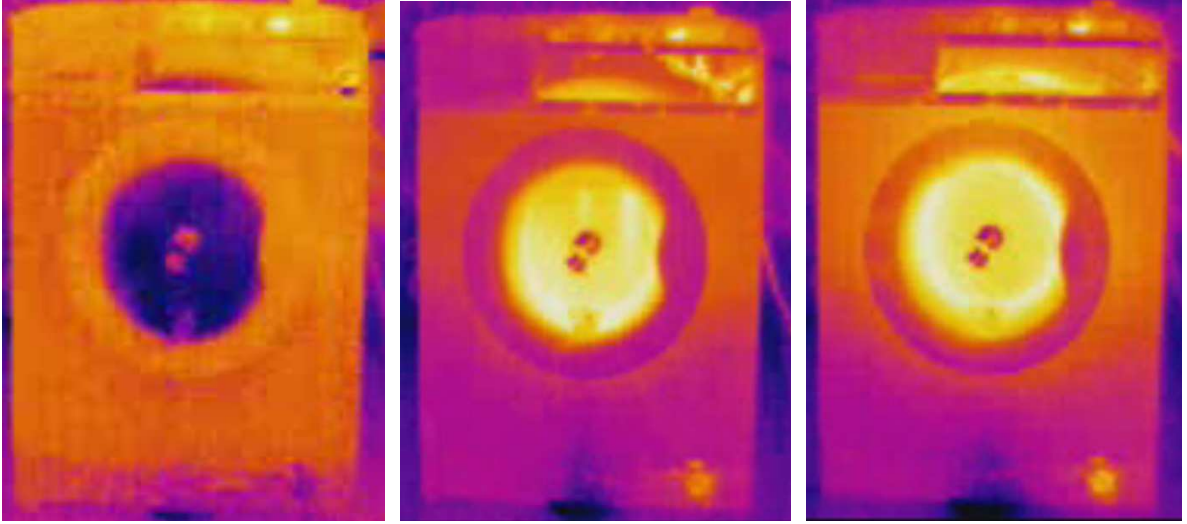
3.2 Termal Kamera Çekimleri

Makinenin ön kısmından ve arka kısmından termal kamera ile çekimler yapılmıştır. Bu çekimlerin yanı sıra deterjan kutusu ve kazan çıkış hortumu detay çekimi yapılmıştır.

3.2.1 Önden Çekim

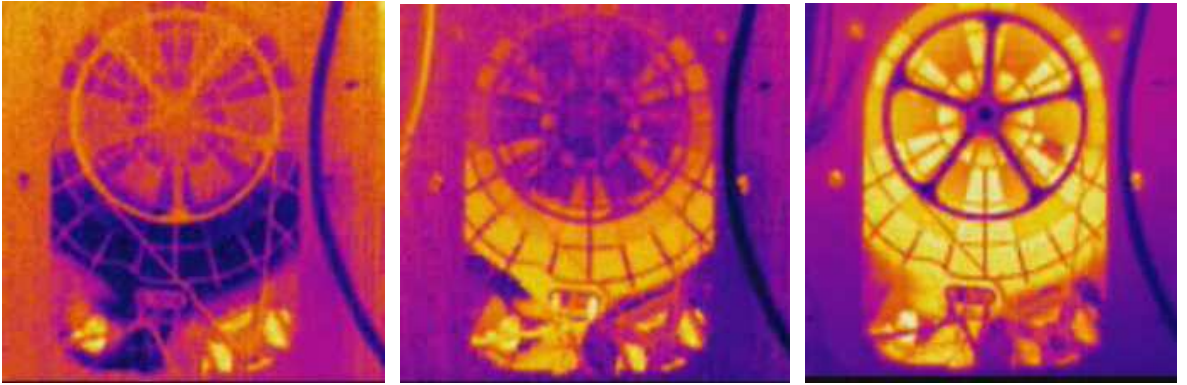
Termal kamera ile makinenin ön kısmından çekim yapılmıştır. Bu çekimde cam kapak gözlemlenmiştir.

Soğuk yıkama adımında cam kapak sıcaklığı oldukça düşükken, ısıtma adımında kazan sıcaklığının üstünde bir sıcaklığa çıkmaktadır.



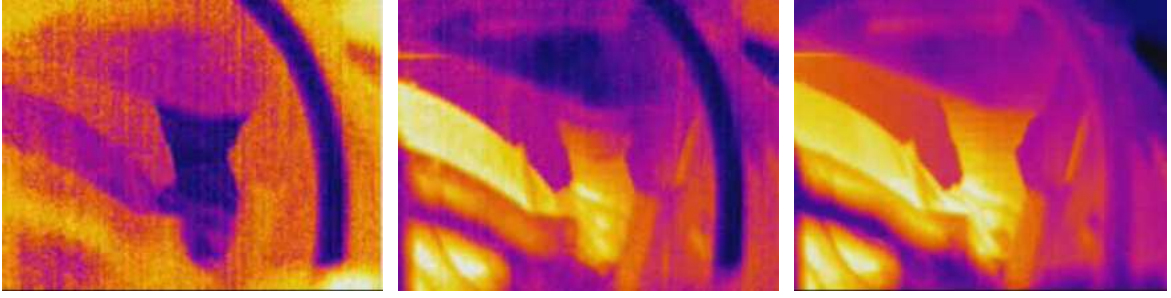
Şekil 3.9 Termal kamera önden çekim görüntüleri

İlk resim soğuk yıkama anını göstermektedir. Bu adımda kazan içi su sıcaklığı makine sıcaklığından daha düşük bir seviyededir. İkinci resim ısıtma sonunu göstermektedir. Bu adımda kazan içi su sıcaklığı yüksektir ancak kabin sıcaklığı henüz çok yüksek değerlere çıkmamıştır. Üçüncü resim ise ana yıkama sonunu göstermektedir. Kabin, kazan sıcaklığından etkilenmiş ve kabin sıcaklığı artmıştır. Ayrıca kazan sıcaklığı da ısıtma sonuna göre biraz daha artmıştır.



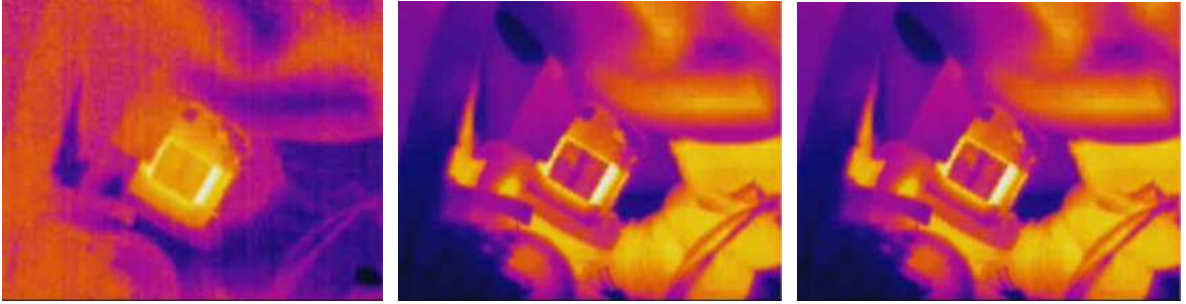
Şekil 3.10 Termal kamera arkadan çekim görüntüleri

Kabin arka kapağı açılarak kazan içindeki suyun adımlara göre sıcaklık değişimi gözlemlenmiştir. Soğuk yıkama adımında kazana alınan su kazan sıcaklığını düşürmektedir. Su özellikle sürekli temas halinde olduğu kazan alt bölgesinin sıcaklığını düşürmüştür. Isıtma adımında bu sefer kazan alt bölgesinin sıcaklığı artmıştır. Ana yıkama sonunda, kazan içindeki su homojen olarak karıştığı için ve mekanik hareketlerden dolayı kazanın her bölgesine temas ettiği için; kazanın tüm yüzey sıcaklıkları yükselmiştir.



Şekil 3.11 Termal kamera deterjan kutusu çekim görüntüleri

Makine detay çekimleri kapsamında deterjan kutusu detay çekimi yapılmıştır. Bu çalışmada amaç deterjan kutusundan olan ısı kaçışını tespit etmektir. Soğuk yıkama adımında deterjan kutusu içinden soğuk su geçmesi sebebiyle soğuktur; ısıtma adımında kazan giriş hortumundan deterjan kutusuna doğru ısıl kayıp olmaya başlamıştır. Sürekli rejim adımı sonunda ise deterjan kutusu kazan giriş hortumu sıcaklığı, kazan sıcaklığına yakın bir değere gelmiştir.



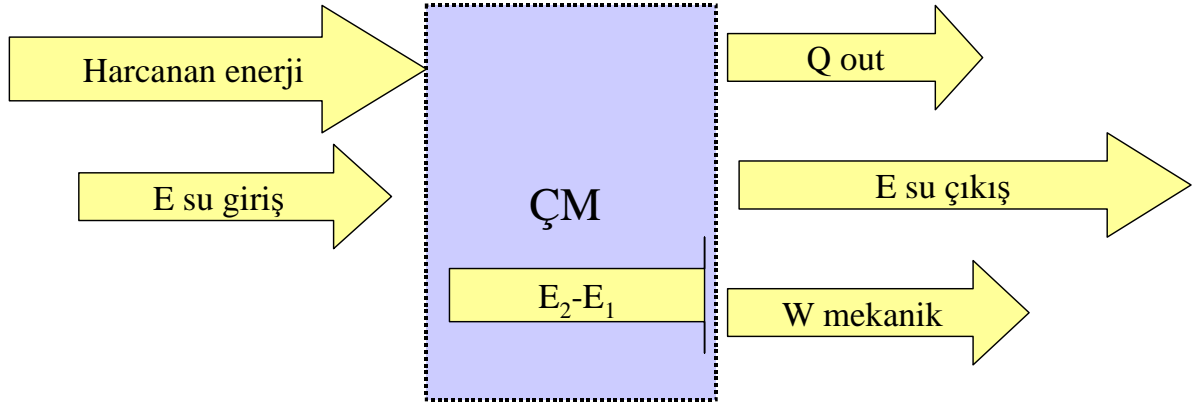
Şekil 3.12 Termal kamera kazan çıkış hortumu çekim görüntüleri

Tahliye hortumu detay çekiminde kazan çıkış hortumu ve kazan sıcaklık değişimi incelenmiştir. Soğuk yıkama adımında jetli makinede kazan çıkış hortumu içindeki soğuk sudan dolayı ısınıp ısıtma adımının başlamasıyla birlikte kazan çıkış hortumunun içindeki su da ısınmıştır. Ana yıkama boyunca sıcaklık kazan içi su sıcaklığına paralel olarak değişiklik göstermiştir. Toplu makinede yapılan çekimlerde top mekanizması sayesinde kazan çıkış hortumunun kazan içi su sıcaklığından etkilenmediği gözlemlenmiştir.

3.3 Enerji Bilançosu Hesabı

Enerji bilançosunun çıkarılmasında termodinamiğin birinci yasasından faydalanılmıştır. Yıkayıcı, kontrol hacmi olarak ele alınmış ve kütle ve enerji dengesi ortaya konmuştur. Sisteme dışarıdan elektrik enerjisi verilmektedir. Bunun yanı sıra su girişi olmaktadır. Soğuk yıkama adımında ise su sıcaklığı ortam sıcaklığından düşük olduğu için dışarıdan ısıl enerji kazanmaktadır. Kontrol hacminin çıktıları ise sisteme verilen elektrik enerjisinin mekanik işe

dönüştürmüş hali, su çıkışı ve sistemden özellikle sürekli rejimde kaybedilen ısı enerjisidir. Bunların yanı sıra komponentler üzerinde ısı enerjisi depolanmaktadır.



Şekil 3.13 Yıkayıcı enerji dengesi

$$(Q_{giren} - Q_{çikan}) + (W_{giren} - W_{çikan}) + (E_{giren_kütle} - E_{çikan_kütle}) = E_2 - E_1 \quad [26] \quad (3.1)$$

Şekildeki sistem için, kontrol hacmi yıkayıcıdır. Kontrol hacmi, enerjinin korunumu prensibine göre incelenmiş ve analiz edilmiştir. Enerjinin korunumu yasası Termodinamiğin birinci yasasıdır, bu yasaya göre enerji var veya yok edilemez ancak dönüştürülebilir. [28]. Belirli bir kontrol hacmi için enerjinin korunumu ifadesi şu şekilde verilebilir [27].

$$Q - W + E_{giren} - E_{çikan} = \Delta E_{KH} \quad [26] \quad (3.2)$$

Bu denkleme göre Q net ısı geçişi, W yapılan işi temsil etmektedir. Buna toplam enerji girişi eklenir, toplam enerji çıkışı da bundan çıkarılırsa kontrol hacmindeki toplam enerji değişimi elde edilir. Yıkayıcı için net iş sıfırdır. Çünkü yıkayıcı için herhangi bir iş söz konusu değildir. Toplam enerji girişi elektrik enerjisi girdisi ve sisteme alınan suyun enerjisi olarak iki kısımda incelenebilir. Aynı şekilde toplam enerji çıktısı da mekanik olarak harcanan enerji ve su ile kaybedilen enerjidir. Denklem üzerinde bu değişiklikler yapılırsa ifade şu şekilde olmaktadır [27].

$$Q + (\sum m_{giren} h_{giren} + E_{elektrik}) - (\sum m_{çikan} h_{çikan} + E_{mekanik}) = \Delta E_{KH} = E_2 - E_1 \quad [26] \quad (3.3)$$

3.3.1 Enerji bilançosu hesaplamaları

Yıkayıcıya verilen enerjinin bir kısmı suyun ısıtılması için bir kısmı motor hareketleri için harcanmaktadır. Verilen enerjinin, suyu ısıtmak için kullanılan miktarını, komponentler tarafından depolanan miktarını, ısı olarak kaybedilen miktarını tespit edebilmek için enerji

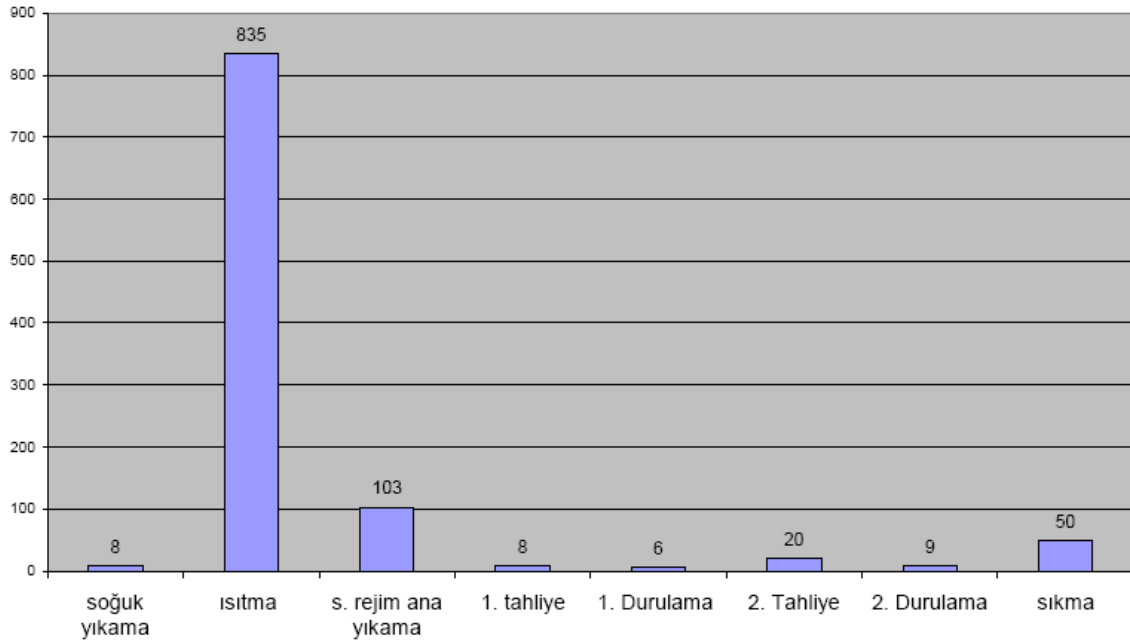
bilançosu çalışmaları yapılmaktadır. Enerji bilançosu çalışmaları, enerji kazanımı sağlanması ve enerji tüketiminin minimuma indirilmesi için önem arz etmektedir.

Program, 60°C deneyinde ön yıkama programı yaklaşık 8 dakika sürmektedir. Bunun ardından ısıtma periyodu başlamaktadır. Isıtıcı, yaklaşık 25 dakika devrede kalmaktadır. Kazan içi su sıcaklığı maksimum 45,26 °C olmaktadır. NTC sıcaklığı ise 51 °C olmaktadır.

Isıtma periyodunun ardından, ana yıkama periyodu devam etmektedir. Ana yıkama periyodu yaklaşık 85 dakika daha sürmekte olup periyot sonunda yaklaşık 17,9 litre su tahliye edilmektedir. Tahliye su sıcaklığı yaklaşık 38 °C'dir. Ana yıkama suyu tahliye edildikten sonra 1.durulama adımı başlamakta ve bu adım sonunda 26°C sıcaklıkta 16,9 litre su tahliye edilmektedir. 1. durulama adımı yaklaşık 14 dakika sürmektedir. Ardından 2. durulama periyodu başlamakta ve yaklaşık 11 dakika süren durulamanın ardından 21,5°C de 14,9 litre su tahliye edilmektedir.

60°C sıcaklıkta yapılan deneyde, 8 kg standart yük kullanılmıştır. 54,2 litre su alınırken, 49,8 litre su tahliye edilmiştir. Giriş – çıkış miktarları arasındaki fark olan 4,4 litre su çamaşır üzerinde kalmaktadır. Çevrimin tamamı 153 dakika sürmekte olup toplam enerji tüketimi 1038 Wh tir.

60°C de yapılan deneyde enerji tüketiminin %80 gibi büyük bir kısmı ısıtma periyodunda harcanmaktadır. Bunun ardından sürekli rejimde enerji tüketiminin %10'u gerçekleşmektedir. Sıkma adımında ise toplam enerjinin %5'i harcanmaktadır.



Şekil 3.14 Standart 60 °C programı için adım bazında enerji tüketimi

Adım bazında enerji tüketimleri grafikte gösterilmiştir. En çok enerji tüketimi 835 Wh ile ısıtma adımına aittir, Bunun ardından sürekli rejimde 103 Wh, sıkma periyodunda 50 Wh enerji tüketimi gerçekleşmektedir.

Çizelge 3.2 Standart 60 °C programı için kütle ve enerji bilançosu tablosu

	Giren su kütlesi m (kg)	Giren su entalpisi (kJ/kg)	Çıkan su kütlesi (kg)	Son Çıkış su entalpisi (kJ/kg)	Q çıkan (kJ)	%
Ana yıkama	20.6	65.92	17.915	150.85	1344.52575	35.9
1. Durulama	18.64	65.92	16.925	108.34	604.9057	16.2
2. Durulama	14.96	65.92	14.93	90.28	361.7172	9.7
						0.0
Su toplam:					2311.14865	61.8
	Kütle m(kg)	Ozgül ısı cp(kj/kgK)	İlk sıcaklık (°C)	Son sıcaklık (°C)	Q depo(kj)	
Yük	6	1.3	18.89	24.15	41.028	1.1
Tambur	5.4	0.5	20.81	24.15	9.018	0.2
Kazan	12.8	0.7	21.256	25.68	39.63904	1.1
Ağırlık						0.0
Üst ağırlık	4.1	0.67	21.21	27.83	18.18514	0.5
Simit ağırlık	13.5	0.67	20.77	26.5	51.82785	1.4
Motor	6.4	0.5	20.82	42.78	70.272	1.9
Kasnak	0.34	0.5			0	0.0
Cam Kapak	3	0.8	21.975	23.9	4.62	0.1
Amortisör	0.25	0.5	20.92	53.86	4.1175	0.1
Kazan içi hava	0.05	1	20.81	24.15	0.167	0.0
Kabin içi hava	1	1	21.42	26.96	5.54	0.1
Dış kabin	16	0.5	21.43	25.36	31.44	0.8
Diğer(Det. Kut., hortum...)	9	1	21.2	26.06	43.74	1.2
Yük üzerinde kalan su	4.43	4.18	18.89	24.15	97.401524	2.6
Toplam depo					416.996054	11.1
Mekanik					229.5	6.1
Kayıp					782.4	20.9
Toplam					3740	100.0

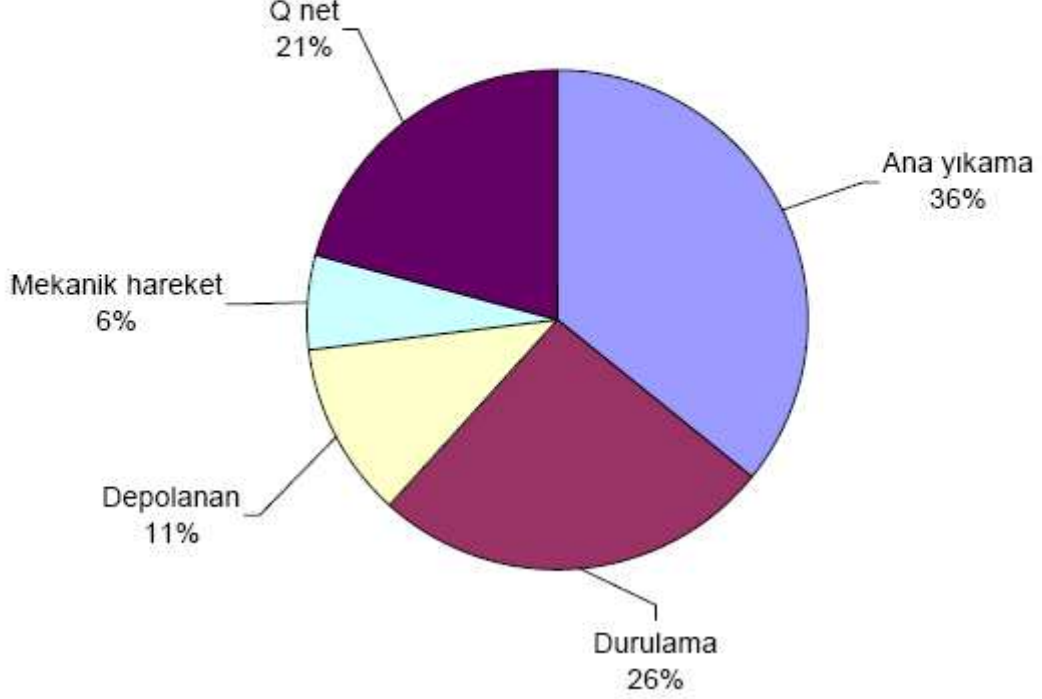
Toplam kayıp, enerji korunum yasasından bulunmaktadır.

$$(Q_{giren} - Q_{çikan}) + (W_{giren} - W_{çikan}) + (E_{giren_kütle} - E_{çikan_kütle}) = E_2 - E_1 \quad [26] \quad (3.4)$$

Toplam Kayıp = Toplam Harcanan Enerji – (Mekanik Olarak Harcanan Enerji + Suya Verilen Enerji + Toplam Depo Edilen Enerji)

$$\text{Toplam Kayıp} = 3740 - (229 + 2311 + 417) = 782 \text{ kJ}$$

Adımlara Göre Enerji Bilançosu



Şekil 3.15 Standart 60 °C programı için enerji tüketimi dağılımı

Tüm çevrim incelendiğinde; enerjinin büyük kısmının ana yıkama adımında sistemden atıldığı görülmektedir. Bu periyotta enerjinin %36'lık kısmı su ile birlikte sistemden dışarı atılmaktadır. Durulama adımı sonunda yapılan su tahliyesinde toplam enerjinin %26'lık kısmına tekabül edecek miktarda su sistemden atılmaktadır. Toplam enerjinin %11'i çevrim boyunca komponentlere depolanan enerjidir. Enerjinin %6'sı motor tarafından harcanmaktadır. Bunlara ek olarak enerjinin %21'i da ısı kaybı olarak sistemi terk etmektedir.

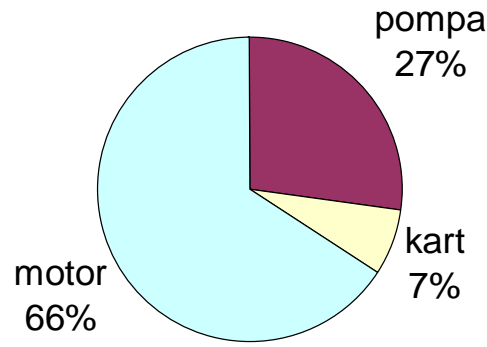
3.3.2 Parçalı Enerji Bilançosu

60 °C pamuklu toplu programında soğuk yıkama adımı yaklaşık 8 dakika sürmektedir. Soğuk yıkama adımının ardından ısıtıcı devreye girmektedir ve yaklaşık 25 dakika devrede kalmaktadır. NTC sıcaklığı 50,9 °C sıcaklığa ulaşmaktadır. Bu durumda kazan içi sıcaklık 45,26 °C'dir.

Proses boyunca 3 kere su tahliye işlemi gerçekleştirilmektedir. İlk su tahliyesi ana yıkama fazı sonunda gerçekleştirilmektedir. Ana yıkama sonunda 35,64°C'de 17,9 lt su tahliye edilmektedir.

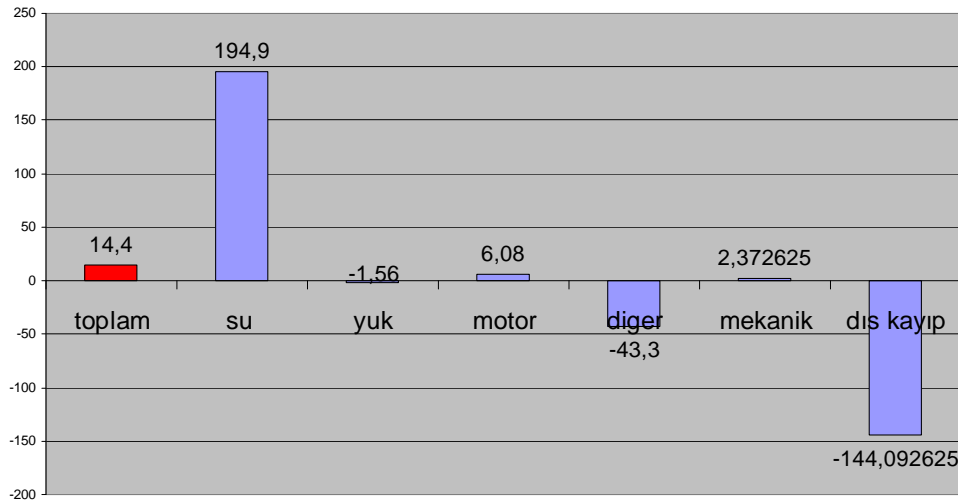
Daha sonra 1. durulama sonunda 26,02 °C’de 16,9 lt su tahliye edilmektedir. Bunun ardından son su tahliye işleminde 21,54 °C’de 9,7 lt su tahliye edilmektedir. Su çıkış sıcaklıkları dikkate alınarak çıkan suyun entalpisi hesaplanmıştır. Standart 60°C programı için yapılan deneyde 8 kg sabit yük kullanılmıştır. Proses 153 dakika sürmüş, 54,2 litre su kullanılmış 1038 Wh enerji tüketilmiştir. Sistemden atılan toplam su miktarı 49,7 litredir. 4.43 litre su çamaşır üzerinde kalmaktadır.

Soğuk yıkama adımında harcanan toplam enerji 14,4 kJ’dür. Bu enerjinin % 66’lık kısmı motor hareketleri için harcanmaktadır. %27’lik kısmı tahliye pompası için harcanırken geri kalan %7’lik enerji de kart tarafından harcanmaktadır.



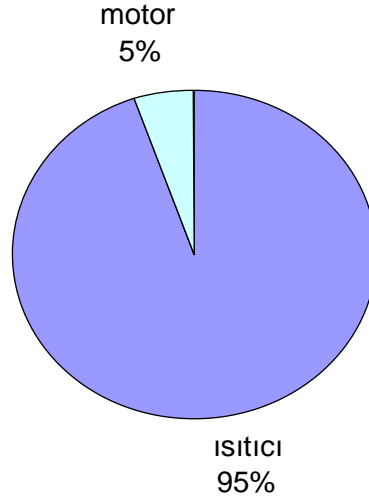
Şekil 3.16 Soğuk yıkama adımı verilen enerjinin komponentlere göre dağılımı

Bu adımda su, yaklaşık 15 °C sıcaklıkta kazana alınmaktadır. Makine sıcaklığı yaklaşık 22 °C’dir. Su, bu sıcaklıkta kazana girdiği için ısınmakta ve çevreden enerji almaktadır. Bu adımda ısı kayıp yoktur ısı kazanç vardır.



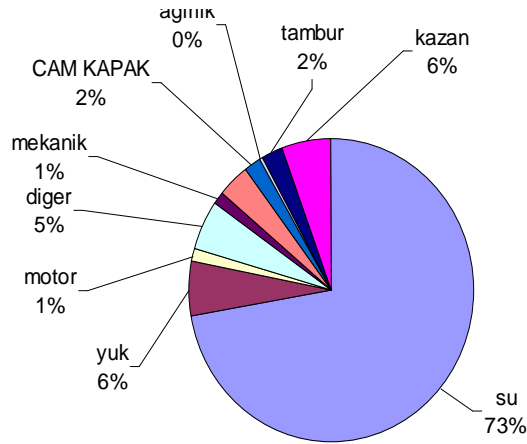
Şekil 3.17 Soğuk yıkama adımı enerji dengesi

Su tarafından çevreden 195 kJ enerji alınmaktadır. Komponentler genel olarak ısı kaybetmektedir. Sistem dışından olan kazanç ise 144 kJ'dür.



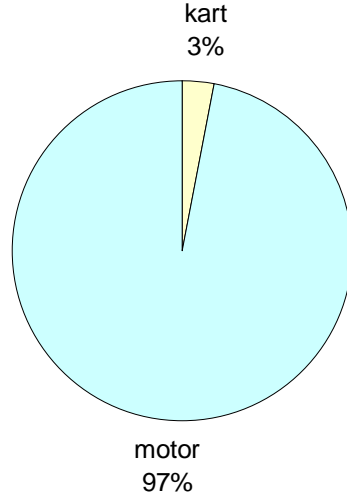
Şekil 3.18 Isıtma adımı verilen enerjinin komponentlere göre dağılımı

Isıtma adımında harcanan 3142 kJ'lük enerjinin %95'i ısıtıcı tarafından harcanmaktadır. Geri kalan %5'lik enerji de motor tarafından harcanmaktadır. Bu adımda kart tarafından harcanan enerji ihmal edilebilecek kadar küçüktür.



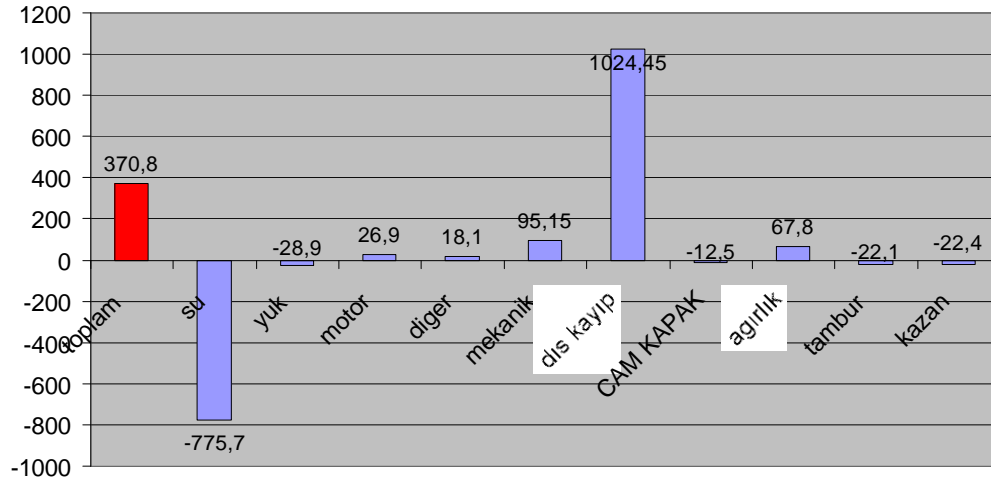
Şekil 3.19 Isıtma adımı enerji dengesi

Isıtma adımında, sisteme verilen ısı enerjinin %73'ü su tarafından depolanmaktadır. %6 kazan, %2 tambur, %6 da yük tarafından depolanmaktadır. Bu durumda toplam enerjinin %87'lik kısmı hedef kütleye aktarılmıştır. Bunun dışında kalan %13'lük enerji komponentler tarafından depolanmaktadır ve mekanik enerji olarak kullanılmaktadır.



Şekil 3.20 Sürekli rejimde verilen enerjinin komponentlere göre dağılımı

Isıtma sonrası tahliye işlemine kadar geçen süre sürekli rejim adımı olarak adlandırılmaktadır. Bu adımda sadece motor hareketleri gerçekleşmektedir. Bu sebeple verilen enerjinin %97'si motor tarafından harcanırken %3 kart tarafından harcanmaktadır.



Şekil 3.21 Sürekli rejimde enerji dengesi

Bu adımda 370 kJ enerji harcanmaktadır. Bu adımda sürekli olarak ısı kayıp olduğu için dış kayıplar oldukça fazladır. Yaklaşık 1025 kJ enerji kaybı olmaktadır. Su, soğumakta ve 775 kJ enerji kaybetmektedir. Geri kalan enerjinin büyük bir kısmı ise komponentler tarafından depolanmaktadır.

Grafikte de görüldüğü gibi su enerji kaybederken, komponentler enerji kazanmakta ve sistem dışına ısı kayıp olmaktadır. Ayrıca sistemde harcanan 371 kJ enerjinin 95 kJ'ü mekanik enerjiye dönüştürülmüştür.

4 MODELLEME ÇALIŞMALARI

Yıkayıcının gerek çalışma şartları gerekse de yapısal değişikliklerinde, sıcaklıkların ve buna bağlı olarak enerji tüketiminin parametrik olarak analiz edilebilmesi amacıyla modelleme çalışmaları yapılmıştır.

4.1 Geliştirme Çalışmaları

Daha önce yapılan çalışmalarda yıkayıcı için bir simülasyon programı oluşturulmuştur. Yıkayıcı çeşitli kabullerle fiziksel olarak modellenmiş ve bu model bağlı olarak ısı akış şeması ve kontrol hacimleri oluşturulmuştur. Daha sonra bu kontrol hacimleri için enerjinin korunumu prensibi uygulanarak matematiksel model hazırlanmıştır. Matematiksel modelin makina geometrik özellikleri ve çalışma şartlarının girildiği ve sonuçların grafiksel ve sayısal olarak takip edilebildiği ara yüze eklenmesi ile bir simülasyon programı hazırlanmıştır. Bu çalışmada, daha önce oluşturulan simülasyon programı üzerinde bir takım geliştirmeler ve yenilikler yapılmıştır.

4.1.1 Yıkama Performansı Tahmini

Yıkama performansı için en önemli parametre ortalama ana yıkama sıcaklığıdır. Yapılan çalışmalar ana yıkama sıcaklığının, yıkama indeksi üzerinde en büyük etkiye sahip olduğunu göstermiştir.

Bu sebeple simülasyon programında yıkama performansı tahmini için ortalama yıkama sıcaklığı ve maksimum ve minimum sıcaklıklardan faydalanılmıştır.

Ortalama yıkama sıcaklığı, maksimum yıkama sıcaklığı ve minimum yıkama sıcaklığı değerlerine karşılık gelen yıkama performansları verilmiştir. Bu deney sonuçları kullanılarak SigmaPlot programı yardımıyla ortalama, maksimum ve minimum sıcaklıklara bağlı olarak yapılan regresyon sonucu aşağıda verilen yıkama performansı denklemi elde edilmiştir.

$$TYP = (0,0658 * T_{ortalamayikama}^{-0,0305} + 1.1496 * T_{set}^{-0,4939} + 0,2278 * T_{yikamasonu}^{0,4088} - 0,2126) \quad (4.1)$$

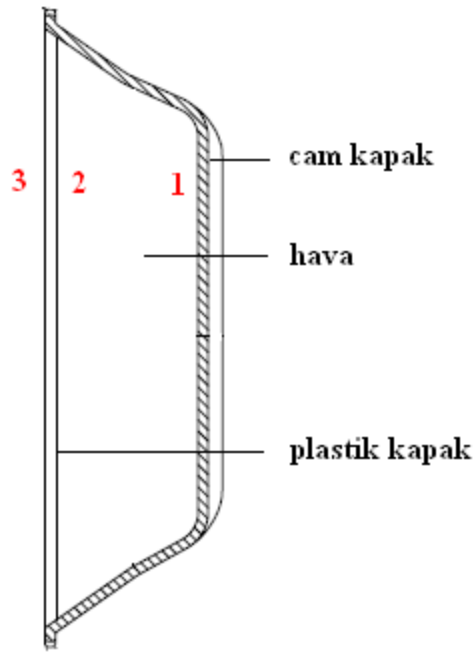
Tahmini yıkama performansı hesaplanırken, su miktarının, ana yıkama süresinin mekanik yıkama hareketi sabit kaldığı kabulü yapılmıştır.

4.1.2 Cam kapak çalışması

Cam kapak konusunda, cam kapak yalıtımı üzerinde bir takım çalışmalar yapılmıştır. Cam kapağın önüne plastik kapak yerleştirilmesi durumu simüle edilmiştir.

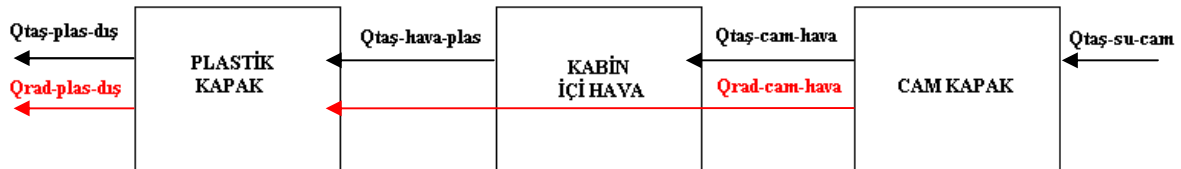
Cam kapak, tanımlandığı kontrol hacmi içerisinde yıkama suyundan taşınım ile ısı almakta, bu ısının bir kısmını üzerinde depolamakta, bir kısmını taşınım ile plastik kapak ve cam kapak arasındaki bölgeye vermekte ve bir kısmını da radyasyon ile doğrudan plastik kapağa vermektedir.

Ara bölgedeki havadan plastik kapağa taşınım ile ısı transferi olurken, plastik kapaktan dış ortama taşınım ve radyasyon ile ısı transferi olmaktadır.



Şekil 4.1 Cam kapak önüne plastik kapak yerleşim durumu

Şekilde kırmızı ile işaretlenen 1, 2, 3 ve 4 bölgeleri için ısı taşınımı çözümlenmesi yapılmıştır.



Şekil 4.2 Cam kapak önünde plastik kapak olması durumunda ısı transfer mekanizmaları

1. bölgede sudan kapağa taşınım ile ısı transferi olmaktadır.

$$T_{hesap} = \frac{T_{su} + T_{cam}}{2} + 273 \quad [27] \quad (4.2)$$

$$h_{kazan_su} = \frac{k}{L} \left[0.68 \frac{(0.67 Ra^{0.25})}{\left(1 + \left(\frac{0.492}{Pr_{hava}}\right)^{0.5625}\right)^{0.4444}} \right] \quad [27] \quad (4.3)$$

$$Q_{sukap} = h_{kazan_su} \cdot A_{cam} \cdot (T_{su} - T_{cam}) \quad [27] \quad (4.4)$$

Bunlardan ikincisi cam kapak ile hava arasındaki ısı taşınımıdır.

$$T_{hesap} = \frac{T_{cam} + T_{hava}}{2} + 273 \quad [27] \quad (4.5)$$

$$Ra = \rho \frac{1}{T_{hesap}} (T_{gov} - T_{ort}) - \frac{L^3 Pr_{hava}}{Nu_{hava}^2} \quad [27] \quad (4.6)$$

$$h_{kazan_su} = \frac{k}{L} \left[0.68 \frac{(0.67 Ra^{0.25})}{\left(1 + \left(\frac{0.492}{Pr_{hava}}\right)^{0.5625}\right)^{0.4444}} \right] \quad [27] \quad (4.7)$$

$$Q_{kaphava} = h_{yaniç} \cdot A_{cam} \cdot (T_{cam} - T_{hava}) \quad [27] \quad (4.8)$$

Üçüncüsü hava ile plastik kapak arasındaki ısı taşınımıdır.

$$T_{hesap} = \frac{T_{hava} + T_{plastik}}{2} + 273 \quad [27] \quad (4.9)$$

$$Ra = \rho \frac{1}{T_{hesap}} (T_{gov} - T_{ort}) - \frac{L^3 Pr_{hava}}{Nu_{hava}^2} \quad [27] \quad (4.10)$$

$$h_{kazan_su} = \frac{k}{L} \left[0.68 \frac{(0.67 Ra^{0.25})}{\left(1 + \left(\frac{0.492}{Pr_{hava}}\right)^{0.5625}\right)^{0.4444}} \right] \quad [27] \quad (4.11)$$

$$Q_{havaplas} = h_{yaniç2} \cdot A_{cam} \cdot (T_{hava} - T_{plas})$$

Son olarak plastik ile dış ortam arasında ısı taşınımı çözümlenmesi yapılmıştır.

$$T_{hesap} = \frac{T_{plastik} + T_{disort}}{2} + 273 \quad [27] \quad (4.12)$$

$$Ra = \rho \frac{1}{T_{hesap}} (T_{gov} - T_{ort}) - \frac{L^3 Pr_{hava}}{Nu_{hava}^2} \quad [27]$$

(4.13)

$$h_{kazan_su} = \frac{k}{L} \left[0.68 \frac{(0.67 Ra^{0.25})}{\left(1 + \left(\frac{0.492}{Pr_{hava}}\right)^{0.5625}\right)^{0.4444}} \right] \quad [27] \quad (4.14)$$

$$Q_{plasort} = h_{yandis} \cdot A_{cam} \cdot (T_{plas} - T_{disort}) \quad [27] \quad (4.15)$$

Camdan plastiğe ve plastikten dış ortama radyasyon ile ısı transferi çözümlenmesi yapılmıştır.

$$\varepsilon_{cam} = 0,94$$

$$\varepsilon_{plas} = 0,92$$

$$Q_{rad_cam_plas} = \varepsilon_{cam} \cdot \sigma \cdot A_{cam} \cdot ((T_{cam} + 273)^4 - (T_{plas} + 273)^4) \quad [26] \quad (4.16)$$

$$Q_{rad_plas_ort} = \varepsilon_{plas} \cdot \sigma \cdot A_{cam} \cdot ((T_{plas} + 273)^4 - (T_{ort} + 273)^4) \quad [26] \quad (4.17)$$

Isı transferi çözümlenmelerinin yanı sıra camdaki ve plastikteki sıcaklık değişimi hesaplanmıştır.

$$m_{havakap} = 0,02 \cdot A_{cam} \cdot \rho_{hava} \cdot (t_{hava} + 273) \quad [26] \quad (4.18)$$

$$T_{camson} = \left[\frac{((-Q_{kaphava} + Q_{sukap} - Q_{rad_cam_plas}) \partial t)}{(m_{cam} \cdot Cp_{cam} \cdot 1000)} \right] + T_{cam_ilk} \quad [27] \quad (4.19)$$

$$T_{plasson} = \left[\frac{((-Q_{plasort} + Q_{havaplas} - Q_{rad_cam_plas} - Q_{rad_plas_ort}) \partial t)}{(m_{plas} \cdot Cp_{plas} \cdot 1000)} \right] + T_{plas_ilk} \quad [27] \quad (4.20)$$

4.1.3 Enerji Bilançosu

Simülasyon çalışmaları kapsamında yıkayıcı enerji bilançosu hesaplamaları simüle edilmiştir. Prosesin toplam enerji bilançosu ve adım bazında detaylı enerji bilançosu çıkarılmıştır. Enerji bilançosu hesaplamaları yapılırken birinci kanun analizinden yararlanılmıştır.

Yıkayıcı kontrol hacmi olarak ele alınmış ve enerji dengesi kurulmuştur. Bu analize göre kontrol hacmine su girişinin yanı sıra enerji girişi olmaktadır. Bu enerjinin bir kısmı makine içinde komponentler tarafından depolanmakta ve bir kısmı da mekanik işe dönüştürülmektedir. Geriye kalan kısmı ise kayıp olarak sistemi terk etmektedir. Ayrıca su girişi olduğu gibi makinede tahliye adımlarında su çıkışı olmaktadır. Tahliye edilen su miktarları modelde deneysel oranlar üstünden tahmin edilmektedir.

Enerji bilançosu hesaplamaları toplam enerji bilançosu ve adım bazında enerji bilançosu olmak üzere iki bölüme ayrılmıştır.

4.1.3.1 Toplam Enerji Bilançosu

Toplam enerji bilançosu çıkarılırken, su tarafından depolanan enerji, komponentler tarafından depolanan enerji, sistemi terk eden ısı enerji ve mekanik hareketler için harcanan enerji olarak dört durum üzerinde çalışılmıştır. Su üzerinde yapılan çalışmalarda, her bir su alma adımı için (ana yıkama suyu ve durulama suları) ayrı ayrı enerji tüketimi hesaplanmıştır. Giriş ve çıkış su sıcaklık farklarından yararlanarak sabit Cp kullanımıyla her bir adımda suya depolanan enerji miktarları bulunmuştur.

4.1.3.1.1 Su Tarafından Depolanan Enerji Miktarı

$$Q_{suana} = m_{anasu} \cdot [(Cp_{su,Tsuana} \cdot T_{suana}) - (Cp_{su,Tsual} \cdot T_{sual})] \quad (4.21)$$

$$Q_{suduru1} = m_{duru1} \cdot [(Cp_{su,Tsuduru1} \cdot T_{suduru1}) - (Cp_{su,Tsual} \cdot T_{sual})] \quad (4.22)$$

$$Q_{suduru2} = m_{duru2} \cdot [(Cp_{su,Tsuduru2} \cdot T_{suduru2}) - (Cp_{su,Tsual} \cdot T_{sual})] \quad (4.23)$$

$$Q_{suduru3} = m_{duru3} \cdot [(Cp_{su,Tsuduru3} \cdot T_{suduru3}) - (Cp_{su,Tsual} \cdot T_{sual})] \quad (4.24)$$

4.1.3.1.2 Komponentler Tarafından Depolanan Enerji Miktarı

Komponentler tarafından depolanan enerji hesaplanırken her bir komponentin kütlesi ve özgül ısısı kullanılarak, proses başlangıcındaki ve sonundaki sıcaklık farkından yararlanılarak komponentlerin ne kadar enerji depoladıkları hesaplanmıştır. Depoladıkları miktar her komponent için ayrı ayrı hesaplanmış ve son olarak toplam depolanan enerji bulunmuştur.

$$Q_{yuktop} = m_{yuk} \cdot Cp_{yuk} \cdot (T_{yuktop} - T_{ilk}) \quad (4.25)$$

$$Q_{tamtop} = m_{tam} \cdot Cp_{tam} \cdot (T_{tamtop} - T_{ilk}) \quad (4.26)$$

$$Q_{kazantop} = m_{kazan} \cdot Cp_{kazan} \cdot (T_{kazantop} - T_{ilk}) \quad (4.27)$$

$$Q_{betonustop} = m_{betonust} \cdot Cp_{betonust} \cdot (T_{betonustop} - T_{ilk}) \quad (4.28)$$

$$Q_{betonontop} = m_{betonon} \cdot Cp_{betonon} \cdot (T_{betonontop} - T_{ilk}) \quad (4.29)$$

$$Q_{mottop} = m_{mot} \cdot Cp_{mot} \cdot (T_{mottop} - T_{ilk}) \quad (4.30)$$

$$Q_{camtop} = m_{cam} \cdot Cp_{cam} \cdot (T_{camtop} - T_{ilk}) \quad (4.31)$$

$$Q_{govtop} = m_{gov} \cdot Cp_{gov} \cdot (T_{govtop} - T_{ilk}) \quad (4.32)$$

$$Q_{othtop} = m_{oth} \cdot Cp_{oth} \cdot (T_{othtop} - T_{ilk}) \quad (4.33)$$

$$Q_{toptop} = Q_{yuktop} + Q_{tamtop} + Q_{kazantop} + Q_{betonustop} + Q_{betonontop} + Q_{mottop} + Q_{camtop} + Q_{govtop} + Q_{othtop} \quad (4.34)$$

4.1.3.1.3 Mekanik Hareketler İçin Harcanan Enerji

Harcanan enerjinin bir kısmı depolanmakta, bir kısmı ise mekanik enerji adı altında motor tarafından harcanmaktadır.

Soğuk yıkama, ısıtma, ana yıkama ve durulama adımlarında motor %25 verimle, sıkma adımında %75 verimle çalışmaktadır. Mekanik hareketlere harcanan enerji miktarını bulmak için soğuk yıkama, ısıtma, ana yıkama ve durulama adımlarında motorun harcadığı enerji 0.25 ile, sıkma adımlarında harcanan enerji 0.75 ile çarpılmıştır. Mekanik hareketlerin simülasyonu şu şekilde yapılmıştır.

$$Ener_{mot} = \left[\left((ener_{3,6}) - (ener_{motsog} + ener_{motsit} + ener_{motorana}) \right) \cdot 0,75 \right] + \left[\left((ener_{motsog} + ener_{motsit} + ener_{motorana}) \right) \cdot 0,25 \right] \quad (4.35)$$

[27]

4.1.3.1.4 Isıl Kayıp Olarak Sistemi Terkeden Enerji

Toplam harcanan enerjiden komponentler tarafından depolanan enerjinin, su tarafından depolanan enerjinin ve mekanik olarak harcanan enerjinin çıkarılmasıyla Q_{net} kayıp bulunmaktadır.

$$Q_{nettop} = (ener.3,6) - Q_{toptop} - Q_{suana} - Q_{suduru1} - Q_{suduru2} - Q_{suduru3} - Ener_{mot} \quad (4.36)$$

4.1.3.2 Detaylı Enerji Bilançosu

Detaylı enerji bilançosu çalışmalarında; soğuk yıkama, ısıtma ve ana yıkama adımları için ayrı ayrı enerji bilançosu hesaplamaları yapılmıştır. Her adımda su tarafından depolanan, komponentler tarafından depolanan, mekanik olarak harcanan ve ısıl olarak sistemi terk eden enerji hesaplaması simüle edilmiştir.

4.1.3.2.1 Soğuk Yıkama Adımı

Soğuk yıkama adımı için su ve komponentler tarafından depolanan enerji, mekanik olarak harcanan enerji ve ısıl olarak kaybedilen enerji hesaplaması simüle edilmiştir.

Su tarafından depolanan enerji miktarı

$$Q_{susog} = m_{su} \cdot [(Cp_{su,Tsu(0)} \cdot T_{su(0)}) - (Cp_{su,Tsual} \cdot T_{sual})] \quad (4.37)$$

Komponentler tarafından depolanan enerji

$$Q_{yuksog} = m_{yuk} \cdot Cp_{yuk} \cdot (T_{yuksog} - T_{ilk}) \quad (4.38)$$

$$Q_{tamsog} = m_{tam} \cdot Cp_{tam} \cdot (T_{tamsog} - T_{ilk}) \quad (4.39)$$

$$Q_{kazansog} = m_{kazan} \cdot Cp_{kazan} \cdot (T_{kazansog} - T_{ilk}) \quad (4.40)$$

$$Q_{betonustsog} = m_{betonust} \cdot Cp_{betonust} \cdot (T_{betonustsog} - T_{ilk}) \quad (4.41)$$

$$Q_{betononsog} = m_{betonon} \cdot Cp_{betonon} \cdot (T_{betononsog} - T_{ilk}) \quad (4.42)$$

$$Q_{motsog} = m_{mot} \cdot Cp_{mot} \cdot (T_{motsog} - T_{ilk}) \quad (4.43)$$

$$Q_{camsog} = m_{cam} \cdot Cp_{cam} \cdot (T_{camsog} - T_{ilk}) \quad (4.44)$$

$$Q_{govsog} = m_{gov} \cdot Cp_{gov} \cdot (T_{govsog} - T_{ilk}) \quad (4.45)$$

$$Q_{othsog} = m_{oth} \cdot Cp_{oth} \cdot (T_{othsog} - T_{ilk}) \quad (4.46)$$

$$Q_{topsoğ} = Q_{yüksog} + Q_{tamsog} + Q_{kazansog} + Q_{betonustsog} + Q_{betononsog} + Q_{motsog} + Q_{camsog} + Q_{govsog} + Q_{othsog} \quad (4.47)$$

Mekanik hareketler için harcanan enerji

Motorun harcadığı enerji miktarını bulmak için proses boyunca motorun açık ve kapalı olduğu süreler tespit edilmiş ve motor çalışırken harcadığı enerji miktarı kullanılarak her bir proses boyunca mekanik hareketler için ne kadar enerji harcadığı bulunmuştur.

$$ener_{motsog} = \left[T_{sog} \left(60 \frac{motor_{on}}{motor_{on} + motor_{off}} - 100 \right) 0.001 \right] \quad (4.48)$$

Isıl olarak kaybedilen enerji

$$Ener_{sog} = ener_{3,6}$$

$$Q_{net\ sog} = Ener_{sog} - Q_{topsoğ} - Q_{susog} - (0,25 \cdot Ener_{motsog}) \quad (4.49)$$

4.1.3.2.2 Isıtma Adımı

Isıtma adımı için su ve komponentler tarafından depolanan enerji, mekanik olarak harcanan enerji ve ısıl olarak kaybedilen enerji hesaplaması simüle edilmiştir.

Su tarafından depolanan enerji miktarı

$$Q_{suisit} = m_{su} \cdot [(Cp_{su,(0)} \cdot T_{su(0)}) - ((Cp_{su,isitbas}) \cdot (T_{sual} + 2))] \quad (4.50)$$

Komponentler tarafından depolanan enerji

$$Q_{yukisit} = m_{yuk} \cdot Cp_{yuk} \cdot (T_{yukisit} - T_{yüksog}) \quad (4.51)$$

$$Q_{tamisit} = m_{tam} \cdot Cp_{tam} \cdot (T_{tamisit} - T_{tamsog}) \quad (4.52)$$

$$Q_{kazanisit} = m_{kazan} \cdot Cp_{kazan} \cdot (T_{kazanisit} - T_{kazansog}) \quad (4.53)$$

$$Q_{betonustisit} = m_{betonust} \cdot Cp_{betonust} \cdot (T_{betonustisit} - T_{betonustsog}) \quad (4.54)$$

$$Q_{betononisit} = m_{betonon} \cdot Cp_{betonon} \cdot (T_{betononisit} - T_{betononsog}) \quad (4.55)$$

$$Q_{motisit} = m_{mot} \cdot Cp_{mot} \cdot (T_{motisit} - T_{motsog}) \quad (4.56)$$

$$Q_{camisit} = m_{cam} \cdot Cp_{cam} \cdot (T_{camisit} - T_{camsog}) \quad (4.57)$$

$$Q_{govisit} = m_{gov} \cdot Cp_{gov} \cdot (T_{govisit} - T_{govsog}) \quad (4.58)$$

$$Q_{othisit} = m_{oth} \cdot Cp_{oth} \cdot (T_{othisit} - T_{othsog}) \quad (4.59)$$

$$Q_{topisit} = Q_{yukisit} + Q_{tamisit} + Q_{kazanisit} + Q_{betonustisit} + Q_{betononisit} + Q_{motisit} + Q_{camisit} + Q_{govisit} + Q_{othisit} \quad (4.60)$$

Mekanik hareketler için harcanan enerji

$$ener_{motisit} = \left[T_{isima} \left(60 \frac{motor_{on}}{motor_{on} + motor_{off}} 100 \right) 0.001 \right] \quad (4.61)$$

Isıl olarak kaybedilen enerji

$$Ener_{isit} = (ener_{3,6}) - Ener_{sog}$$

$$Q_{net_{isit}} = Ener_{isit} - Q_{topisit} - Q_{suisit} - (0,25 \cdot Ener_{motisit}) \quad (4.62)$$

4.1.3.2.3 Ana Yıkama Adımı

Ana yıkama adımı için su ve komponentler tarafından depolanan enerji, mekanik olarak harcanan enerji ve ısıl olarak kaybedilen enerji hesaplaması simüle edilmiştir.

Su tarafından depolanan enerji miktarı

$$Q_{suanatop} = m_{su} \cdot [(Cp_{su,(0)} \cdot T_{su}(0)) - (Cp_{su,isitson} \cdot T_{isitson})] \quad (4.63)$$

Komponentler tarafından depolanan enerji

$$Q_{yukana} = m_{yuk} \cdot Cp_{yuk} \cdot (T_{yukana} - T_{yukisit}) \quad (4.64)$$

$$Q_{tamana} = m_{tam} \cdot Cp_{tam} \cdot (T_{tamana} - T_{tamisit}) \quad (4.65)$$

$$Q_{kazanana} = m_{kazan} \cdot Cp_{kazan} \cdot (T_{kazanana} - T_{kazanisit}) \quad (4.66)$$

$$Q_{betonus\ tan\ a} = m_{betonust} \cdot Cp_{betonust} \cdot (T_{betonus\ tan\ a} - T_{betonustisit}) \quad (4.67)$$

$$Q_{betononana} = m_{betonon} \cdot Cp_{betonon} \cdot (T_{betononana} - T_{betononisit}) \quad (4.68)$$

$$Q_{mo\ tan\ a} = m_{mot} \cdot Cp_{mot} \cdot (T_{mo\ tan\ a} - T_{motisit}) \quad (4.69)$$

$$Q_{camana} = m_{cam} \cdot Cp_{cam} \cdot (T_{camana} - T_{camisit}) \quad (4.70)$$

$$Q_{govana} = m_{gov} \cdot Cp_{gov} \cdot (T_{govana} - T_{govisit}) \quad (4.71)$$

$$Q_{othana} = m_{oth} \cdot Cp_{oth} \cdot (T_{othana} - T_{othisit}) \quad (4.72)$$

$$Q_{topana} = Q_{yukana} + Q_{tamana} + Q_{kazanana} + Q_{betonus\ tan\ a} + Q_{betononana} + Q_{mo\ tan\ a} + Q_{camana} + Q_{govana} + Q_{othana} \quad (4.73)$$

Mekanik hareketler için harcanan enerji

$$ener_{mo\ tan\ a} = \left[T_{ana} \left(60 \frac{motor_{on}}{motor_{on} + motor_{off}} 100 \right) 0.001 \right] \quad (4.74)$$

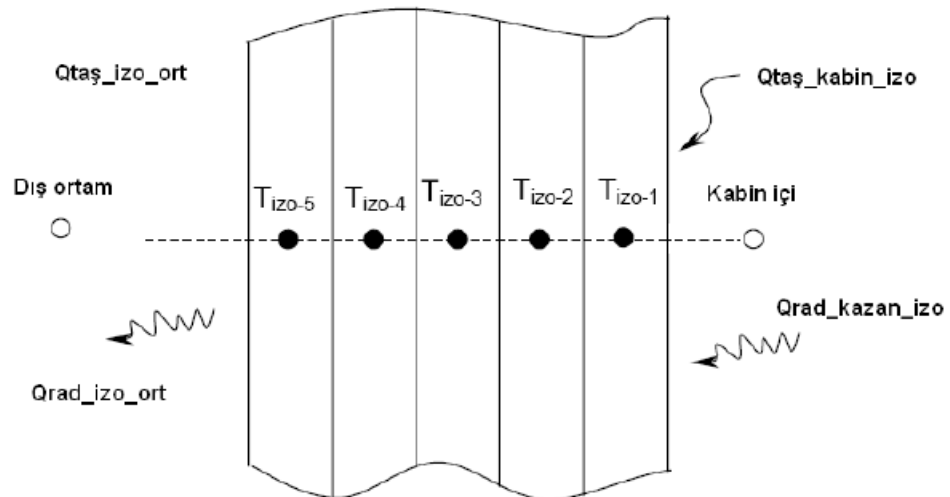
Isıl olarak kaybedilen enerji

$$Ener_{ana} = (ener.3,6) - Ener_{sog} - Ener_{isit}$$

$$Q_{net\ ana} = Ener_{ana} - Q_{topana} - Q_{suana} - (0,25 \cdot Ener_{mo\ tan\ a}) \quad (4.75)$$

4.1.4 Kabin Yalıtımı

Kabin yalıtımı çözümünde yalıtımda yüksek sıcaklık değişim gradyeni oluşacağı için yığın analizi yapılmamış, bunun yerine yalıtım tabakası 5 parçaya bölünerek dağılımlı bir modelleme yapılmıştır.



Şekil 4.3 Kabin cidarı sıcaklık değişimi

İzolasyon tabakasına kazandan radyasyon ile ısı transferi, kabinden ise taşınım ile ısı transferi olmaktadır. Bunun yanı sıra yalıtımın son hücresi dış kabin ile aynı sıcaklıkta olacağından bu ikisi tek hücre olarak düşünülmüştür. Bu hücreden ortama radyasyon ve taşınım ile ısı transferi olmaktadır. Birbirine komşu elemanlar arasında ise iletimle ısı transferi olmaktadır.

İzolasyon tabakasına kazandan radyasyon ve kabin iç havasından taşınım ile ısı transferi olmaktadır ve bu tabakadan dış ortama radyasyon ve taşınım ile ısı transferi olmaktadır.

Kabin içi havası ve yalıtım tabakası arası taşınım ısı transferi için h hesabı;

$$Thesap = \frac{T_{izol} - T_{kabin}}{2} + 273 \quad [27] \quad (4.76)$$

$$Ra = \rho \frac{1}{Thesap} (T_{izol} - T_{kabin}) - \frac{L^3 Pr_{hava}}{Nu_{hava}^2} \quad [27] \quad (4.77)$$

$$h_{kabin_izol} = \frac{k}{L} \left[0.68 \left(\frac{(0.67 Ra^{0.25})}{\left(1 + \left(\frac{0.492}{Pr_{hava}} \right)^{0.5625} \right)^{0.4444}} \right) \right] \quad [27] \quad (4.78)$$

Benzer şekilde dış gövde ve ortam havası arasındaki taşınım ısı transferi için h hesabı;

$$Thesap = \frac{T_{izo5} - T_{ort}}{2} + 273 \quad [27] \quad (4.79)$$

$$Ra = \rho \frac{1}{Thesap} (T_{izo5} - T_{ort}) - \frac{L^3 Pr_{hava}}{Nu_{hava}^2} \quad [27] \quad (4.80)$$

$$h_{izo5_ort} = \frac{k}{L} \left[0.68 \left(\frac{(0.67 Ra^{0.25})}{\left(1 + \left(\frac{0.492}{Pr_{hava}} \right)^{0.5625} \right)^{0.4444}} \right) \right] \quad [27] \quad (4.81)$$

hkabin_izo_1 ve hizo_5_ort hesaplandıktan sonra, yalıtım tabakasına olan ve yalıtım tabakasından olan taşınım ısı transferleri,

$$Q_{kab_izo1} = h_{kabin_izo1} \cdot A_{izo1} \cdot (T_{izo1} - T_{kabin}) \quad (4.82)$$

$$Q_{izo5_ort} = h_{izo5_ort} \cdot A_{izo5} \cdot (T_{ort} - T_{izo5}) \quad (4.83)$$

$$Q_{rad_kazan_izo1} = \varepsilon_{kazan} \cdot \sigma \cdot A_{kazan} \left((T_{kazan} + 273)^4 - (T_{izo1} + 273)^4 \right) \quad (4.84)$$

$$Q_{rad_izo5_ort} = \varepsilon_{izo5} \cdot \sigma \cdot A_{izo5} \left((T_{izo5} + 273)^4 - (T_{ort} + 273)^4 \right) \quad (4.85)$$

Komşu elemanlar arasında iletimle ısı transferi olmaktadır.

$$m.Cp. \frac{(T_{izo1}^i - T_{izo1}^{i-1})}{\Delta t} = \left(-q_{ta\ sin\ im} - q_{ışınım} + \frac{k_{izo}}{\Delta x} (T_{izo1} - T_{izo2}) \right) [26] \quad (4.86)$$

$$m.Cp. \frac{(T_{izo2}^i - T_{izo2}^{i-1})}{\Delta t} = \left(\frac{k_{izo}}{\Delta x} (T_{izo1} - T_{izo2}) - \frac{k_{izo}}{\Delta x} (T_{izo2} - T_{izo3}) \right) [26] \quad (4.87)$$

$$m.Cp. \frac{(T_{izo5}^i - T_{izo5}^{i-1})}{\Delta t} = \left(q_{ta\ sin\ im} + q_{ışınım} - \frac{k_{izo}}{\Delta x} (T_{izo4} - T_{izo5}) \right) [26] \quad (4.88)$$

4.2 Modelleme Uygulamaları

4.2.1 Yıkama Performansı

Yıkama performansı kazan içi su sıcaklığına bağlı olarak değişmektedir. Ortalama su sıcaklığı, maksimum ve minimum su sıcaklıkları tahmini yıkama performansını doğrudan etkilemektedir.

48°C	50°C	52°C
Enerji Tüketimi: 964 wh	Enerji Tüketimi: 1027 wh	Enerji Tüketimi: 1091 wh
Isıtma süresi: 23.59 dak.	Isıtma süresi: 25.46 dak.	Isıtma süresi: 27.35 dak.
Yıkama sonu su sıcaklığı: 38.61 °C	Yıkama sonu su sıcaklığı: 40.18 °C	Yıkama sonu su sıcaklığı: 41.76 °C
Ortalama Yıkama sıcaklığı: 40.91 °C	Ortalama Yıkama sıcaklığı: 42.65 °C	Ortalama Yıkama sıcaklığı: 44.4 °C
Isıtma hızı: 0.00 °C/dak.	Isıtma hızı: 0.00 °C/dak.	Isıtma hızı: 0.00 °C/dak.
Sıcaklık düşme oranı: .0031 °C/lt-dak	Sıcaklık düşme oranı: .0034 °C/lt-dak	Sıcaklık düşme oranı: .0036 °C/lt-dak
Tahmini Yıkama Perf.:1.028	Tahmini Yıkama Perf.:1.042	Tahmini Yıkama Perf.:1.054

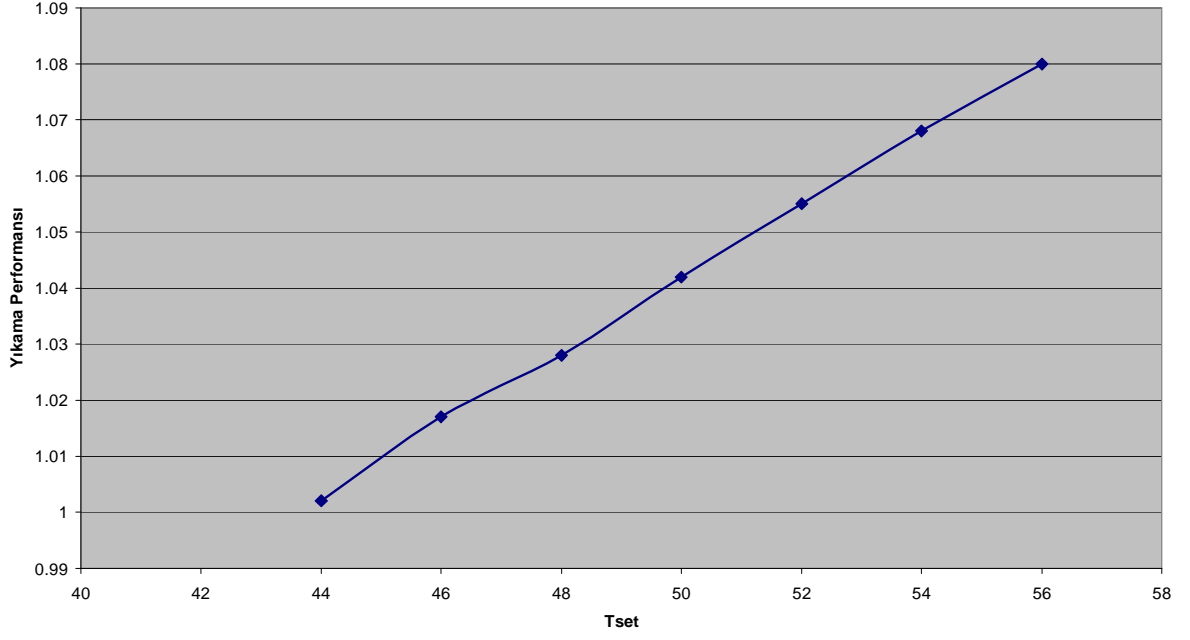
Şekil 4.4 Yıkama performansı ölçümleri simülasyon sonuçları

Üç farklı Tset sıcaklığı için yıkama performansları simüle edilmiştir. Tset: 48 °C için ortalama yıkama sıcaklığı 40,91 °C olarak tespit edilmiştir. Bu durumda yıkama performansı 1,028 olmaktadır. Tset: 50 °C için ortalama yıkama sıcaklığı 42.65 °C'dir. Bu durumda ise yıkama performansı 1,042'dir. Tset : 52 °C olması durumunda ise ortalama yıkama sıcaklığı 44.4 °C dir ve tahmini yıkama performansı 1.054'tür.

Yapılan deneysel çalışmalarda Tset 50 °C olması durumunda yıkama performansı 1.037 olarak bulunmuştur. Bu durumda;

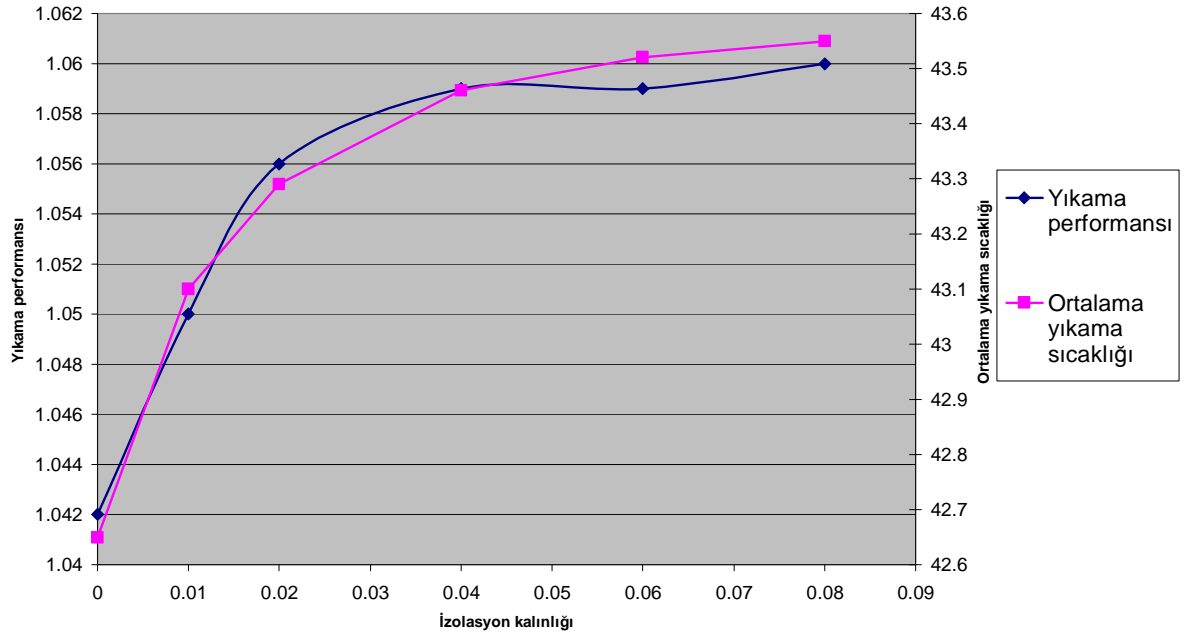
$$\%HATA = \frac{1.042 - 1.037}{1.042} * 100 \text{ formülüne göre,}$$

%HATA = %0.5 olarak tespit edilmiştir.



Şekil 4.5 Set sıcaklığı ile yıkama performansı ilişkisi

Farklı Tset sıcaklıkları için yıkama performansı testleri yapılmış ve şekildeki grafik elde edilmiştir. Grafığe göre, Tset sıcaklığı arttıkça, ortalama yıkama sıcaklığı da artmakta ve bu sayede yıkama performansında iyileşme görülmektedir.



Şekil 4.6 İzolasyon kalınlığına göre yıkama performansı ve ortalama yıkama sıcaklığı değişimi

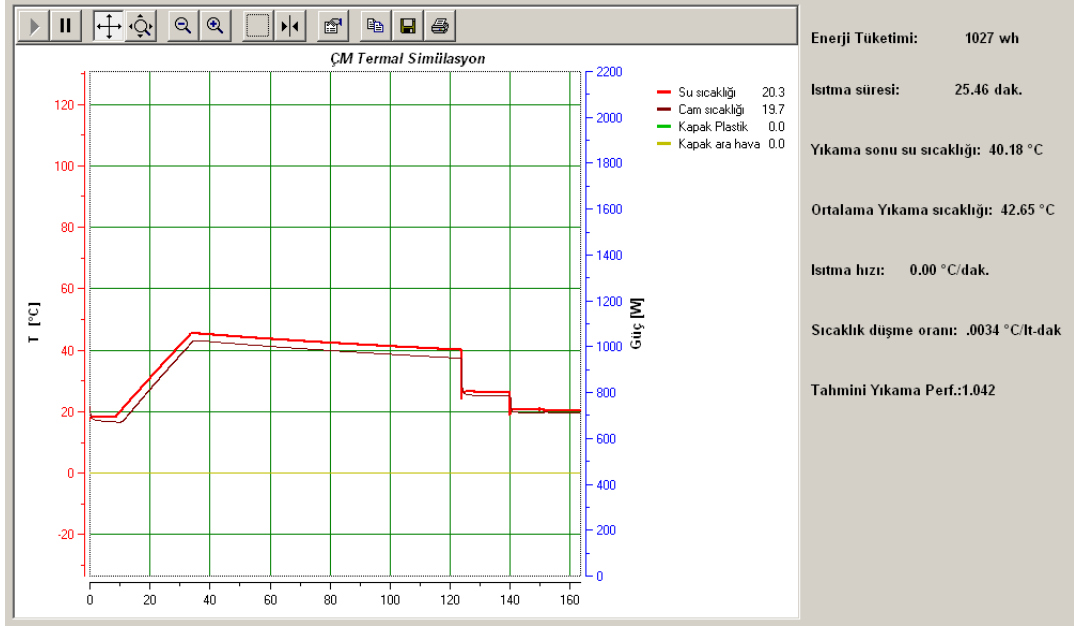
Kabin yalıtım kalınlığı arttıkça minimum sıcaklık yükseldiği için ortalama sıcaklık da yükselmektedir. Maksimum sıcaklık aynı kalmasına rağmen, minimum ve ortalama sıcaklığın artış göstermesi yıkama performansını olumlu etkilemekte ve artırmaktadır. Ancak yalıtım kalınlığı belli bir değerin üzerine çıktığında ortalama yıkama sıcaklığının artış hızı azalmakta ve yıkama performansı artışı daha az olmaktadır.

4.2.2 Cam Kapak Çalışmaları

Cam kapak önüne plastik kapak yerleştirilmesi durumu için simülasyon çalışmaları yapılmıştır. Plastik kapağın olması ve olmaması durumları için grafikler çıkarılmış ve yıkama sonu sıcaklığı, enerji performansı ve tahmini yıkama performansı verileri elde edilmiştir.

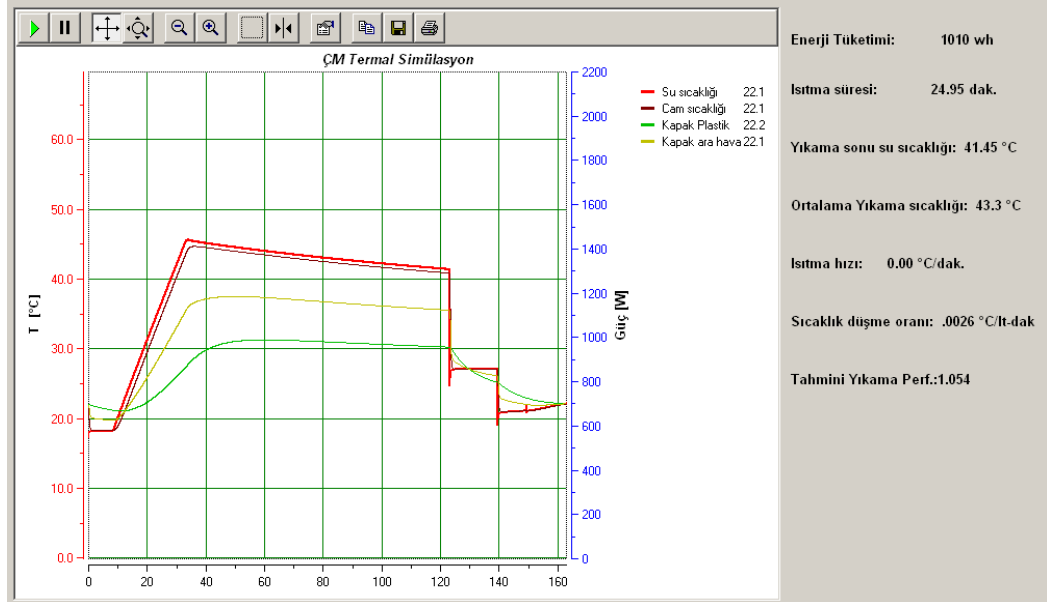
walther	Kaydet
Derinlik [m]	0.49
Genişlik [m]	0.567
Yükseklik [m]	0.792
Ağırlık [kg]	7.56
Cp - Üzgöl Isı [kJ/kgK]	0.5
Emisivite	0.7
Cam Kapak	
Kapak Çapı [m]	0.325
Cam kalınlığı [m]	0.005
Isı iletim katsayısı [w/mK]	14
Cam kapak ağırlığı [kg]	1.435
Cam kapak Üzgöl Isı [kJ/kgK]	0.8
<input checked="" type="checkbox"/> Plastik koruyucu kapak	
<input type="checkbox"/> Kabin İzolasyon	
Frame7	
İzolasyon Kalınlığı	0.02
Sac Kalınlığı	0.001
Sac Isı İletim Katsayısı	60

Şekil 4.7 Simülasyon programı cam kapak bölümü veri giriş ekranı



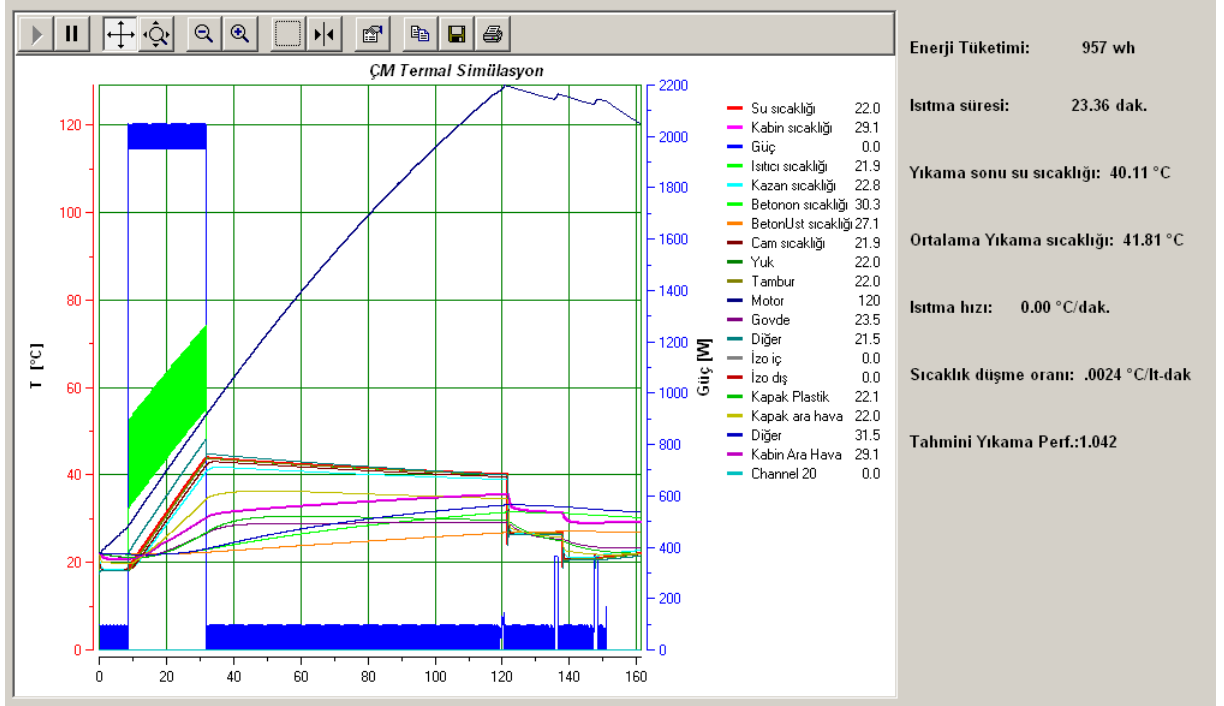
Şekil 4.8 Simülasyon programına göre plastik kapak olmaması durumu için cam kapak ve plastik kapak sıcaklık değişimi

Şekil 4.8’de cam kapağın önünde plastik kapak olmaması durumu için simülasyon programında yapılan simülasyon sonucu görülmektedir. Bu durumda enerji tüketimi 1027 Wh olarak tespit edilmiştir. Yıkama sonu sıcaklığı 40.18 °C, ortalama yıkama sıcaklığı 42,65 °C olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre tahmini yıkama performansı ise 1.042’dir.



Şekil 4.9 Simülasyon programına göre plastik kapak olması durumu için cam kapak ve plastik kapak sıcaklık değişimi

Şekil 4.9'da cam kapak önüne plastik kapak yerleştirilmesi durumu için elde edilmiş simülasyon çalışması sonucu görünmektedir. Bu durumda enerji tüketimi 1010 Wh olarak tespit edilmiştir. Bu sonuca göre plastik kapak yerleşimi enerji tüketiminde 17 Wh tasarruf edilmesini sağlamıştır. Yıkama sonu sıcaklığı 41,45 °C çıkmıştır. Bir önceki durumla kıyaslandığında yıkama sonu sıcaklığında yaklaşık 1,2 °C'lik bir artış tespit edilmiştir. Ortalama yıkama sıcaklığı ise yaklaşık 0.6 °C artmıştır. Tahmini yıkama performansı ise 1.042'den 1.054'e yükselmiştir.



Şekil 4.10 Simülasyon programına göre farklı Tset sıcaklığında, plastik kapak olması durumu için cam kapak ve plastik kapak sıcaklık değişimi

Plastik kapak kullanılması durumunda, Tset sıcaklığında yapılan düşüşle aynı yıkama performansının sağlanmasıyla enerji tüketiminde 70 Wh azalma meydana gelmiştir.

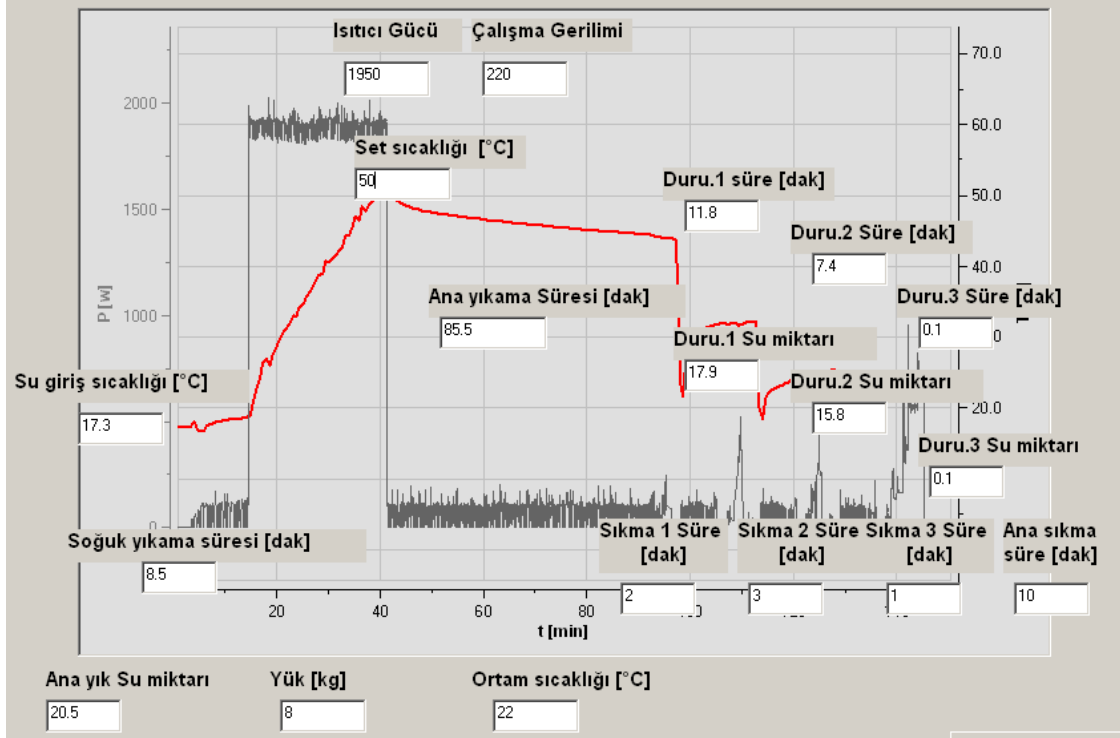
Deneysel çalışmalarda plastik kapak kullanılması durumunda yıkama ve enerji performansındaki değişim net bir şekilde ortaya konulamamıştır ancak plastik kapak kullanılması durumunda ana yıkama sonu sıcaklığının yaklaşık 0.6 °C arttığı görülmüştür. Simülasyon çalışmalarında bu sıcaklık artışı 1.2 °C olarak belirlenmiştir.

4.2.3 Enerji Bilançosu Çalışması

Enerji bilançosu çalışmalarında toplam enerji tüketimi ve detaylı enerji tüketimi ayrı ayrı incelenmiştir.

4.2.3.1 Toplam Enerji Bilançosu

Toplam enerji bilançosunda harcanan enerjinin ne kadarının su tarafından ne kadarının komponentler tarafından depolandığı tespit edilmiştir. Ayrıca mekanik hareket için gerekli enerji ve ısıl olarak kaybedilen enerji belirlenmiştir.



Şekil 4.11 Simülasyon programı çalışma şartları veri giriş ekranı

Çalışma şartları veri giriş ekranına program ile ilgili veriler girilerek enerji bilançosu çıkarılmaktadır.

Çizelge 4.1 Simülasyon programı toplam enerji bilançosu sonuçları

	Giren su kütlesi	Giren su entalpisi	Çıkan su kütlesi	Çıkan su e	Q çıkan	%
Ana yıkama	20.50	4.18	13.33	4.18	1834.06	47.48
1.Durulama	17.90	4.18	17.90	4.18	633.57	16.40
2.Durulama	15.80	4.18	18.01	4.18	217.46	5.63
3.Durulama	0.10	4.18	0.14	4.22		0.00
Su toplam					2685.09	69.51
	Kütle	Özgül ısı	İlk sıcaklık	Son sıcakl	Qdepo	%
Yük	8.00	1.30	22.00	20.46	-16.01	-0.41
Tambur	4.50	0.50	22.00	20.46	-3.46	-0.09
Kazan	7.54	0.70	22.00	21.82	-0.97	-0.03
Üst Ağırlık	10.30	0.67	22.00	28.61	45.60	1.18
Ön Ağırlık	12.20	0.67	22.00	31.84	80.44	2.08
Motor	6.18	0.50	22.00	136.75	354.57	9.18
Cam kapak	1.44	0.80	22.00	19.86	-2.46	-0.06
Govde	7.56	0.50	22.00	23.48	5.58	0.14
Diğer Komponentler	9.00	0.60	22.00	33.00	59.41	1.54
Toplam Depo			22.00		522.70	13.53
Mekanik Hareket					272.57	7.06
Kayıp					382.56	9.90
Toplam					3862.91	100.00

Giren ve çıkan suyun üzerinde depoladığı enerji miktarı göz önünde bulundurularak ve komponentlerin ilk ve son sıcaklıkları yardımıyla toplam enerji bilançosu çıkarılmıştır. Çıkarılan enerji bilançosuna göre; Enerjinin en büyük kısmı ana yıkama suyu üzerinde depolanmıştır. Toplam harcanan enerjinin % 47.5'i ana yıkama suyu tarafından depolanmaktadır. %16.4'ü 1.durulama suyu tarafından depolanırken, %5.6'sı de 2. durulama suyu tarafından depolanmıştır. Bu durumda harcanan toplam enerjinin %69.5'i suya verilmiştir.

Komponentler tarafından depolanan toplam enerji %13.5'tir. Mekanik hareket için harcanan enerji, harcanan toplam enerjinin %7.1'ünü oluşturmaktadır. Bu durumda kayıp %9.9 olarak bulunmuştur.

Gerçek sonuçlar ile karşılaştırıldığında ana yıkama suyu üzerinde depolanan enerji simülasyon sonuçlarında yaklaşık %11 daha fazla çıkmıştır. 1. durulama suyu üzerinde depolanan enerji miktarı birbirine benzer sonuç verirken, 2. durulama suyu üzerinde depolanan enerji, gerçek sonuçlarda %4 daha yüksek çıkmıştır.

Toplam depolanan enerji deney sonuçlarına göre %11.1 olarak tespit edilmiştir, simülasyon programında ise %13.5 olarak bulunmuştur. Mekanik hareketler için harcanan enerji yüzdesi testlerde %6.1 iken simülasyon sonuçlarına göre %7.1'dir. Son olarak deneysel çalışma sonunda toplam harcanan enerjinin %20.9'u net kayıp olarak tespit edilmiştir ancak simülasyon programı sonucuna göre yaklaşık %10 net kayıp vardır.

4.2.3.2 Detaylı Enerji Bilançosu

Toplam enerji bilançosunun yanı sıra adım bazında enerji bilançosu da çıkarılmıştır. Bilanço, soğuk yıkama adımı, ısıtma adımı ve ana yıkama adımı için ayrı ayrı çıkarılmıştır.

Çizelge 4.2 Simülasyon programı soğuk yıkama adımı enerji bilançosu sonuçları

	Giren su kütlesi	Giren su entalpisi	Çıkan su kütlesi	Soğuk yıkama sonrası sic	Qsoğuk yıkama
Ana yıkama	20.50	4.18	13.33	18.08	237.81
1.Durulama	17.90	4.18	17.90		
2.Durulama	15.80	4.18	18.01		
3.Durulama	0.10	4.18	0.14		
Su toplam					
	Kütle	Özgül ısı	İlk sıcaklık	Soğuk yıkama sonrası sic	Qsoğuk yıkama
Yük	8.00	1.30	22.00	18.08	-40.72
Tambur	4.50	0.50	22.00	18.08	-8.81
Kazan	7.54	0.70	22.00	18.27	-19.67
Üst Ağırılık	10.30	0.67	22.00	21.92	-0.53
Ön Ağırılık	12.20	0.67	22.00	21.84	-1.31
Motor	6.18	0.50	22.00	28.13	18.93
Cam kapak	1.44	0.80	22.00	16.91	-5.85
Govde	7.56	0.50	22.00	21.11	-3.38
Diğer Komponentler	9.00	0.60	22.00	21.87	-0.68
Toplam Depo			22.00		-62.03
Mekanik Hareket					6.38
Kayıp					-156.54
Toplam					25.62

Şekilde soğuk yıkama adımı için çıkarılmış enerji bilançosu görünmektedir. Soğuk yıkama adımında ana yıkama suyu 237 kJ enerji kazanmaktadır. Su soğuk olarak makineye girmekte ve kazan ile tamburdan aldığı ısıyla ısınmaktadır. Komponentler ise soğuk suyun sisteme girmesiyle bir miktar soğumaktadır. Bu durumda komponentler toplam 62 kJ enerji kaybetmektedir. Mekanik olarak 6 kJ enerji harcanmakta olup, bu proseste ısı kayıp olmamakta, ısı kazanmaktadır.

Deney sonuçlarına göre su tarafından depolanan enerji 194 kJ'dür. Dış kayıp ise 144 kJ'dür. Mekanik hareketler için ise yaklaşık 3 kJ enerji harcanmaktadır. Bu durumda simülasyon sonuçları gerçek deney sonuçlarıyla benzerlik göstermektedir.

Çizelge 4.3 Simülasyon programı ısıtma adımı enerji bilançosu sonuçları

	Giren su kütlesi	Giren su entalpisi	Çıkan su kütlesi	Isıtma sonrası	Qısıtma
Ana yıkama	20.50	4.18	13.33	45.61	2358.79
1.Durulama	17.90	4.18	17.90		
2.Durulama	15.80	4.18	18.01		
3.Durulama	0.10	4.18	0.14		
Su toplam					
	Kütle	Özgül ısı	İlk sıcaklık	Isıtma sonrası	Qısıtma
Yük	8.00	1.30	22.00	45.21	282.09
Tambur	4.50	0.50	22.00	45.27	61.17
Kazan	7.54	0.70	22.00	42.37	127.20
Üst Ağırlık	10.30	0.67	22.00	22.42	3.40
Ön Ağırlık	12.20	0.67	22.00	23.21	11.17
Motor	6.18	0.50	22.00	55.99	86.09
Cam kapak	1.44	0.80	22.00	42.53	29.42
Govde	7.56	0.50	22.00	27.30	23.41
Diğer Komponentler	9.00	0.60	22.00	23.41	8.31
Toplam Depo			22.00		632.26
Mekanik Hareket					30.55
Kayıp					77.64
Toplam					3099.24

Soğuk yıkamanın ardından, ısıtma adımı için enerji bilançosu çıkarılmıştır. Isıtma adımında harcanan enerjinin büyük kısmı beklenildiği gibi su tarafından depolanmıştır. Harcanan toplam enerji 3099 kJ ve bu enerjinin 2358.8 kJ'ü su tarafından depolanan ısıl enerjidir. Bunun dışında 632 kJ enerji de diğer komponentler tarafından depolanmıştır. Komponentler arasında 282 kJ enerji depolayarak yük ve 127 kJ enerji depolayarak kazan öne çıkmaktadır. Depolanan enerjilerin dışında 30 kJ enerji mekanik hareketler için kullanılmakta ve 77 kJ ise ısıl olarak sistemi terk etmektedir.

Deney sonuçlarına bakıldığında, harcanan enerjinin %73'ü su tarafından depolanırken, bu değer simülasyon sonuçlarında %76'dır. Yük tarafında depolanan enerji deneysel çalışmalarda %6 olarak tespit edilmiştir; simülasyon sonuçlarında %9 olarak belirlenmiştir. Mekanik hareketler için her iki durumda da harcanan enerji %1 olarak tespit edilmiştir. Dış kayıplar ise simülasyon sonuçlarında %2.5 civarındayken, deneysel çalışmada %1'in altında çıkmıştır.

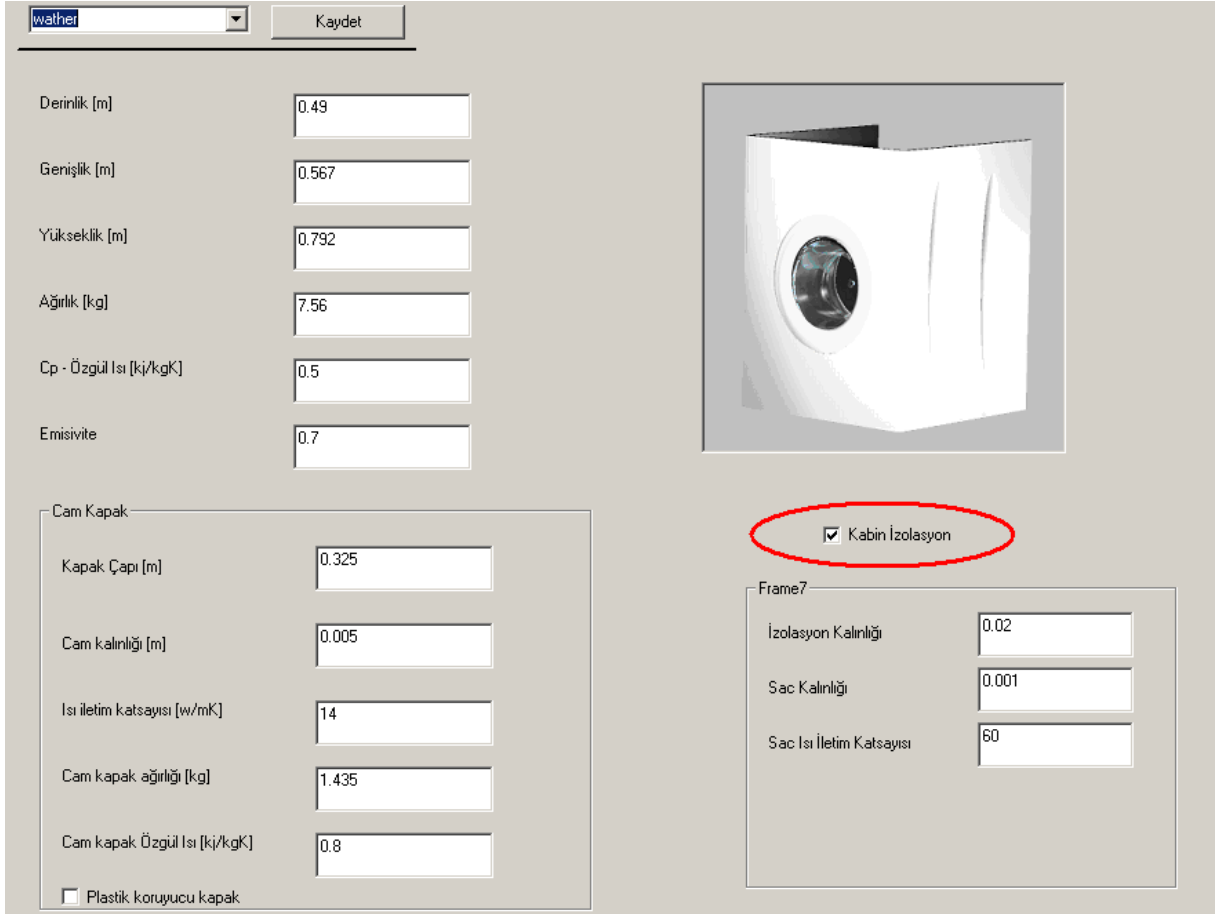
Çizelge 4.4 Simülasyon programı sürekli rejim enerji bilançosu sonuçları

	Giren su kütlesi	Giren su entalpisi	Çıkan su kütlesi	Ana yıkama sonrası	Qana yıkama
Ana yıkama	20.50	4.18	13.33	40.24	-461.47
1.Durulama	17.90	4.18	17.90		
2.Durulama	15.80	4.18	18.01		
3.Durulama	0.10	4.18	0.14		
Su toplam					
	Kütle	Özgül ısı	İlk sıcaklık	Ana yıkama sonrası	Qana yıkama
Yük	8.00	1.30	22.00	40.27	-51.39
Tambur	4.50	0.50	22.00	40.26	-11.26
Kazan	7.54	0.70	22.00	39.22	-16.65
Üst Ağırlık	10.30	0.67	22.00	26.96	31.35
Ön Ağırlık	12.20	0.67	22.00	31.73	69.68
Motor	6.18	0.50	22.00	128.60	224.37
Cam kapak	1.44	0.80	22.00	37.62	-5.64
Gövde	7.56	0.50	22.00	29.23	7.30
Diğer Komponentler	9.00	0.60	22.00	33.43	54.11
Toplam Depo			22.00		301.87
Mekanik Hareket					102.60
Kayıp					463.34
Toplam					406.34

Isıl kayıpların en fazla olduğu proses ana yıkama adımıdır. Bu adımda sıcak su enerjisini kaybetmekte komponentler de ısınmaktadır. Ana yıkama suyu 461 kJ enerji kaybetmiştir. Bu enerjinin büyük bir kısmı diğer komponentler tarafından depolanmıştır. 301 kJ enerji komponentler tarafından depolanmıştır. 102 kJ enerji mekanik hareketler için harcanırken, sistemden 463 kJ enerji ısıl kayıp olarak sistemi terk etmektedir.

Deney sonuçlarına göre sürekli rejimde 370 kJ enerji harcanmıştır. Su, 775 kJ enerji kaybederken; dış kayıp 1024 kJ; mekanik hareketler için harcanan enerji de 95 kJ olarak tespit edilmiştir.

4.2.4 Kabin İzolasyonu Çalışmaları



Derinlik [m]	0.49
Genişlik [m]	0.567
Yükseklik [m]	0.792
Ağırlık [kg]	7.56
Cp - Özgül Isı [kJ/kgK]	0.5
Emisivite	0.7

Cam Kapak	
Kapak Çapı [m]	0.325
Cam kalınlığı [m]	0.005
Isı iletim katsayısı [w/mK]	14
Cam kapak ağırlığı [kg]	1.435
Cam kapak Özgül Isı [kJ/kgK]	0.8
<input type="checkbox"/> Plastik koruyucu kapak	

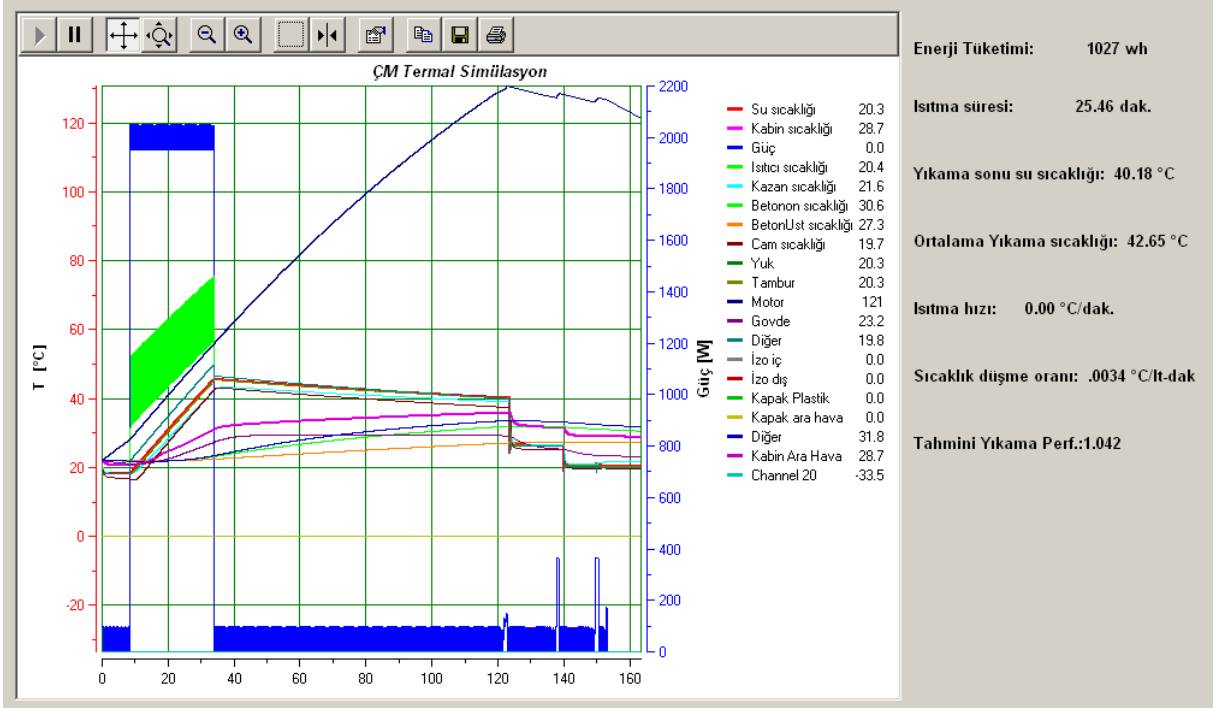
Frame7	
İzolasyon Kalınlığı	0.02
Sac Kalınlığı	0.001
Sac Isı İletim Katsayısı	60

Şekil 4.12 Simülasyon programı kabin yalıtımı veri giriş ekranı

Kabin yalıtımının olması durumu simülasyon programına eklenmiştir. Kabin yalıtımının olması durumu için enerji tüketimi, yıkama performansı ve kazan iç sıcaklık değişimleri incelenmiştir.

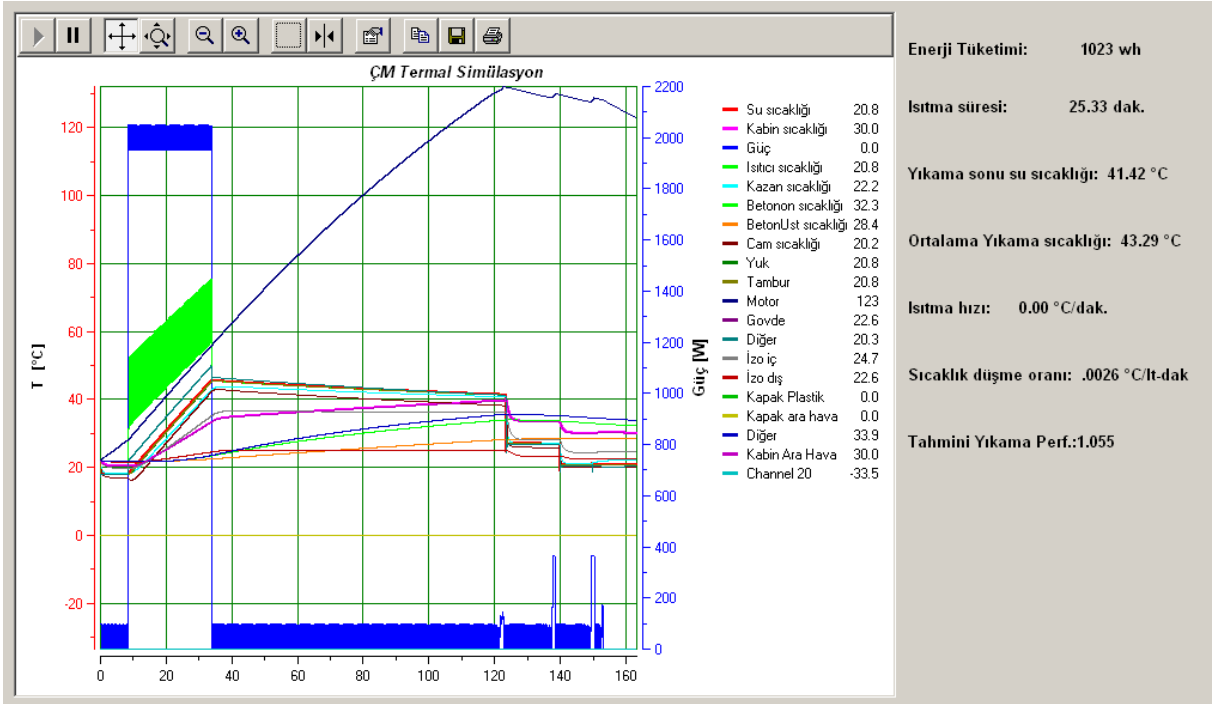
Data giriş ekranından kabin yalıtımı kısmı işaretlenerek yalıtım ile ilgili özellikler girilerek işlem gerçekleştirilmektedir.

Öncelikle, yalıtımsız hal için enerji tüketimi ve sıcaklık değişim hesapları yapılmıştır. Bu durumda, toplam enerji tüketimi 1027 Wh, ortalama yıkama sıcaklığı 42.65 °C'dir. Tahmini yıkama performansı ise 1.042 olarak belirlenmiştir.

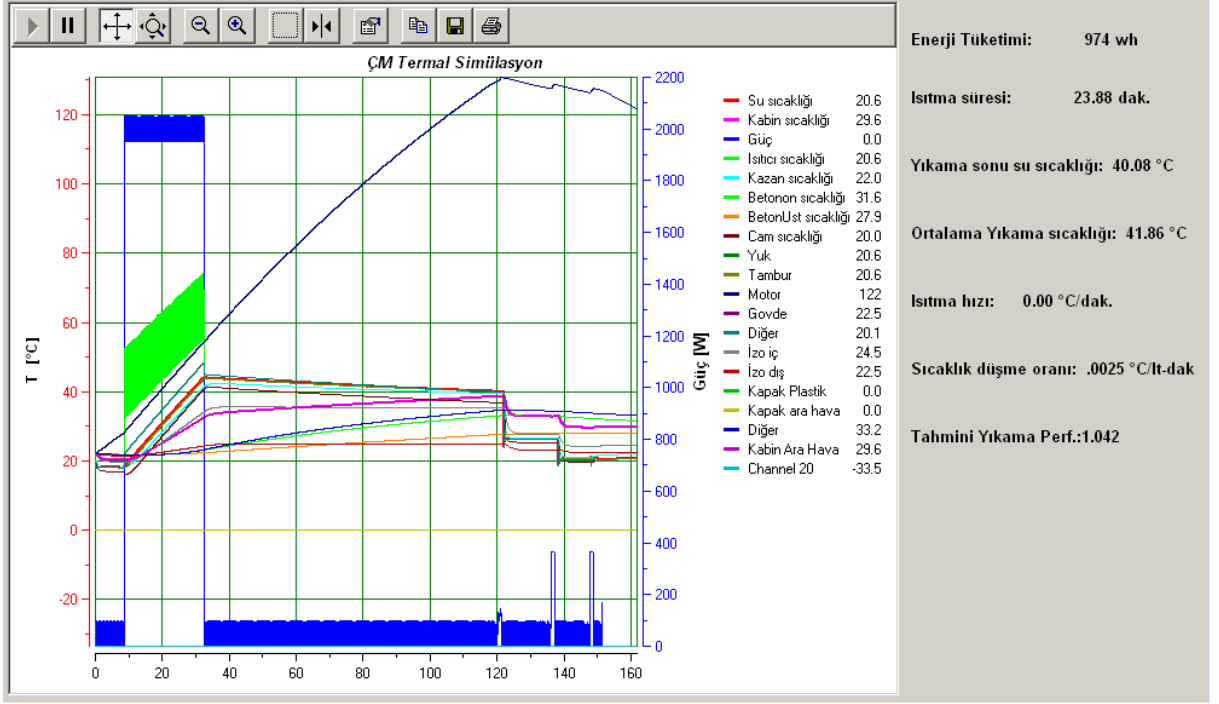


Şekil 4.13 Simülasyon programında kabin yalıtımı olmaması durumu için sonuç ekranı

Kabin yalıtımı yapıldığı zaman enerji tüketiminde bir miktar azalma görülmüştür. 1027 Wh olan enerji tüketimi 1023 Wh'e düşmüştür. Ortalama yıkama sıcaklığı yaklaşık 0.6 °C artarak, tahmini yıkama performansını 1.055 seviyesine çıkarmıştır.



Şekil 4.14 Simülasyon programında kabin yalıtımı olması durumu için sonuç ekranı



Şekil 4.15 Simülasyon programında farklı Tset sıcaklığında kabin yalıtımı olması durumu için sonuç ekranı

Kabin yalıtımı kullanılması durumunda aynı yıkama performansını veren Tset sıcaklığı bulunmuş ve bu sıcaklıkta kabin yalıtımlı durumun simüle edilmesiyle enerji tüketimi 974 Wh çıkmıştır. Bu durumda 53 Wh enerji tasarrufu yapılmaktadır.

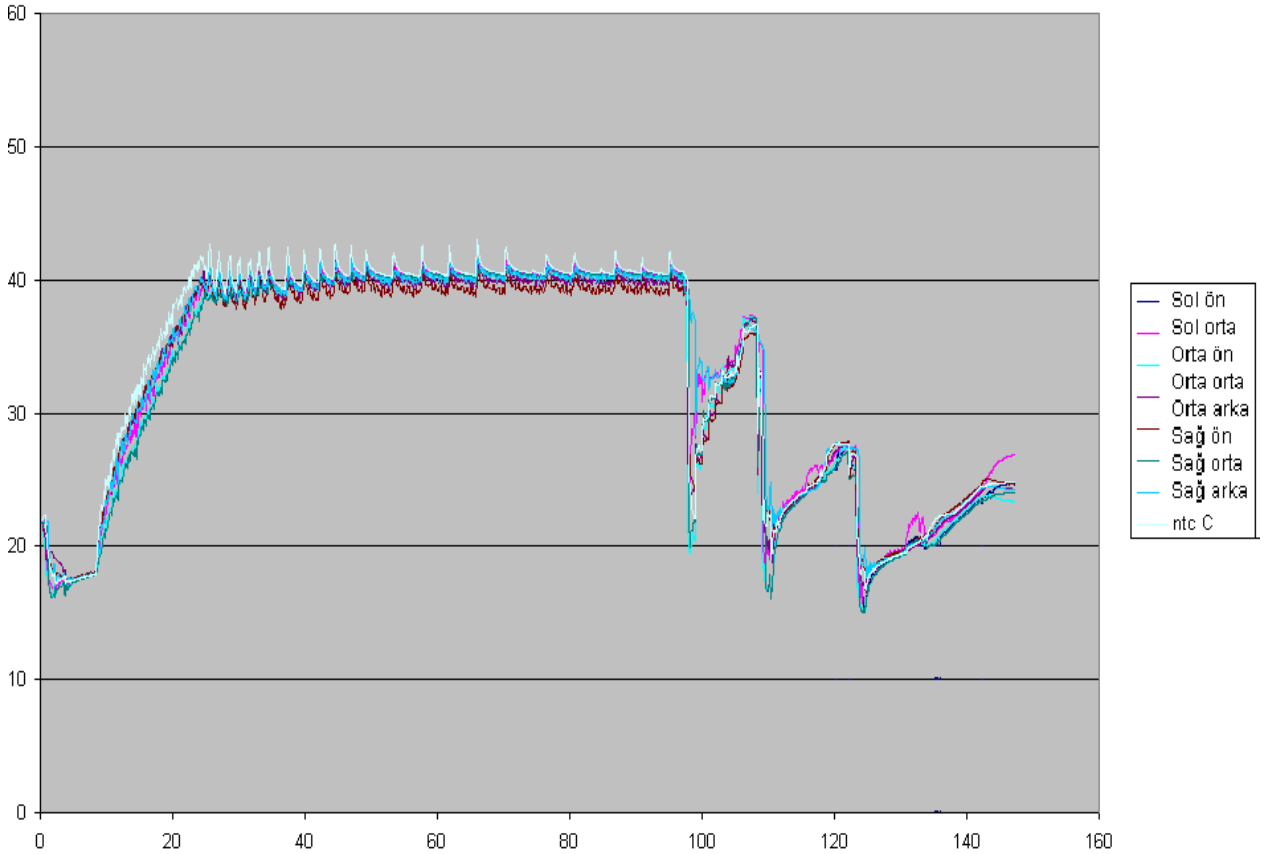
Yapılan deneysel çalışmalarda, kabin yalıtımı olması durumunda yıkama ve enerji performansında net bir değişim gözlenmemiştir ancak tahliye su sıcaklığının 0.8 °C arttığı gözlenmiştir. Bu değer simülasyon sonucu 1.4 °C olarak tespit edilmiştir.

5 İDEAL YALITIM (SABİT SICAKLIK) ÇALIŞMALARI

İdeal yalıtım çalışmaları, ideal yalıtım sağlanması durumunda yani kazandan olan ısı kayıpların sıfır olması durumunda, A enerji sınıfı yıkama elde etmek için harcanması gereken minimum enerjiyi belirlemek için kullanılır.

Bu çalışma için kazanın alt kısmına 9 noktadan ısı çift takılmıştır. Böylece kazan içindeki sıcaklık dağılımı da görülmektedir.

Sabit sıcaklık çalışmalarında, sıcaklığın ana yıkama boyunca sabit kalması sağlanmaktadır. Bunun için ısıtıcı ana yıkama boyunca sürekli olarak devreye girip çıkmaktadır. Bu sayede ana yıkama boyunca sıcaklığın sabit kalması durumunda her bir sıcaklık için yıkama indeksi elde edilmiştir. Böylece makinenin hangi sıcaklıkta hangi yıkama performansını gösterdiğini tespit edilmiştir. Bu da ideal yalıtım sağlanması durumunda ne kadar enerji harcayarak istenilen yıkama performansına ulaşılabileceğinin bulunmasını sağlamıştır.



Şekil 5.1 İdeal yalıtım durumunu simüle eden program ile yapılan yıkama işlemi için kazan iç sıcaklık değişimleri

Şekil 5.1'de görüldüğü gibi 42°C sabit sıcaklık deneyinde sıcaklık ortalama 40.5 °C'de seyretmektedir. Sıcaklık maksimum olarak 43°C civarlarına çıkmaktadır; ancak bu çıkışlar

anlık olmaktadır. Şekilde de görüldüğü gibi kazanın en sıcak bölgesi NTC bölgesidir; NTC sıcaklığı diğer bölgelere göre daha yüksektir.

Çizelge 5.1 Belirli sıcaklıklar için ideal yalıtım uygulanması durumunda yıkama ve enerji performansı

Program				Yıkama				Enerji	Gerçek sıcaklık
Referans	1.031	1.053	1.065	1.050	0.135	0.130	0.132	0.132	
ss36	1.003	1.005	1.009	1.006	0.104	0.098	0.098	0.100	35.5
ss38	1.011	1.027	1.027	1.022	0.114	0.112	0.110	0.112	37.5
ss40	1.027	1.009	1.039	1.025	0.127	0.122	0.122	0.124	39.5
ss42	1.015	1.032	1.034	1.027	0.128	0.126	0.128	0.127	40.5
ss43	1.035	1.050	1.064	1.050	0.132	0.132	0.139	0.134	41.5
ss44	1.049	1.027	1.061	1.046	0.137	0.138	0.136	0.137	42.5
ss48	1.042	1.070	1.088	1.067	0.161	0.158	0.161	0.160	46.5

Çizelge 5.1’de her incelenen durum için elde edilen yıkama ve enerji performansı sonuçları paylaşılmıştır. Öncelikle referans durum elde edilmiştir; bu durumda enerji performansı 0,132 ve yıkama performansı 1,050 çıkmıştır.

Referans durumda set sıcaklığı 51 °C’ye ayarlanmış ve daha sonra herhangi bir ekstra ısıtma işlemi uygulanmamakta normal prosese devam edilmektedir.

SS 36 programında yıkama performansı referans duruma göre oldukça düşük çıkmıştır. Yıkama indeksi 1,006 ve enerji indeksi ise 0,100 çıkmıştır. SS 36 programında gerçek ortalama sıcaklık 35,5 °C’dir.

SS 38 programında yıkama değeri artan ortalama sıcaklıkla birlikte artmıştır; 1,006’dan 1,022’ye yükselmiştir. Aynı şekilde ortalama sıcaklığın artması gerçek ortalama sıcaklığı da 2 °C arttırmıştır. Bu durumda enerji tüketimi 0,112 ve ortalama gerçek sıcaklık 37,5°C’dir.

SS 40 programında yıkama performansı bir miktar daha artmıştır ve 1,025 olmuştur. Bu durumda ortalama yıkama sıcaklığı 39,5 °C’dir. Yaklaşık 2 °C’lik ortalama sıcaklık artışı enerji tüketimini 0,112’den 0,124’e çıkarmıştır.

SS 42 programında ortalama sıcaklık bir önceki duruma göre 1°C daha yükselmiş ve 40.5 °C değerine ulaşmıştır. Bu durumda yıkama performansı ciddi bir artış göstermemiş ve 1,027 değerine ulaşmıştır; enerji performansı ise 0,127 değerindedir.

SS 43 programında ortalama sıcaklık 41,5 °C’dir. Bu durumda yıkama performansı beklenmedik bir artış göstermiş ve 1,050 seviyesine ulaşmıştır. Enerji indeksi ise 0,134 değerindedir.

SS 44 programında ortalama sıcaklık 42,5 °C'dir. Yıkama performansı 1,046 değerindedir. Bu değere ve SS 42'de çıkan değere bakıldığında SS 43'te çıkan değer olması gereken tahmini değer üzerinde olduğu anlaşılmaktadır.

SS 43 programında yıkama performansı 1,046 ile 1,027 arasında bir değer çıkarılmaktadır. Enerji indeksi ise 0,137 çıkmıştır.

SS 48 programında ise programda artırılan 4°C'lik artış gerçek sıcaklık ortalamasında da kendini göstermiş ve ortalama gerçek sıcaklık 46,5 °C olmuştur. Bu durumda yıkama indeksi 1,067 ve enerji indeksi 0,160 çıkmıştır.

A yıkama performansı elde etmek için 1,035 yıkama değeri elde etmek gerekmektedir. Çizelgeye bakıldığında SS 43 ve üstü bir değerde A yıkama sınıfı elde edilebilmektedir. Bu durumda ana yıkama boyunca kazandıktan herhangi bir ısıtma enerjisi kaybının olmaması durumunda minimum 43°C'ye kadar ısıtma yapmak gerekmektedir.

Bir proses boyunca harcanan enerji adım adım çıkarılmıştır. Her bir adım için harcanan enerji elde edilmiştir. Böylece makinenin belirli sıcaklığa gelebilmesi için gereken minimum enerji harcaması elde edilebilecektir. Soğuk yıkama + ısıtma + durulama + sıkma adımında harcanan enerjilerin toplamı toplam harcanan enerjiyi vermektedir.

Soğuk yıkama adımında 9 Wh enerji harcanmaktadır. Durulama ve sıkma adımlarında toplam 204 Wh enerji harcanmaktadır. Bu enerji harcamalarına ısıtma adımında harcanan enerji miktarı eklendiğinde istenilen sıcaklığa çıkmak için gerekli enerji harcaması bulunmaktadır.

Çizelge 5.2 Farklı sıcaklıklar için minimum enerji harcaması

Minimum harcamalar	Isıtıcı Wh	Toplam Wh	kWh/kg
36 C için toplam harcanan	280.8	506	0.063
38 C için toplam harcanan	353.1	584	0.073
40 C için toplam harcanan	430.4	666	0.083
42 C için toplam harcanan	483.2	721	0.090
43 C için toplam harcanan	516.5	757	0.095
44 C için toplam harcanan	532	773	0.097
48 C için toplam harcanan	686	935	0.117

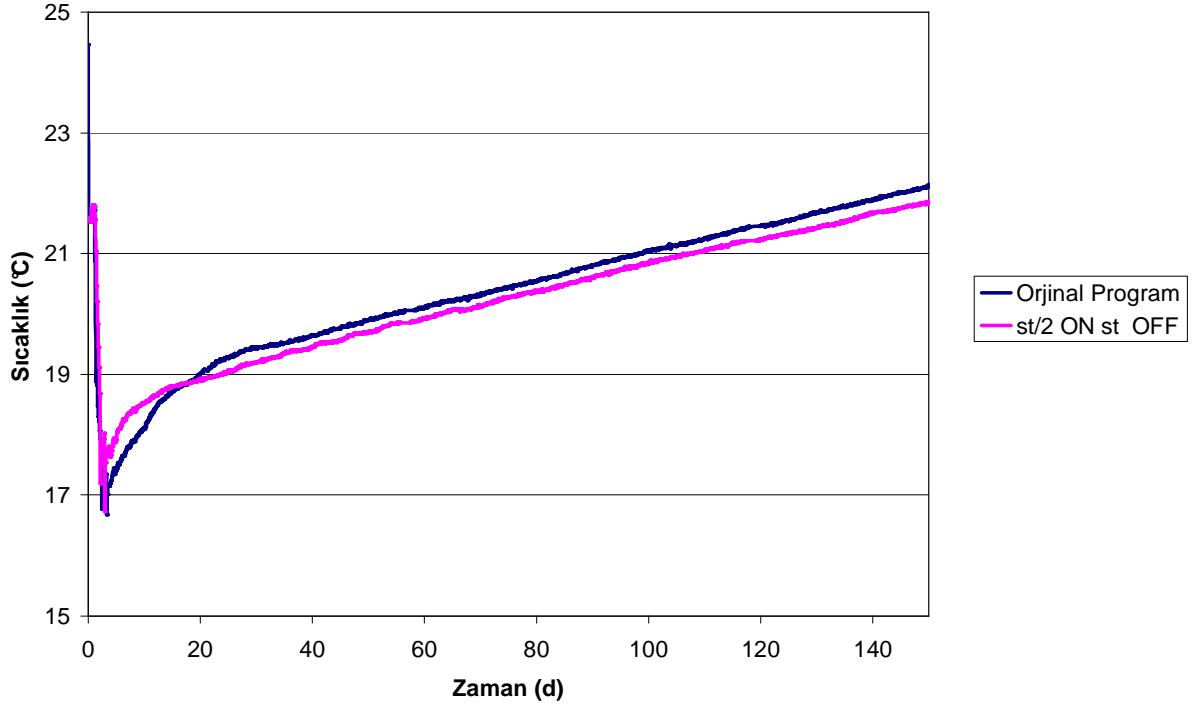
Çizelge 5.2'de gösterildiği gibi her bir sıcaklığa çıkabilmek için ısıtıcı tarafından harcanması gereken enerji verilmiştir. Bu enerji harcamasına soğuk yıkama, durulama ve sıkma adımlarında harcanan enerji miktarı eklendiği zaman toplam harcanması gereken minimum enerji miktarı elde edilmektedir. 3. kolonda ise birim kilogram başına enerji harcaması verilmiştir.

Yapılan hesaplamalarda A yıkama sınıfı elde edebilmek için 43 °C sabit sıcaklıkta yıkama yapılması gerektiği bulunmuştur. Çizelgede 43 °C sabit sıcaklıkta yıkama yapıldığında minimum 757 Wh enerji harcaması yapıldığı görülmektedir. Bu sonuç kilogram başına 0,95 Kwh/kg değerine tekabül etmektedir.

6 OPTİMUM SOĞUK YIKAMA SÜRESİ

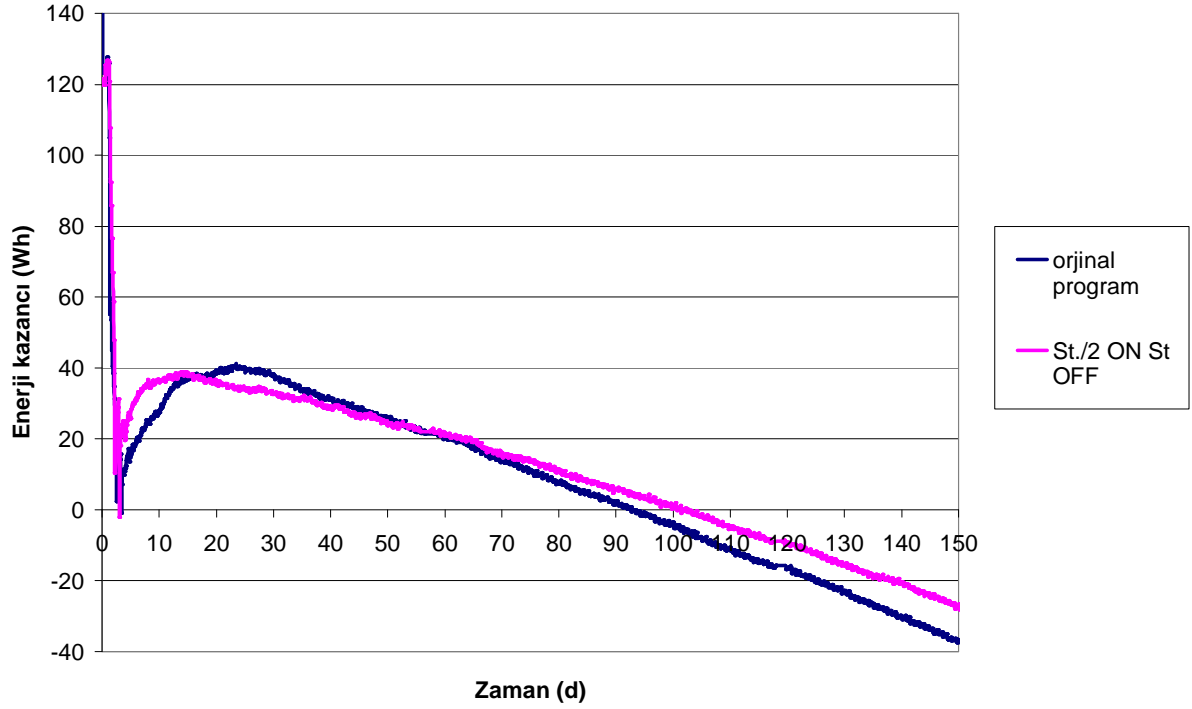
Soğuk yıkama adımında su sıcaklığının yükselmesiyle enerji kazancı elde edilmektedir. Su sıcaklığı ısıtma başlangıcı öncesi ne kadar yüksek sıcaklığa çıkarılırsa; ısıtma işlemi için o kadar az enerji tüketimine ihtiyaç olmaktadır. Bu sebeple soğuk yıkama adımında su sıcaklığı olabildiğince yüksek sıcaklığa çıkarılmak istenmektedir.

Soğuk yıkama adımında su sıcaklığı bir taraftan yükselirken diğer taraftan mekanik hareketler için enerji harcaması yapılmaktadır.



Şekil 6.1 Standart program ve motor ON sürelerinin yarıya indirildiği program için zamanla su sıcaklığı değişim grafiği

Şekil 6.1'de su sıcaklığının zamanla değişimi verilmiştir. Sıcaklık artışı 20. dakikaya kadar hızlı artmakta ancak daha sonra artış hızı azalmaktadır. Yaklaşık 150 dakikada ortam sıcaklığına ulaşmaktadır. Şekilde verilen grafiklerden lacivert olan orijinal programı pembe olan ise motor hareketleri azaltılmış, dolayısıyla mekanik olarak kaybedilen enerji miktarını azaltmak için tasarlanmış yeni algoritmayı temsil etmektedir. Motor hareketlerinde ON süresi yarıya indirilirken OFF süresi sabit tutulmaktadır. Orijinal programda mekanik hareketler daha fazla olduğundan su göreceli olarak daha çabuk ısınmaktadır. Ancak diğer algoritmada da daha az enerji tüketimi olmaktadır.



Şekil 6.2 Standart program ve motor ON sürelerinin yarıya indirildiği program için zaman - enerji kazancı grafiği

Şekil 6.2’de orijinal program ve algoritması değiştirilmiş program için zamanla elde edilen teorik kar grafiği verilmiştir. Orijinal programda 25. dakikaya kadar kar edilirken, 25. dakikadan sonra mekanik olarak harcanan enerji miktarı elde edilen kar miktarının üzerine çıkmaktadır. Bu durumda 25 dakikadan daha uzun soğuk yıkama süresi ekonomik olmamaktadır. ON süresinin yarıya indirildiği OFF süresinin sabit tutulduğu sistemde ise 15. dakikaya kadar kar elde edilirken, 15. dakikadan sonra ısıl olarak elde edilen enerji, mekanik olarak harcanan enerjinin altına inmektedir. 2. sistemde mekanik enerji harcaması daha az olmaktadır, bununla birlikte suyun ısınması göreceli olarak daha yavaş olmaktadır, bu sebeple orijinal programa göre daha kısa sürede maksimum kara ulaşılmaktadır. 15. dakikada 38 Wh kar edilmektedir. Orijinal durumda ise maksimum kar 25. dakikada 40 Wh tir. İlk 15 dakika boyunca 2. sistemde elde edilen kar daha fazladır.

7 SONUÇ

Yıkayıcı için çıkarılmış enerji bilançosu incelendiğinde toplam tüketilen enerjinin yaklaşık %62'sinin ana yıkama ve durulama sularıyla sistem dışına atıldığı görülmektedir. Bu suların üzerinde depoladıkları ısı enerjisinin geri kazanımı, enerji tüketiminde ciddi getirilerin elde edilmesini sağlayacaktır. Tahliye sularının ısı enerjisinin bir şekilde depolanması halinde bir sonraki çevrimde kullanılması mümkün olacaktır.

Deney standartlarına göre su giriş sıcaklığı 15 °C'dir. Ortam koşulları ise 22 °C'dir. Bu durumda su kendinden daha sıcak bir ortama girdiği için ısı enerjisi kazanmaktadır. Detaylı enerji bilançosu incelemeleri de bunu doğrular niteliktedir. Soğuk yıkama adımı su sıcaklığı arttığı için ısı enerjisi kazancı sağlanırken, bir yanda da motor hareketinden dolayı elektrik enerjisi harcanmaktadır. Yapılan çalışmalarda maksimum kazanç elde edebilmek için optimum yıkama süresi tespit edilmiştir. Mevcut profilde, optimum yıkama süresinde yapılacak yıkama ile ya da su sıcaklığının daha hızlı yükselmesini sağlayacak bir başka profil elde edilmesiyle, soğuk yıkama adımı daha fazla kazanç elde etmek mümkün olacaktır.

Yıkayıcıdan olan ısı kayıplarının büyük bölümü ısıtma sonrası sürekli rejim adımı olmaktadır. Bu ısı kayıplarının önlenmesi enerji tüketiminin azaltılmasını sağlayacaktır. Yalıtım çalışmaları ile bu kayıplar minimize edilebilmektedir. Simülasyon sonuçlarına göre; cam kapak yalıtımı durumunda 70 Wh, yıkayıcı gövdesi yalıtımı yapılması durumunda ise 53 Wh enerji tasarrufu sağlamaktadır.

Yıkayıcının en iyi şekilde yalıtılması durumu ideal yalıtım durumu olarak adlandırılmıştır. Bu durumda, makineden çevreye ısı kaybının olmadığı düşünülmüştür. Isı kayıplarının tamamen elimine edilmesi durumundaki enerji tüketimi, minimum enerji tüketimi olarak adlandırılmıştır. Yıkama sınıfının A olması şartıyla, ısıtıcı için en az 516 Wh, bir çevrim için ise en az 757 Wh enerji tüketimine ihtiyaç duyulmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] <http://www.ideafinder.com/history/inventions/washmachine.htm>
- [2] Panati C., (1989), "Extraordinary origins of everyday things", Owl Books, New York
- [3] Biermayer P.J., (1996), "Design options for clothes washers", LBNL-47888, Lawrence Berkeley National Laboratory Energy & Environment Division, Berkeley, CA USA
- [4] Commission of the European Communities, (2005), "Communication From The Commission Report on Demonstrable Progress Under The Kyoto Protocol", Brussels, Belgium
- [5] DEFRA, (2005), "Energy Label", Defra publications, PB7971, London, England
- [6] BS-EN-60456, (2005), "Clothes Washing Machines For Household Use – Methods For Measuring The Performance", British Standards Institution, London
- [7] Krueger Manfred, (1984), "Washing Machine With A Cupboard-Shaped Housing", Bosch Siemens Hausgeraete, Germany, Patent No: DE3238529
- [8] Christine M., Reinhard B., Edwin B., (2003), "Domestic Clothes Washing Machine Outer Drum Has a Heat Insulating Inner Lining With a Protective Surface Covering", Bosch Siemens Hausgeraete, Germany, Patent No: DE10160788
- [9] Heinz K., (1988), "Electrically Heated Continuous-Flow Heater For Washing Machines or Dishwashers", Licentia GMBH, Germany, Patent No: DE3720927
- [10] Jennifer L. T., (1998), "Device For Recovering The Heat Removed by A Load Contained In a Clothes Washing Drying Sail Load", Whirlpool CO., USA, Patent No: US5709041
- [11] Sigismund L., (1987), "Heat Recovery And Water Quantity Reduction For a Washing Programme In a Washing Machine", Germany, Patent No: DE3628595
- [12] Thomas W., (2005), "Automatic Washing Machine Has Heat Exchanger For Extracting Waste Heat Of a Wash Operation For Use In a Subsequent Washing Operation", Germany, Patent No: DE102004023126
- [13] Erhard A., Wilfried P., (1987), "Washing or Rinsing Machine With a Heat Exchanger", Ascher Rosa Antrag Auf Teilnic; Sen Otto Aacher, Germany, Patent No: DE3609277
- [14] Arreghini L., Durazzani P., (1988), "Laundry Washing And Drying Machine With Improved Heater", Zanussi A Spa Industrie, Italy, Patent No: US4757699
- [15] Mori M., (1987), "Clothes Washing Machine With a Device The Washing Solution" Zanussi Elettrodomestici, Grand Britain, Patent No: GB2188068
- [16] Durazzani P., (1990), "A Heating For Washing And/or Drying Machins For Laundry", Zanussi A Spa Industrie, Italy, Patent No: EP0352499
- [17] Heinz M., (1977), "Washing Machine", Vosswerk GMBH FA, USA, Patent No: US4034583
- [18] Bleckmann I., (1983), "Continuous-Flow Heater", Elpag Ag Chur, China, Patent No: EP0075274
- [19] Manfred S. (1994), "Washing Machine With Unperforated Drum – Retains Water Within Drum During Spinning to Prevent Abrasion Damage to Laundry And Reduce Water And Energy Consumption", Germany, Patent No: DE4229074
- [20] Choi D. H., Park S. H., (2007), "Washing Machine", USA, Patent No: US2007118997
- [21] Jeon S. M., Kim D. U., (2006), "Washing Machine", Japan, Patent No: JP2006130311

- [22] Kim J. W., Woo K. C., Oh S. Y., Jeon S. M., (2007), "Washing Method In Steam Injection Type Washing Machine", USA, Patent No: US2007169521
- [23] Bertazoni R. (1987), "Improved Washing Machine With a Reduced Energy Consumption", Smeg SPA, Italy, Patent No: EP0236282
- [24] Persson T., Rönnelid M, (2006), "Increasing Solar Gain by Using Hot Water Dishwashers And Washing Machine", SERC, Borlange, Sweden
- [25] Persson T., (2006), "Dishwashers And Washing Machine Heated by Hot Water Circulation Loop", SERC, Borlange, Sweden
- [26] Incropera F. P., DeWitt D. P., (1981), "Isı ve Kütle Geçişinin Temelleri" Literatür Kitabevi.
- [27] Dora C. M, (2007) "Bir Yıkama Makinesinde Enerji Tüketiminin Azaltılmasına Yönelik Modelleme", İstanbul Technical University, İstanbul, Türkiye.
- [28] Çengel Y., Boles M. (1987) "Thermodynamics: An Engineering Approach ", Mc Graw-Hill.
- [29] Koç Y. (2007), ANN 1049 "ÇAMAŞIR MAKİNASINDA TERMAL ETKİLERLE ENERJİ TÜKETİMİ AZALTILMASIYLA İLGİLİ PATENT ARAŞTIRMASI ", Arçelik A.Ş. Proje Raporları
- [30] Koç Y., Özyurt B., Tutkak E. (2008), ANN 1057 "8KG,SHELF,TOPLU VE JETLİ SİSTEMLER İÇİN YIKAMA ADIMLARINA GÖRE DETAYLANDIRILMIŞ ENERJİ BİLANÇOSU ", Arçelik A.Ş. Proje Raporları
- [31] Koç Y., Özyurt B. (2008), ANN 1079 "8KG,SHELF,TOPLU VE JETLİ SİSTEMLER İÇİN TERMAL SİMÜLASYON VE TERMAL KAMERA ÇALIŞMALARI ", Arçelik A.Ş. Proje Raporları
- [32] Koç Y., Özyurt B., Tutkak E., Elgün M. (2008), ANN 1110 "8 KG, SHELF, TOPLU VE JETLİ ÇAMAŞIR MAKİNALARI İÇİN ISI YALITIM ÇALIŞMALARI ", Arçelik A.Ş. Proje Raporları
- [33] Koç Y., Özyurt B. (2009), ANN 1201 "ÇAMAŞIR MAKİNASI SİMÜLASYON PROGRAMI (Wm-Sm) GELİŞTİRME VE İDEAL YALITIM ÇALIŞMALARI ", Arçelik A.Ş. Proje Raporları
- [34] Koç Y., Elgün M., Özyurt B. (2009), ANN 1225 "8 KG LARGE SHELF ALGORİTMALİ MAKİNA İÇİN ISI DEĞİŞTİRİCİSİ VE PE YALITIM ÇALIŞMALARI ", Arçelik A.Ş. Proje Raporları
- [35] Koç Y., Özyurt B. (2009), ANN 1230 "ÇAMAŞIR MAKİNASINDA TERMAL ETKİLERLE TÜKETİMİ AZALTMA ÇALIŞMALARI", Arçelik A.Ş. Proje Raporları

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 15.08.1985

Doğum yeri Ankara

Lise 1999-2003 Gaziantep Anadolu Lisesi

Lisans 2003-2007 Yıldız Üniversitesi Makina Fakültesi
Makina Mühendisliği Bölümü

2005-2008 Yıldız Üniversitesi Kimya Metalürji Fakültesi
Metalürji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü

Yüksek Lisans 2007-2009 Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Makina Müh. Anabilim Dalı, Isı Proses Programı

Çalıştığı kurumlar

2006-Halen Arçelik A.Ş, Ar-Ge Termodinamik Teknolojileri
Departmanı