

**ÇAMAŞIR MAKİNASINDA
ALTERNATİF YIKAMA METOTLARI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mak. Müh. Kemal Erdem YURTPINAR
(503031117)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 9 Mayıs 2005
Tezin Savunulduğu Tarih : 3 Haziran 2005**

**Tez Danışmanları : Prof Dr. Abdurrahman KILIÇ
Yrd. Doç. Dr. Yeşim İRİDAĞ BECEREN
Diğer Jüri Üyeleri : Doç. Dr. Cem PARMAKSIZOĞLU
Doç. Dr. Hale CANBAZ KARAKAŞ
Yrd. Doç. Dr. Mustafa ÖZDEMİR**

HAZİRAN 2005

ÖNSÖZ

Yüksek lisans tez çalışmam süresince değerli önerileriyle katkıda bulunan danışman hocalarım Sn. Prof. Dr. Abdurrahman KILIÇ'a ve Sn. Yrd. Doç. Dr. Yeşim İRİDAĞ BECEREN'e sonsuz saygılarımı ve teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmamın hayata geçirilmesini sağlayan ve destek olan Arçelik Araştırma Geliştirme Merkezi'ne, Sn. Şemsettin EKSERT'e, Sn. Dr. Yalcın TANES'e ve Sn. Gökhan ÖZGÜREL'e teşekkür ederim.

Çalışmamın her aşamasında desteğini ve yakın ilgisini esirgemeyen Sn. Dr. Aylin AKOVA'ya, Sn. Dr. Deniz ŞEKER'e, yardım ve tavsiyelerini esirgemeyen Sn. Kim. Yük. Müh. Zehra ÜLGER'e, deney düzeneklerinin hazırlanmasında yardımcı olan ARGE Temizleme Teknolojisi Ailesi bünyesinde çalışan teknisyen arkadaşlarıma ve Sn. Emine BAŞKURT'a teşekkürlerimi sunarım.

Tüm çalışmalarım boyunca verdikleri destekten dolayı başta Sn. Mak. Müh. Berç ULUK olmak üzere Arçelik ARGE Yüksek Lisans Öğrencileri'ne teşekkür ederim.

Ayrıca yaşamımın her anında yanımda olan, benim bu günlere gelmemde maddi manevi desteğini hiçbir zaman esirgemeyen AİLEME ve Kabataş Erkek Lisesi camiasının bir üyesi olarak, tüm Kabataşlı dostlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Haziran 2005

Kemal Erdem YURTPINAR

İÇİNDEKİLER

KISALTMALAR	v
TABLO LİSTESİ	vi
ŞEKİL LİSTESİ	viii
ÖZET.....	ix
SUMMARY	x
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	4
2.1 Elektrolizle Yıkama	4
2.2 Elektrik Alan ve Mikrodalga Destekli Yıkama.....	5
2.3 Ozonla Yıkama.....	8
2.4 Karbondioksitle Yıkama	9
2.5 Buharla Yıkama	10
2.6 Ultrasonik Yıkama	10
2.7 Vakumlu Yıkama	11
2.8 Seramik Toplarla Yıkama	12
3. YIKAMA YÖNTEMİ	13
3.1 Yıkama Ortamı Bileşenleri ve Yıkamaya Etkileri	13
3.1.1 Kir tipleri.....	13
3.1.2 Deterjan ve deterjan bileşenleri.....	14
3.1.3 Su	17
3.1.4 Tekstil ürünü	18
3.2 Yıkama Parametreleri.....	19
3.2.1 Mekanik hareket.....	19
3.2.2 Sıcaklık.....	20
3.2.3 Süre	20
3.2.4 Kimyasal maddeler.....	21
3.3 Yıkama Performansı Ölçüm Standardı	21
4. ALTERNATİF YIKAMA METOTLARI	24
4.1 Elektrolizle Yıkama	24
4.2 Elektrik Alan ve Mikrodalga Destekli Yıkama.....	26

4.3 Ozonla Yıkama.....	28
4.4 Karbondioksitle Yıkama	33
4.5 Buharla Yıkama	34
4.6 Ultrasonik Yıkama	34
4.7 Vakumlu Yıkama	37
4.8 Seramik Toplarla Yıkama	37
4.9 Alternatif Yıkama Metotlarının Etkili Oldukları Adımlar	38
5. DENEYSEL ÇALIŞMA	41
5.1 Mikrodalga Destekli Yıkama	41
5.2 Ozonla Yıkama.....	48
6. SONUÇLAR	61
6.1 Mikrodalga Destekli Yıkama Sonuçları.....	61
6.2 Ozonla Yıkama Sonuçları	62
KAYNAKLAR	64
EK A	67
EK B	72
EK C	86
ÖZGEÇMİŞ.....	87

KISALTMALAR

YAM	: Yüzey Aktif Madde
HOCl	: Hipoklorik Asit
NaOH	: Sodyum Hidroksit
SR	: Silicon Rubber
PTFE	: Polytetrafluoroethylene
PGF	: Polydimethylsiloxane-grafted fluoropolymer
MDY	: Mikrodalga Destekli Yıkama
CO₂	: Karbondioksit
H₂SO₄	: Sülfürik Asit
H₂O₂	: Hidrojen Peroksit
Si	: Silisyum
GaP	: Fosfonik Asit
ORP	: Oxidation Reduction Potential
Na₂CO₃	: Sodyum Karbonat
CO₃	: Karbonat
HCO₃	: Hidrojen Karbonat
AY	: Ana Yıkama Adımı
1D	: 1. Durulama Adımı
2D	: 2. Durulama Adımı
3D	: 3. Durulama / Yumuşatma Adımı
UDAQ	: Universal Data Acquisition
VTs	: Veri Toplama Sistemi
NTC	: Negative Temperature Coefficient

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 3.1 : Deterjan Çeşitleri ve Bileşimleri [30].....	15
Tablo 3.2 : Sertlik Derecelerine Göre Suların Sınıflandırılması [33]	18
Tablo 3.3 : Kir Şeridi Üzerinde Bulunan Kir Tipleri ve Etkilendikleri Parametreler[36,37].....	22
Tablo 3.4 : Pamuklu 60°C Standart Prosedürde Uygulanan Yıkama İçin Performans Sınıfları [35].....	23
Tablo 4.1 : Ozon ve Oksijenin Karşılaştırılması	30
Tablo 4.2 : Ozonun Gaz Fazında Yarılanma Ömrü	30
Tablo 4.3 : Ozonun Gaz Fazında Yarılanma Ömrü	31
Tablo 4.4 : Alternatif Yıkama Metotları ve Etkili Oldukları Adımlar	40
Tablo 5.1 : Mikrodalga Destekli Yıkama Profili.....	45
Tablo 5.2 : Mikrodalga Destekli Yıkama Deneyleri Takip Çizelgesi.....	47
Tablo 5.3 : Mikrodalga Destekli Yıkama Deney Sonuçları	47
Tablo 5.4 : Süre – Ozon Miktarı İlişkisi.....	50
Tablo 5.5 : Sıcaklık – Ozon Miktarı İlişkisi.....	51
Tablo 5.6 : Tambur Hareketi – Ozon Miktarı İlişkisi	51
Tablo 5.7 : Ozonla Yıkama Program Profili	52
Tablo 5.8 : Pamuklu 40 °C Programı, Kazandan Ozon Verme Deneyleri Deney Takip Çizelgesi.....	53
Tablo 5.9 : Pamuklu 40 °C Programı, Kazandan Ozon Verme Deneyleri Deney Takip Çizelgesi.....	53
Tablo 5.10 : Kazandan Ozon Verme Deney Sonuçları	54
Tablo 5.11 : Giriş Suyu Borusu İçinden Değişen Debilerde Ozon Verme	54
Tablo 5.12 : Süre – Ozon Miktarı İlişkisi.....	56
Tablo 5.13 : Değişen Debilerde Kazan İçerisinde Sudaki Ozon Miktarı.....	57
Tablo 5.14 : Tank ve Kazandan Ozon Verme Deneyleri Deney Takip Çizelgesi	59
Tablo 5.15 : Ozonun Yıkama Performansı Üzerindeki Etkisi	59
Tablo A.1 : Mikrodalga Destekli Yıkama VTS Bilgileri	67
Tablo A.2 : MDY Referans Deneyleri Yıkama Değerlendirme Formu	68
Tablo A.3 : MDY Isıtma Öncesi Deneyleri Yıkama Değerlendirme Formu	69
Tablo A.4 : MDY Isıtma Sonrası Deneyleri Yıkama Değerlendirme Formu	70
Tablo A.5 : MDY Birinci Durulama Deneyleri Yıkama Değerlendirme Formu	71
Tablo B.1 : Kazandan Ozon Verme Deneyleri VTS Bilgileri.....	72
Tablo B.2 : Pamuklu 40°C Programında, Kazandan Ozon Verme Deneyleri Referans Yıkama Değerlendirme Formu	73
Tablo B.3 : Pamuklu 40°C Programında, ÖY’ da Kazandan Ozon Verme Deneyleri Yıkama Değerlendirme Formu	74

Tablo B.4 : Pamuklu 40°C Programında, 1D’ da Kazandan Ozon Verme Deneyleri Yıkama Değerlendirme Formu	75
Tablo B.5 : Pamuklu 40°C Programında, 2D ‘da Kazandan Ozon Verme Deneyleri Yıkama Değerlendirme Formu	76
Tablo B.6 : Pamuklu 60°C Programında, Kazandan Ozon Verme Deneyleri Referans Yıkama Değerlendirme Formu	77
Tablo B.7 : Pamuklu 60°C Programında, ÖY’ da Kazandan Ozon Verme Deneyleri Yıkama Değerlendirme Formu	78
Tablo B.8 : Pamuklu 60°C Programında, 1D’ da Kazandan Ozon Verme Deneyleri Yıkama Değerlendirme Formu	79
Tablo B.9 : Pamuklu 60°C Programında, 2D’ da Kazandan Ozon Verme Deneyleri Yıkama Değerlendirme Formu	80
Tablo B.10: Tank ve Kazandan Ozon Verme Deneyleri VTS Bilgileri	81
Tablo B.11: Tank ve Kazandan Ozon Verme Referans Deneyleri Yıkama Değerlendirme Formu	82
Tablo B.12: Tank ve Kazandan Ozon Verme Deneyleri Yıkama Değerlendirme Formu	83
Tablo B.13: Tank ve Kazandan Ozon Verme Deneyleri, Su Almada Motor Hareketinin Olduğu Referans Deneyler İçin Yıkama Değerlendirme Formu	84
Tablo B.14: Tank ve Kazandan Ozon Verme Deneyleri, Su Almada Motor Hareketinin Olduğu Deneyler İçin Yıkama Değerlendirme Formu.....	85

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 3.1 : Yıkamada Ana Parametreler ve Birbirleriyle İlişkileri [34].....	19
Şekil 3.2 : Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Kir Şeridi	22
Şekil 4.1 : Elektrik Alan ve Manyetik Alan İlişkisi [4].....	26
Şekil 4.2 : MDY ve Sıradan Metotla Yıkama Sonuçlarının Karşılaştırılması [10]..	27
Şekil 4.3 : Aktif Ozonun Kiri Oksitlemesi [4, 39].....	28
Şekil 4.4 : Ozonun Bakteri Üzerindeki Etkisi [4].....	29
Şekil 4.5 : Ozonun Sıcaklıkla Çözünürlük Değişimi [4, 42]	32
Şekil 4.6 : 70°F Sıcaklık Değerinde Ozonun Çözeltilinin pH Değeri İle Çözünürlük Değişimi [4, 42]	32
Şekil 4.7 : (a) Pozitif Basıncı Yüklü Düşük Enerjili Kabarcık (b) Negatif Basıncı Yüklü Yüksek Enerjili Kabarcık	35
Şekil 4.8 : Ultrasonik Jeneratörde Yüksek Frekansa Dönüştürme	36
Şekil 4.9 : Transduser Yerleşim Pozisyonları.....	36
Şekil 5.1 : Çamaşır Makinasında Magnetron ve Diğer Bileşenlerin Yerleşimi	42
Şekil 5.2 : Mikrodalga Destekli Yıkama Yapılan Çamaşır Makinası	43
Şekil 5.3 : UDAQ Programı Arayüzü.....	44
Şekil 5.4 : Isıtma Öncesi MDY Profili UDAQ Programı Arayüzü	46
Şekil 5.5 : Elektriksel Deşarj Metoduyla Ozon Üreten Jeneratör.....	48
Şekil 5.6 : Ozon Jeneratörünün Hava İçin Performans Eğrisi [46]	49
Şekil 5.7 : Difüzer.....	49
Şekil 5.8 : ORP Cihazı.....	50
Şekil 5.9 : Kazandan Ozon Vermede Difüzer Yerleşimi.....	52
Şekil 5.10: Tank ve Kazandan Ozonlu Su Uygulaması.....	55
Şekil 5.11: Sisteme Eklenen Tank.....	55
Şekil 5.12: Simülatör Makina ve Deney Düzenegi	56
Şekil 5.13: Çamaşır Makinasında Su Tesisatı	58
Şekil 5.14: Ozonsuz Referans Yıkama Profili İçin VTS Bilgilerinin UDAQ Programı Arayüzünde Gösterimi	60

ÇAMAŞIR MAKİNASINDA ALTERNATİF YIKAMA METOTLARI

ÖZET

Çamaşır makinası, hayatı kolaylaştıran teknolojilerden bir tanesidir. Su, deterjan, sıcaklık, mekanik hareket gibi farklı parametrelerle meydana getirdiği yıkama ortamında, tekstil üzerinden istenmeyen birikimleri uzaklaştırarak, temiz ve hijyenik bir kullanıma hazırlamaktadır. Ancak oluşan enerji dar boğazları, çevresel kirlilikler, dünya üzerinde kullanılabilir su kaynaklarının giderek azalması, hayatımızı kolaylaştıran bu makinaları daha verimli kullanmamız gerektiğini göstermektedir.

Sıradan çamaşır makinalarında kullanılan metotlar yerine, gelişen teknolojilerle farklı metotlar uygulanarak su, enerji veya deterjan tüketimi azaltılmakta, daha az kaynak tüketimi sağlanmaktadır. Bu şartları yerine getirerek, sıradan çamaşır makinalarında elde edilen yıkama performansının aynısını yada daha iyisini elde etmek üretici firmaların en büyük hedefi olmaktadır.

Bu amaçla, günümüz teknolojisinde evlerde kullanılan sıradan çamaşır makinalarının uyguladığı yıkama adımlarına alternatif, bu adımlarda oluşturulan etkinin benzeri yada daha iyisini sağlayabilecek metotlar araştırılmaktadır. Bu metotlarla sıradan bir makina üzerinde radikal değişiklikler yapılarak yıkama performansı arttırılmaya çalışılmaktadır.

Bu çalışmada, bu alternatif metotların neler olabileceği, makinaya uygulanabilirliği araştırılmış, bu metotlardan ozonla yıkama ve mikrodalga destekli yıkama hazırlanan prototipler üzerinde denenerek yıkama performansı üzerindeki etkileri incelenmiştir.

Mikrodalga destekli yıkama deneylerinde hazırlanan prototip makina için yazılan programla, ısıtma öncesi, ısıtma sonrası ve birinci durulama adımlarında ortama mikrodalga verilerek yıkama performansı direkt olarak ölçülmüştür. Yapılan çalışmada yıkama sırasında ortama mikrodalga uygulamanın bir faydası gözlenmemiş, yıkama performansı açısından sınıf atlamamıştır.

Uygulamanın faydalı olabilmesi için deneylerde kullanılan 1500 W gücündeki magnetron yerine, daha güçlü bir magnetron kullanılması ve uygulama noktasının değiştirilmesi tavsiye edilmektedir.

Ozonla yıkamada ise, ozonun kararlı kalabileceği ortam şartları araştırılarak, belirlenen bu şartları sağlayan adımlarda yıkama suyuna yeterli ozon verilerek yıkama performansı sonuçlarına bakılmıştır. Ön yıkama, birinci durulama, ve ikinci durulama adımlarında uygulanan ozonun yıkama performansını istenilen ölçüde iyileştiremediği görülmüştür.

Çalışmalarda kullanılan ozon jeneratörünün gücü arttırılarak suya daha kısa sürede ve daha fazla ozon verilmesinin yıkama performansını arttırıcı etki yapabileceği önerilmektedir.

ALTERNATIVE WASHING METHODS FOR WASHING MACHINE

SUMMARY

Washing machines are amongst the technologies, which makes life much easier. With the removal of dirt from the clothes, they provide a clean and hygienic usage of clothes using the washing environment, which consists of different parameters such as water, detergent, temperature and mechanical motion. However occurrence of energy bottlenecks, environmental pollution and decrease of water sources on the earth shows that we must use these facilitator machines more efficiently.

Instead of methods that are used in conventional washing machines, using different methods with the help of enhancing technology; consumption of water, energy and detergent is decreased and less usage of sources can be maintained. Therefore the new objective of the production companies is to reach and top the performance of ordinary machines by providing the criteria above.

As a result, alternatives to washing steps that are being used by today's conventional home washing machines and methods that can provide a similar effect achieved in these steps or a better performance than that are being searched by engineers. Using these methods, engineers are trying to increase washing performance by making radical changes on these conventional machines.

In this paper, possible methods to achieve this objective and applicability of these methods were discussed; amongst these methods, washing with ozone and microwave assisted laundry washing were applied on prototypes and the effects of these methods were observed.

Using the program written for the prototype machine that were prepared for microwave supported washing experiments; washing performance was measured directly with microwaves sent to the environment before heating, after heating and during rinsing. It was observed in this study that there was no advantage of sending microwaves to the environment during washing and there was no increase in class of washing performance.

For the application to be more beneficial, instead of magnetron, which has the power of 1500 Watts, it is recommended to use a more powerful magnetron and to change the application point.

During washing with ozone, searching the environmental conditions that will keep the ozone steady, performance results were observed sending the sufficient amount of ozone that would provide the proper conditions. It was measured that washing performance couldn't be increased enough with the ozone applied at pre-washing, first rinsing and second rinsing steps.

It is recommended to send more ozone to water in a shorter time increasing the power of ozone generator in order to provide an effect that will help to improve the washing performance.

1. GİRİŞ

Hayatı kolaylaştıran teknolojilerden birisi de amaşıır makinasıdır. Gündelik kıyafetlerin, eşıitli tekstil ürünlerinin temizlenmesinde, bu tekstillerin üzerinde bulunan istenmeyen birikimlerin uzaklaştıırılmasında ve söz konusu tekstillerin istenilen hijyen şartlarına ulaştıırılmasında amaşıır makinaları kullanılmaktadır.

amaşıır makinası, içerisine konan tekstil ürününü, hazırladığı ortam şartlarında, eşıitli kimyasal ve fiziksel parametrelerin etkileşimlerini içeren belirli adımlardan geçirerek, üzerinde bulunan kirlerden arındırmaktadır. Bu kirlerin tekstil üzerine tutunmasını sağlayan kuvvetler adhezyon kuvvetleridir ve yıkama işleminin gerçekleşebilmesi için bu kuvvetlerin yenilmesi gerekmektedir.

amaşıır makinasının kirlerle tekstil yüzeyi arasındaki bu kuvvetleri yenebilmesi için oluşturduğu ortamdaki etkiler dört ana grupta toplanmaktadır: yıkama kimyası (deterjan), mekanik etki, sıcaklık ve uygulama sresidir. Bu etkilerin yardımıyla kir ile tekstil yüzeyi arasında oluşıan yüzey gerilim kuvvetleri azaltılarak, kirler yüzeyden uzaklaştıırılmaktadır. Suda zneabilen kirler suya alınmakta, suda çok az zneabilen kalıntılar ise her yıkama adımı sonrasında tahliyeyle ortamdan uzaklaştıırılmaktadır.

Deterjan, içeriğinde bulunan yüzey aktif maddelerle (YAM) kir ve yüzey arasındaki bağın zayıflatılmasını sağlamakta ve kiri yüzeyden uzaklaştıırmaktadır. Bu nedenle amaşıır makinalarında yüzey aktif maddelerin hayati önemi bulunmaktadır. nemli bir başıka işlevleri de suyun yüzey gerilimini dşıırerek ortama konan tekstilin kolayca ıslanabilmesini sağlamaktır. Ayrıca yüzey aktif maddelerin yanı sıra tekstilin iyi ıslanabilmesi için yıkama ortamının sıcaklığı arttırılmakta ve deterjan içeriğinde bulunan diğer maddelerin de aktivasyonu sağlanmaktadır. Yüksek sıcaklıklar, yıkma işleminin için istenilmesine rağmen, tekstil ürününe zarar vermesi ve yüksek enerji tüketime neden olması sebebiyle uygulanamamaktadır. Bunun yerine diğer parametrelerin optimizasyonu ile yıkama işleminin istenilen hedeflere ulaşılmaktadır.

Bu parametrelerden birisi de tamburun dönmesiyle oluşturulan mekanik hareket etkisidir. Mekanik hareket, tekstil ürünlerinin birbirine sürtünmesini ve tambur içerisinde bulunan kanatçıklar sayesinde kaldırılan tekstilin düşerek tambura çarpmasını sağlamaktadır. Bu şekilde tekstil üzerinde çitileme etkisi oluşturulmaktadır. Tekstil ürünleri birbirleri üzerinde ve içinde akma ve düşme etkisine maruz kalarak temizlenmektedir.

Yıkama ortamında oluşturulan bu etkiler içerisinde, tekstil ürünleri belirli adımlarla temizlenerek kullanılabilir hale getirilmektedir. Bu adımları oluşturan süreçler ise tipik olarak; yıkama, durulama ve sıkmadan oluşmaktadır. Ancak artan talepler doğrultusunda geliştirilen makinalar sayesinde bu ana adımlara ön yıkama, ilave durulamalar veya yumuşatma gibi yeni adımlar eklenmektedir. Bu ek adımların her biri yıkama performansını arttırmak veya hedeflenen kitleye ulaşmak amacı gütmektedir.

Yıkama performansını arttırmada bu etkilerin her biri bir parametre olarak değiştirilebildiği gibi, bu parametrelerin yerine geçerek bütün yıkama adımlarının değişmesine olanak sağlayacak veya bir parametrenin yerine başka bir metot uygulanarak hedeflenen yıkama performansını elde edilebilecek alternatif metotlar ve bu metotların etkileri araştırılmaktadır.

Elektrolizle yıkama, elektrik alan ve mikrodalga destekli yıkama, ozonla yıkama, karbondioksitle yıkama, buharla yıkama, ultrasonik yıkama, vakumlu yıkama, seramik toprakla yıkama bu metotlardan bazılarıdır. Her metot oluşturulan yıkama ortamında bir etkinin yerini alabilecek özellikler göstermektedir, ancak gerek bu metotların uygulanabilirliği, gerekse uygulama sonuçları yeterli görülmediğinden ve istenilen yıkama performansını veremediğinden hedeflenen etkiyle birebir yer değiştirmesi mümkün olamamaktadır.

Bu çalışmada, bahsi geçen metotların fiziği, yıkama ortamında etkili oldukları noktalar ve uygulanabilirlikleri anlatılmaktadır. Bu metotlardan ozonla yıkama ve mikrodalga destekli yıkamanın yıkama performansı üzerindeki etkisi incelenmekte ve sonuçları belirtilmektedir.

Ozonla yıkamada, ozonun genel kimyası araştırılarak yıkamada etkili olduğu noktalar belirlenmiş ve elde metotlarından kullanıma en uygun olanı seçilerek gerekli ekipman tercihi yapılmıştır.

Kimyasal yapısı gereği kararsız bir gaz olan ozonun yıkamada hangi adımlarda, ne kadar süre uygulanacağı ve çamaşır makinasına nasıl adapte edileceği araştırılarak deneysel çalışmalara başlanmıştır.

Kurulan sistemde gerekli ozon miktarının sağlanmasına rağmen yıkama performansında istenilen artışın sağlanamaması nedeniyle deney düzeneğinde düzeltmeye gidilerek ilave aparatlarla deneysel çalışmalar tekrarlanmış ve sonuçları incelenmiştir.

Mikrodalga destekli yıkamada, mikrodalganın yıkama ortamında nasıl bir etkiyle yüzey aktif madde (YAM) yerine geçebileceği araştırılmış ve yıkama performansı üzerinde direkt etkisine bakılmıştır.

Mikrodalga destekli yıkamayla daha az deterjan tüketimi hedeflenmektedir. Bu metodun kullanılmasıyla deterjan tüketimi azaltılmakta, buna bağlı olarak su tüketimi ve enerji tüketimi de azaltılmaktadır. Daha az deterjan ve daha az durulama suyu ise yıkama programının daha kısa sürede tamamlanmasını sağlamaktadır.

Çalışmanın deneysel kısmında, yazılan kodlarla kontrol edilen bir prototip makina üzerinde mikrodalga destekli yıkama deneyleri yapılmış ve yıkama performansı sonuçları incelenmiştir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Günümüz çamaşır makinalarında kullanılan yöntemlere alternatif yöntemlerin geliştirilmesi ve kullanılan sistemlere uygulanması, firmaların Araştırma Geliştirme (ARGE) bölümleri tarafından yürütülen projeler kapsamında olduğundan, bu konularla ilgili kısıtlı sayıda kaynağa ulaşılabilmektedir. Ulaşılan kaynakların büyük bölümünü, yapılan ARGE çalışmaları sonucunda alınan patentler oluşturmaktadır. Bu bölümde ulaşılan yayınların yanında, ilgili patentlerden önemli görülenleri, her bir metot başlığı altında anlatılmaktadır.

2.1 Elektrolizle Yıkama

Elektrolizle yıkamada, elektroliz ürünlerinden oksijen, ozon, klor, hipoklorit, hidrojen peroksit gibi kimyasallar, ağartılabilir kirlerin temizlenmesinde ve hijyen amaçlı olarak kullanılmaktadır.

Riccardo [1] tarafından yapılan çalışmada, yıkama sıvısı sirkülasyon yolu üzerinde bir elektrolitik hücreden geçirilerek burada elektroliz edilmekte ve aktif oksijen üretilmektedir. Elektroliz sonucu üretilen aktif oksijenin çamaşırı beyazlatma ve ağartmada kullanılabileceği ifade edilmektedir. Elektroliz için 5-30 V arasında doğru akım kullanıldığı belirtilmektedir. Çalışmada elektrolitik hücrede kullanılan elektrotlardan birinin kurşun dioksit kaplı grafitten yapılması ve bu elektrotun pozitif elektrot olmasının, elektroliz performansı açısından daha iyi sonuçlar vereceği belirtilmektedir.

Roberto ve Giuseppe'nin [2] yapmış olduğu çalışmada, üstten yüklemeli bir çamaşır makinasında, dışarıdan alınan su öncelikle bir yumuşatıcıdan ve tuzlu su tankından geçirilerek, içerisinde NaCl çözünmesi sağlanmakta ve daha sonra elektrolitik hücreye alınarak burada elektroliz edilmektedir. Elektrolitik hücrede, beyazlatma ve ağartmada kullanmak ve tüketilen deterjan miktarını azaltmak için sodyum hipoklorit (NaClO) üretimi yapılmaktadır. Bu şekilde daha az sentetik madde kullanılarak çevreye verilen zararın azaltılacağı belirtilmektedir. Ayrıca çalışmada sıcaklığın, sodyum hipoklorit üzerinde olumsuz etkisinin olduğu ifade edilmektedir. Elektroliz

sırasında, elektrolitik hücre sıcaklığının çevre sıcaklığından yüksek olması durumunda klorat gibi ek bileşenlerin oksidasyon hızının sodyum hipokloritten yüksek olmasından dolayı, sodyum hipokloritin ağartma etkisinden yararlanılamadığı belirtilmektedir. Bu yüzden çevre sıcaklığından daha düşük sıcaklıklarda tutulması gerektiği belirtilmekte, ancak bu ilave uygulamanın da maddi ve yapısal olarak ek masraf çıkaracağı ilave edilmektedir. Çalışmada, elektrolitik hücre yapısında hacimleri ayıran malzemenin plastik olması tavsiye edilmektedir.

Shinichi [3], çalışmasında alkalın solüsyon kullanılarak yapılan bir elektroliz çemberinden bahsetmektedir. Detaylı olarak elektrolitik hücre yapısı üzerinde durularak, iç kısma yerleştirilebilecek geçirgen bir membran etkisi anlatılmaktadır. Elektrolit olarak su ve tuz kullanılmakta, ancak deneysel çalışmalarda tuz yerine potasyum klorüründe kullanılabileceği belirtilmektedir. Elektrolitik hücrede, anot üzerinde asidik su ve HOCl, katot üzerinde ise alkali su ve sodyum hidroksit (NaOH) üretilmektedir. Asidik su ve HOCl antibakteriyel ve dezenfeksiyon amaçlı olarak, alkali su ve NaOH ise temizleme amaçlı olarak kullanılmaktadır. Elektrolitik hücre içerisinde, iyonların geçişini sağlamak ve çıkış sıvısının özelliklerini korumak amacıyla kullanılan membran nötr olduğunda iyon geçişi kontrol edilemezken, sadece akış yönlendirilmiş olmaktadır. Sistemde katyon membran kullanıldığında Na^+ membranı rahatlıkla geçmekte ve katotta yüksek alkalinite oluşmaktadır, anyon membran kullanıldığında ise Cl^- iyonları membranı geçebilmekte ve anotta yüksek asidik ortam oluşturulmaktadır. Ancak çalışmada ortada membran kullanılması durumunun, sağlanan şartlardan çok az değerlerde bir özellik gösterdiği ve membranın ek bir maliyet getireceği belirtilmektedir.

2.2 Elektrik Alan ve Mikrodalga Destekli Yıkama

Elektrik alan ve mikrodalga destekli yıkamada suyun yüzey gerilimi düşürülerek deterjanın sağladığı yüzey aktif madde (YAM) etkisi sağlanmaktadır [4].

Sato ve arkadaşlarının çalışmasında [5], gerilim uygulanarak bazı sıvıların yüzey geriliminin düşürülebileceği ve genellikle statik yöntemlerin kullanıldığı yüzey gerilimi ölçmede, elektrik alan uygulandığında “Vibrating Jet Method” gibi dinamik bir yöntemle direk temas uygulanmadan sıvının yüzey geriliminin ölçülebileceği belirtilmektedir. Yapılan çalışmada yüzey geriliminin teorik ve deneysel sonuçları gösterilmektedir. Deneysel çalışmalarda 23°C’de saf su kullanılarak değişen

gerilimlerde suyun yüzey gerilimi ölçülmektedir. Kullanılan suyun fiziksel özelliklerinin yüzey gerilimini etkilediği belirtilmektedir. Saf suyla eş elektriksel iletkenliğe sahip olan etil alkol, etil alkolle aynı yüzey gerilimi değerine sahip hegzan ve farklı iletkenlik değerlerine sahip sodyum klorür çözeltileri çalışmada kullanılan diğer sıvılardır. Deneyler uygulanan gerilim türü, şiddeti ve uygulama süresine göre her sıvı için yapılmakta ve sonuçları gösterilmektedir.

Yamada ve arkadaşları [6], “Silicon Rubber (SR)”, “Polytetrafluoroethylene (PTFE)” ve “Polydimethylsiloxane-grafted fluoropolymer (PGF)” gibi farklı “hydrophobic” yüzeyler üzerindeki su damlacığına uygulanan değişik gerilimlerde, damlacığın aldığı şekil ve hareketi incelemektedir. Birbirine paralel elektrotlar arasına yerleştirilen bu yüzeyler üzerinde su damlacıklarının, yüzeye ilk temas açıları ve geri çekilme sırasında oluşan temas açıları ölçülerek, yükseklik ve eni arasındaki ilişki anlatılmaktadır. Çalışmada 0-100 Hz arasında farklı frekansların, 5-10 kV değerlerinde gerilim uygulamanın ve değişen uygulama sürelerinin sonuçları gösterilmektedir.

Mizuno ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada [7], bir su damlacığının SR yüzey üzerinde, farklı gerilimlerdeki hareketi anlatılmaktadır. Çalışmada, aralarında 20 mm açıklık bulunan iki elektrot arasına 5–10 ve 15 mm mesafelerde bulunan su damlacıklarına alternatif akımda uygulanan gerilimin damlacıklar üzerindeki etkileri anlatılmaktadır. Deneylerde SR yüzey üzerine konan 15 µl hacmindeki bir damlacığa 5 kV gerilim uygulandığında damlacık titremeye, 10 kV gerilim uygulandığında damlacık elektrik alan yönünde uzamaya başladığı belirtilmekte, gerilim değerinin 12 kV ‘a çıkarılması durumunda ise ark meydana geldiği ifade edilmektedir. Farklı yüzeyler için farklı gerilim değerleri çalışmada verilmektedir.

Keim ve Koenig ‘in çalışmasında [8], yalıtkan epoksi reçine içerisine 35 mm aralıklarla gömülen 100mm uzunluğundaki elektrotlar üzerine uygulanan yüksek gerilim sonucunda, yalıtkan üzerine damlatılan su damlacıklarının maruz kaldıkları şekil değişimi anlatılmaktadır. Uygulamada 13 kV geriliminde, 50 Hz frekansında alternatif akım uygulaması sonucu damlacık yüzeyi üzerindeki değişim, yüksek hız ve çözünürlükteki kameralar yardımıyla çekilen fotoğraflarla gösterilmektedir.

Johnstone ve Bodger tarafından yapılan çalışmada [9], yüksek gerilimde uygulanan alternatif akım altında, saf suyun dezenfeksiyonu anlatılmaktadır. Çalışmada kurulan

düzenekte, sisteme giren su önce iyonlardan arındırılarak suyun iletkenliği azaltılmaktadır. Daha sonra bir tank içerisinde geçirilerek içerisindeki baloncukların havaya karışması sağlanmaktadır. Buradan elektrik alan uygulamasının yapılacağı hacıma gelen su, bir kenarı 10mm uzunluğunda, 2mm aralıklarla yerleştirilmiş, 50 Hz frekansında, 6 kV gerilimdeki kare elektrotlar arasından geçirilmektedir. Uygulama süresi ve elektrik alan şiddetinin çalışmanın önemli kriterlerinden olduğu belirtilmektedir.

Mikrodalga destekli yıkama (MDY) konusunda Chen ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada [10], küçük pamuklu bez parçaları üzerine sürülen kirler temizlenerek sıradan yıkama ve MDY karşılaştırılması anlatılmaktadır. Bezlerin üzerine kan lekesi, çimen lekesi, çimen suyu, ve mürekkep lekesi dökülerek testlerden önce 24 saat bekletilmektedir. Kuruyan kirler, MDY ile 75 W güçte 4dk boyunca yıkanmakta, sıradan yıkama ile 20 dk yıkanmakta ayrıca deneysel çalışmalar ortamın deterjanlı olması ve olmaması durumları karşılaştırılarak da yapılmaktadır. Makalede, mikrodalga gücü, uygulama süresi, ve toplam yıkama süresi yıkamayı etkileyen parametreler olarak incelenmektedir. Sonuçlarda, sıradan yıkamalarda elde edilen performansı yakalayabilmek için ortama çok az deterjan eklemek gerekmektedir. Bu şekilde deterjan tasarrufu yapılabilmekte ve bunun sonucunda da daha az durulama gerekmektedir.

Yıkamada, tekstil ürünlerini ağartma ve dezenfeksiyon adımlarını hızlandırarak daha kısa yıkama sürelerine ve daha iyi yıkama performanslarına ulaşılabileceğini ifade eden Hloch [11], bu sonuca yıkamada mikrodalga uygulanmasıyla ulaşılabileceğini ifade etmektedir. Çalışmasında 4 kW gücünde, 2.45 GHz frekansında mikrodalga üreten magnetrona sahip, 31 lt hacıma sahip bir yıkama ortamı oluşturan Hloch, çay, kahve, kırmızı şarap ve kırmızıbiber kirleriyle yaptığı çalışmalarda sıradan metoda göre daha iyi sonuçlar aldığını belirtmektedir. Ortamda çok az miktarda deterjan olmasının yıkama performansını arttırdığını belirtmektedir. Deneysel çalışmalarda; uygulama süresi 20 dk, çıkılan maksimum sıcaklık 60 °C, deterjan konsantrasyonu 10gr/lt, yükleme oranı 30lt/kg, yıkama sıvısı oranı 2.5lt/kg olarak alınmaktadır.

2.3 Ozonla Yıkama

Ozon, çay, ke  ap, meyve suları ve   imen gibi ağartılabilen kirlerin temizlenmesinde ve hijyen amaçlı olarak kullanılmaktadır [4].

Donald ve arkadaşlarının yapmış olduğu bir çalışmada [12], tekstil ürünlerini yıkamak için sıcak su ya da deterjan kullanmadan, kapalı bir çevrim halinde, bir su depolama tankında ozon jeneratörü yardımıyla ozonlanmış atık suyun bir çamaşır makinasında kullanımı anlatılmaktadır. Kullanılan su bir filtreden geçirilerek tekrar kullanılmaktadır. Bu şekilde su ve enerji tasarrufunun sağlandığı belirtilmektedir.

Tsukamoto ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada [13], üretilen ozonun suda      nmesi için kullanılan yöntemlerden, membranlı ve direk     me metotları anlatılmaktadır. Ozon gazının kararsız olmasından dolayı, üretildikten sonra hemen kullanılması gerekmektedir, bu da   retim ve kullanım noktalarının yakın olması anlamına gelmektedir. Membranlı     nme metodunda ozon bir tank içerisinde suda     n  r ve kullanım noktasına aktarılır. Ozonun gaz fazındaki yarı ömrünün, sıvı fazdakinden 100 kat daha uzun olduğu ifade edilerek, uzun taşıma yollarında gaz fazında taşınmasının, kararlı kalması açısından daha uygun olacağı belirtilmektedir. Direk     me metodunda, sisteme verilen ozon baloncukları, yol boyunca suda     nmekte ve kullanım noktasına en yakın yerde sistemden ayrılarak, ozonlu su kullanılan ortama gönderilmektedir. Çalışmada, yıkama işlemlerinde organik ve bakır gibi metalik artıkların temizlenmesi için 5 mg/lit ozon konsantrasyonuna ulaşılması gerektiği belirtilmektedir.

Rubin ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada [14], yarı iletkenler üzerindeki kurumuş pozitif yüklü kirlerin çıkartılması için inorganik kimyasallar veya organik     zc  ler yerine alternatif metotlardan iyonсуuz su içerisinde ozon kullanımı ve süperkritik sıvılardan CO₂ kullanımı anlatılmaktadır. Çevresel etkilerin, sağlık, güvenlik ve maliyetlerin bu tip çevresel açıdan zararsız, maliyeti azaltıcı alternatiflere yönelttiği ifade edilmektedir. Ozon kullanımı ile ilgili deneysel çalışmada, sülfürik asit (H₂SO₄), hidrojen peroksit (H₂O₂) veya organik     zc  ler yerine iyonсуuz ozonlanmış su seçildiği belirtilmektedir. Anlatılan sistemde oksijenden ozon üretilmekte, yıkama suyu ve ozon, jeneratör içerisinde karıştırılarak yıkama tankına gönderilmektedir. Sistemi besleyen su, içerisinde çözen ozonun kararlılığını arttırmak için düşük sıcaklıklarda tutulmaktadır. Çalışmada farklı kirler

için suda çözünen ozon miktarları, su sıcaklıkları ve uygulama süreleri tablo halinde verilmektedir. Çalışmada ozonla yıkamanın silisyum (Si), fosfonik asit (GaP) gibi kirler üzerinde, çoğunlukla kullanılan H_2SO_4 ve H_2O_2 'ye göre çok iyi sonuçlar verdiği belirtilmektedir.

Jackson ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada [15], hayvanat bahçesi, su şirketleri gibi farklı ozon uygulamaları kullanılan yerlerde, yeni bir sistem kurarak gerekli değişiklikler yapıldığı ve bu çalışmalardan önce ve sonrasında akış debisi, uygulanan ozon miktarı, ozon jeneratörünün çalışma performansı bilgileri hesaplanmaktadır. Uygulanan yeni sistemde, oluşturulan baloncukların hemen birleşmesi engellenmekte ve her bir kabarcığın suyla temas süresi arttırılmaktadır. Çalışmada "Oxidation Reduction Potential" (ORP) değerleri ölçülerek, hedeflenen dezenfeksiyon için 700–750 mV arasının yeterli olacağı ifade edilmektedir.

2.4 Karbondioksitle Yıkama

Çamaşır makinasında karbondioksitle yıkamada amaç, tamburla verilen mekanik hareket etkisini, tekstil yapısındaki boşlukların doldurulmasıyla ıslatma etkisi sağlayarak vermektir [4].

Sıvılaştırılabilen gazlarla temizleme etkisi üzerinde alışan Stanford ve arkadaşları [16], kritik sıcak değerinin altında bir sıcaklıkta, karbondioksit gazı kullanarak, tekstil ürünlerinin temizlenebildiğinden bahsetmektedir.

Strigl ve Wandke tarafından yapılan çalışmada [17], tekstil ya da metal parçaların temizlenmesini geliştirmede kullanılan, gerekli karbondioksit miktarını azaltmak için 150 bar gibi yüksek basınçların gerekli olduğu, ancak bu basınç değerinden sonra daha az karbondioksit tüketimi gerçekleşebileceği belirtilmektedir.

Uhlin 'in [18] yapmış olduğu çalışmada sıvılaştırılmış gazlarla tekstil ürünlerini temizlemede kullanılan ekipmanlar anlatılmaktadır. Karbondioksit gibi sıvılaştırılabilen bir gazla tekstil ürünlerini temizleme de kullanılan bir ekipmanda, gazın sıvı kalması açısından yüksek basınçlı bir uygulama hacmi bulunmaktadır. Bu hacima motor hareketinin iletildeği bir sistem bulunmaktadır. Çalışmada basınçlı hacimdeki karbondioksitin motor kısmına geçmemesi için, arada kalan boşlukların alüminyum gibi bir metalle doldurulması gerektiği belirtilmektedir. Bu şekilde

karbondioksitin kauçuk ve plastik malzeme üzerinde oluşturacağı zararlı etkilerin önlenebileceği belirtilmektedir.

2.5 Buharla Yıkama

Bulaşık makinalarında daha çok kullanılan bu metot, temizlenmesi zor kirlerin daha etkin temizlenmesini sağlamak amacıyla kullanılmaktadır. Çamaşır makinalarında ise yıkama sonunda kırıışık azaltma amaçlı kullanımı tercih edilmektedir.

Oide 'nin çalışmasında [19] buharlı yıkama sonunda, yıkanan malzeme üzerinde yoğunlaşma oluşmasını önleyici yöntemler anlatılmaktadır. Makina içerisindeki suyun ısıtılarak kaynatılması sonucu buhar üretilmekte ve buharla yıkamadan sonra sıcak havayla kurutma yapılmaktadır. Su ısıtıcısı aynı zamanda havayı da ısıtmaktadır. Sistemde sıcak havayı üfleyici ve emici kısımlar bulunmaktadır.

Noceroni ve Novellino tarafından yapılan çalışmada [20], buhar ekipmanlı bir çamaşır makinası anlatılmaktadır. Kurutucu, suyu süzdükten sonra, bir buhar uygulaması yapmaktadır ve bu şekilde buruşmalar azaltılmaktadır. Buharlı su uygulaması en az 60–80 °C arasında yapılmaktadır. Kazan içerisinde buhar üretmek için ısıtıcılar bulunmaktadır.

2.6 Ultrasonik Yıkama

Ultrasonik yıkamada, oluşturulan kavitasyon baloncukları yardımıyla kirlerin yüzeylerden uzaklaştırılması sağlanmaktadır. Baloncukların sahip olduğu iç enerji, çarptığı yüzeyle kir arasındaki bağın kopmasını sağlamaktadır [4].

Blasutti [21], yapmış olduğu çalışmada, çamaşır makinasında ultrasonik yıkama uygulaması için, transduser yerleşimini anlatmaktadır. Kazan çevresine alttan yerleştirilen transduserlerin etkisini arttırmak için, kazanın alt tarafı eğimli yapılarak, kazan ve tambur arası mesafe azaltılmaktadır. Çalışmada Piezoelektrik transduserler 50 W gücünde ve 20-50 kHz bant aralığında ses üretmektedir.

Wit'in çalışmasında [22], tekstil ürünlerini suya batırarak, ultrasonik yıkama metotları anlatılmaktadır. Temizleme işlemini geliştirmek için suya ikincil bir hareket kazandırılmakta ve ultrasonik dalga uygulanmaktadır. Çalışmada, suya kazandırılan ikincil hareketin frekansının, ilk hareketin frekansı ile aynı olmadığı ve

bu iki hareketin sırayla uygulandığı belirtilmektedir. Buluşun amacı yıkamada kullanılan kimyasalları en aza indirerek, bu şekilde en iyi performansı elde etmektir.

2.7 Vakumlu Yıkama

Karbondioksitle yıkamada olduğu gibi, yıkama sıvısının ve deterjanın tekstil gözenekleri arasına kolayca girebilmesi sağlanmaktadır. Tekstil ürünü yapısındaki gözeneklerde bulunan hava vakumlanarak, tekstilin kolay ıslanabilmesi sağlanmaktadır [4].

Vakumlu yıkamayla ilgili çalışmasında Murakami [23], sodyum ve bileşiklerini kullanmadan, yıkamayı sterilize etmek ve yıkamaya zarar vermeden su miktarını ve çevresel kirliliği azaltmayı amaçlamaktadır. Çalışmada makina içerisindeki hava alınarak, vakumlu bir ortam oluşturulmakta ve hacim ısıtılarak, ortam basıncı 600-700 m/mHg olana kadar, yüksek sıcaklıkta buhar basılmaktadır. Bu şekilde yıkama tankı çalkalanarak, sıcak su yada deterjan eklenmiş yıkama suyuyla 5-10 dk daha yıkamaya devam edilmektedir.

Yu ve arkadaşları çalışmalarında [25], çamaşır makinasında vakum teknolojisini anlatmaktadır. Yıkama ortamındaki hava bir selenoid vana kontrolüyle, negatif basınç farkı üretilerek yapılmaktadır. Yıkama sırasında, kazanın üst kısmından ortama su verilmektedir. Çalışmada, kirlerin çamaşırlardan vakum teknolojisiyle ayrıldığı, farklı cinsteki çamaşırlarında kullanılabileceği ve çamaşırlara herhangi bir zarar verilmediği ifade edilmektedir [24]. Başka bir çalışmada Yu ve arkadaşları, vakum teknolojisinin endüstriyel alanda kullanılan makinalardaki uygulamalarını anlatmaktadır.

Wang çalışmasında [26], negatif basınç üreten bir makinada yapılan temizlemeyi anlatmaktadır. Sistemde bir yıkama tankı, yardımcı tank, ve ekipman kabini bulunmaktadır. Yıkama tankı ekipmanları; yıkama vanası, mikro gözenekli bölme perdeleri, ve elektro ısıtma membranıdır. Yardımcı tankta bir su seviye sensörü bulunmaktadır. Ekipman kabini ise su giriş hattı ve vanası, vakum vanası, vakum pompası, su tahliye hattı ve vanası, plazma jeneratör ve kontrol valfindan oluşmaktadır. Sistemde herhangi bir dönen kısım bulunmamaktadır, ayrıca kimyasal deterjan kullanımına da gerek olmadığı belirtilmektedir.

2.8 Seramik Toplarla Yıkama

Seramik toplanla ilgili çalışmasında Lee [27], ultrasonik etkinin yanında, seramik toplanndan biri olan “tourmaline” ve çeşitli seramik toplanın kullanımını anlatmaktadır. Kazanın dış yüzeyine yada su konteynırının içerisine yerleştirilen seramik kaplı “tourmaline”, yıkamadan önce hidroksil iyonlarıyla reaksiyona girerek suyun yüzey gerilimini azaltmaktadır. Ultrasonik titreşim aleti ise kaplayıcı ve suyla dolu olan su konteynırının içerisine yerleştirilmekte ve “tourmaline”i tetiklemektedir, buna alternatif olarak “tourmaline” kazan içerisine yerleştirilmiş başka bir tetikleyiciyle de reaksiyona sokulabilmektedir. Temel olarak, “tourmaline” maddesinin çamaşır makinesinde kullanılmasıyla su, elektroliz edilerek hidroksil iyonları oluşturmakta, ve suyun yüzey gerilimi azaltılarak YAM gibi davranması sağlanmaktadır. Yüzey geriliminin azalması kirlerin uzaklaştırılması için daha az enerji gereksinimi buda daha az deterjan tüketimini gerektirmektedir. Ayrıca çalışmada, ultrasonik dalganın suyun elektrolizini hızlandırdığı ve deterjanın daha çabuk dağıldığı ve çözünmesini sağladığı, bu şekilde makinenin yıkama veriminin de artırılmış olacağı ifade edilmektedir. Hidroksil iyonları, seramik kaplı “tourmaline” maddelerinin suyla teması ve elektrolitik hareketleri sayesinde oluşturulabilmektedir. Diğer bir yandan ultrasonik dalga yaratma suda bir kavitasyon etkisi meydana getirerek “tourmaline” ’in elektrolitik etkisini arttırarak, hidroksil iyon oluşturma hızını artırmaktadır. Bütün bu özelliklerinin ve avantajlarının yanında, deterjan kullanımını azaltması ile çevresel kirliliği azaltıcı etkisi ve insan sağlığı yönünden faydaları da belirtilmektedir.

Seramik toplanla ilgili başka bir çalışmasında Lee [28], “tourmaline” kristalinin yapısı, özellikleri, kullanımı ve sudaki ara yüzey temizleme aktivitesini anlatmaktadır. 950–1000 C sıcaklığına kadar ısıtılabilen bu kristaller, 3-5 mm çapındaki seramik küreler içerisinde muhafaza edilmektedir. Kristalleri bir arada tutan küreler yalıtıcıdır ve seramik malzemeden yapılmaları mrlarını uzatmakta, aşınmalarını ve birbirlerine yapışmalarını engellemektedir.

3. YIKAMA YÖNTEMİ

Yıkama, sulu bir çözelti içerisinde çeşitli kimyasal ve fiziksel parametrelerin etkileşimini içeren karmaşık bir işlemdir. En geniş anlamda ise, tekstil üzerindeki kirlerin, lekelerin çıkartılması olarak tanımlanmaktadır. Tipik bir yıkama uygulamasında bu işlem su ve suda çözünen yüzey aktif maddelerin yardımıyla sağlanmaktadır.

Yıkama ortamını oluşturan bileşenlerin bir araya gelerek, optimum oranda birbirleriyle etkileşimini sağlanması durumunda yıkama performansı istenilen değerlere ulaşmaktadır. Bu bileşenlerden bir tanesinin fazla veya eksik olması durumunda yıkama performansında azalma ya da kullanılan kaynakların fazla tüketilmesi söz konusu olmaktadır. Yüksek performansa ulaşmada bileşenlerin özelliklerinin bilinerek, hangi adımda ne kadar kullanılacağına karar verilmeli ve optimum oranlarda kullanılmalıdır.

3.1 Yıkama Ortamı Bileşenleri ve Yıkamaya Etkileri

Yıkama sürecine tekstil, su, kir, yıkayıcı ekipman ve deterjan birlikte katılmaktadır. Yapılan yıkamanın performansı, kir tipine, deterjan bileşimine, su kalitesine, tekstil özelliklerine ve yıkama parametrelerine bağlı olmaktadır. Bu parametrelerin doğru oranlarda kullanılmasıyla yıkama performansı hedeflenen değerlerde olmaktadır. Bir parametrenin olması gerekenden fazla kullanılması performansı kötü etkileyebileceği gibi, performansı iyileştirdiği halde tekstil üzerinde olumsuz etki bırakabilmektedir.

Bu parametrelerin özellikleri, uygulandıkları adımlarda oluşturdukları koşullar ve sağladıkları detaylı olarak bilinmelidir.

3.1.1 Kir tipleri

Kir, belirli bir yüzey üzerinde çeşitli yollarla oluşan istenmeyen bileşimlerdir. Kirin belirli bir bölgede yoğunlaşmış şekline de leke denilmektedir. Genel olarak kir tipleri oluşum kökenlerine göre sınıflandırılabilir.

- Atmosferden gelen kirler
- Vücuttan salgılanan kirler
- Evsel, ticari veya endüstriyel kökenli kirler

Kimyasal açıdan incelendiğinde kirler başlıca şu şekilde birbirinden ayrılabilir;

- Suda çözünebilir kirler (inorganik tuzlar, şeker, üre, ter)
- Metal oksit, karbonat, silikat, humus ve is-kurum gibi partiküller
- Yağlar (hayvansal ve bitkisel yağlar, vücut yağı, mineral yağ, mum)
- Proteinler (kan, çim, yumurta, süt, deriden gelen keratin)
- Karbonhidratlar (nişasta)
- Ağartılabilir boyalar (meyve suyu, sebze, şarap, çay, kahve)

Bu kirlerden tekstil üzerinden çıkartılabilmesi en güç olanları metal oksit, karbonat, silikat, humus, is, kurum gibi partiküller, yağlar, yüksek karbonhidratlar, doymamış proteinler ve bazı doğal boyalardır.

Bu tür kirlerin tekstil yüzeyinden temizlenebilmesi için kimyasal reaksiyonlar gerekmektedir. Örneğin doğal boyaların çıkarılması kimyasal redoksle, protein kirleri enzimlerin parçalamasıyla temizlenmektedir [29]. Ancak kirlerin hepsi bu kadar kolay temizlenemediğinden tekstil yüzeyi ile kir arasında yüzeyler arasında işlemler gerekmektedir.

3.1.2 Deterjan ve deterjan bileşenleri

Evsel ve kurumsal amaçlı kullanılan deterjanlar, farklı kimyasal maddeleri içeren karışık formülasyonlara sahiptirler. Genel olarak içerdikleri maddeler dört ana grupta toplanabilmektedir;

1. Yüzey aktif maddeler
2. Yapıcı maddeler
3. Ağartıcı maddeler
4. Yardımcı maddeler

Bu maddelerin deterjanın kullanımına göre belirli oranlarda biraya getirilmesi gerekmektedir. Kullanım amacına göre deterjan içerikleri Tablo 3.1 'de gösterilmektedir.

Tablo 3.1: Deterjan Çeşitleri ve Bileşimleri [30]

İçerik	Otomatik Çamaşır Makinası Deterjanı (%)	Çamaşır Deterjanı (%)	Bulaşık Deterjanı (%)	Bulaşık Makinası Deterjanı (%)
Anyonik YAM	8 – 12	15 – 25	0 – 2	-
Noniyonik YAM	5 – 11	0 – 5	2 – 5	0 – 5
Yapıcı Maddeler	30 – 45	25 – 40	55 – 65	30 – 40
Ağartıcılar	15 – 25	0 – 5	-	5 – 15
Dolgu Malzemeleri	5 – 10	15 – 30	10 – 30	20 – 40
Yardımcı Maddeler	3 – 8	0 – 3	0 – 5	2 – 5

Deterjanın en önemli bileşeni yüzey aktif maddedir ve bütün deterjanlarda bulunmaktadır. Çok düşük konsantrasyonlarda bile içinde çözündüğü sıvının yüzey ve ara yüzey özelliğini belirgin şekilde değiştiren maddelerdir.

Sulu çözelti oluşturduktan sonra taşıdıkları zincirin iyon yüküne göre dört tipe ayrılmaktadırlar;

- Anyonik yüzey aktif madde
- Non-iyonik yüzey aktif madde
- Katyonik yüzey aktif madde
- Amfolitik yüzey aktif madde

Anyonik yüzey aktif maddeler deterjan endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu maddelerden katyonik yüzey aktif maddeler ise genellikle deterjan özelliklerinden dolayı değil, yumuşatma, hijyen sağlama gibi etkileri nedeniyle tercih edilmektedir.

Aynı molekülde hem asidik hem de bazik gruplar içeren bileşikler amfolitik yapıdadır. Bu nedenle ortamın pH değerine göre durum değiştirebilmektedirler. Yüksek maliyete sahip bu maddeler sert sularda çözüneme, yüksek köpük oluşumu sağlayabilme, cildi yumuşak tutma gibi özellikleri nedeniyle tercih edilmektedir.

Non-iyonik yüzey aktif maddelerin yapısında elektriksel yük bulunmamaktadır. Kimyasal özellikleri yapılarında bulunan eter oksijenlerden veya hidroksil gruplarından kaynaklanmaktadır. Deterjan endüstrisinde yaygın olarak kullanılmaktadır [29, 31, 32].

Yüzey aktif maddeler, içinde bulundukları ortamda yüzey – ara yüzey özelliklerini değiştirmeleri nedeniyle kirin yüzeyden ve ortamdan uzaklaştırılması amacıyla kullanılmaktadırlar. Bu maddelerden beklenen özellikler ise şunlardır;

- Spesifik olarak yüzeye tutunması, adsorbe olması
- Su sertliğinden etkilenmemesi
- Kir uzaklaştırma
- Dağılma özelliğine sahip olması
- Yüzeyden uzaklaştırılan kirin tekstile tekrar yapışmasını engellemesi
- Çözünürlüğünün yüksek olması
- Islatma etkisi
- Uygun köpük karakteristiği
- Kokusuz ve renksiz olması
- Depolanma stabilitesi
- Çevre dostu ve ekonomik olması [29].

Deterjanın yapısında yüzey aktif maddelerin etkinliğini arttırmak için “Yapıcı Maddeler” bulunmaktadır. En önemli özellikleri; su, kir veya yıkanan tekstilden gelebilecek sertlik iyonlarını (Ca^{+2} , Mg^{+2}) elimine etmektir. Yapılarında sodyum karbonat, sodyum disilikat gibi alkali maddeler, suda çözünebilen polikarboksilik asit ve suda çözünmeyen zeolit gibi iyon değiştiriciler bulunmaktadır.

Ağartılabilir kirlerin veya boyaların renginin değiştirilmesi veya yüzeyden uzaklaştırılması anlamına gelen ağartma işlemini ise deterjan yapısında bulunan “Ağartıcı maddeler” yapmaktadır. Kimyasal kullanımla yapılan ağartmada çoğunlukla oksitleyici ağartıcılar kullanılır.

Ağartma etkisinin derecesi ağartıcının cinsine, konsantrasyonuna, yıkama veya durulama işlemi sırasındaki uygulama süresine, yıkama sıcaklığına, ağartılacak kirin cinsine ve ağartılacak tekstil yapısına bağlıdır.

Deterjan yapısındaki bu maddelerin yanında, kullanılmadıkları zaman büyük sorunlar oluşturabilecek, her biri farklı bir amaca yönelik “Yardımcı Maddeler” kullanılmaktadır. Bunlar; kirin uzaklaştırılmasına yardımcı olan enzimler, tekstil yüzeyinden uzaklaştırılan kirlerin tekrar yapışmasını önleyici maddeler, köpük düzenleyiciler, korozyon inhibitörleri, beyazlatıcılar, parfüm ve boyar maddelerdir.

Deterjanın akıcılığını ve çözünürlüğünü arttırmak, makina içinde tortu halinde kalmasını engellemek amacıyla çeşitli dolgu malzemeleri kullanılmaktadır. İnorganik tuzlar ve sodyum sülfat bu amaçla en yaygın olarak kullanılan dolgu malzemeleridir.

3.1.3 Su

Yıkama işleminde suyun en belirgin etkisi çözücü özelliğidir. Deterjan ve kir içinde bulunabilen çözünebilir tuzlar için iyi bir çözücü olması ve yüzeyden uzaklaştırılan kir için taşıyıcı ortam görevi görmesi nedeniyle yıkama işleminin aktif bir bileşenidir.

Yıkama işlemi, kirli tekstilin deterjanlı çözelti tarafından ıslatılması ve yüzeye nüfuz etmesi ile başlamaktadır. Ancak başlangıçta suyun yüzey gerilimi (72mN/m) çok yüksektir ve bu nedenle etkinliği düşüktür. Ortama ilave edilen deterjanın yapısında bulunan yüzey aktif madde etkisiyle yüzey gerilim değeri düşmekte ve suyun etkinliği artmaktadır [29].

Yıkama işleminde etkili olan bir diğer parametre ise su sertliğidir. Sertlik genel olarak, suda çözünen +2 değerlikli metal tuzlarının CaCO_3 cinsinden ifadesi olarak tanımlanmaktadır. Genellikle suda çözülmüş halde bulunan Ca^{+2} ve Mg^{+2} iyonlarının konsantrasyonları diğer sertlik yapan katyonlara (Ba, Al, Mn, Fe, vb.) göre çok fazla olduğundan, sudaki sertliğe pratik olarak sadece kalsiyum ve magnezyum tuzlarının neden olduğu kabul edilmektedir [29].

Su sertliği, suyun içerisinde bulunan iyonların toplam konsantrasyonu şeklinde farklı birimlerle ifade edilebilmektedir. Tablo 3.2 'de Alman ve Fransız sertlik derecelerine göre su sınıflandırılması gösterilmektedir.

Tablo 3.2: Sertlik Derecelerine Göre Suların Sınıflandırılması [33]

Su cinsi	Alman sertliği (°d)*	Fransız sertliği (°f)**
Çok yumuşak su	0–4	0–7
Yumuşak su	4–8	7–14
Orta sertlikte su	8–12	14–22
Oldukça sert su	12–18	22–32
Sert su	18–30	32–45
Çok sert su	> 30	> 45
* 1°d = 17.8 mg/L CaCO ₃ ** 1°f = 10 mg/L CaCO ₃		

Su sertliği suyun bulunduğu bölgeye göre değişkenlik göstermektedir. Yıkamada sert su kullanılması durumunda, makina aksamında kireç tabakası oluşmakta ve zamanla performansın düşmesine neden olmaktadır. Makina parçalarının (ısıtıcı, metal parçalar) ömrü azalmakta ve bakım masraflarını arttırmaktadır.

Sert suyla yıkama yapıldığında deterjan miktarı arttırılmakta, bu da durulama işlemini zorlaştırmakta su ve enerji sarfıyatı yaratmaktadır. Tekstil ürünleri üzerinde zamanla sertlik iyonlarının birikimiyle beyaz bir film tabakası oluşumu gerçekleşmektedir. Bu nedenlerle su sertliğinin yüksek olması yıkama işleminde istenmeyen bir durumdur.

3.1.4 Tekstil ürünü

Tekstilin türü yıkamayı doğrudan etkilemektedir. Yıkama programı bu türe göre seçilmekte, hazırlanan program bu türün karakteristik özelliklerine göre hareket etmektedir.

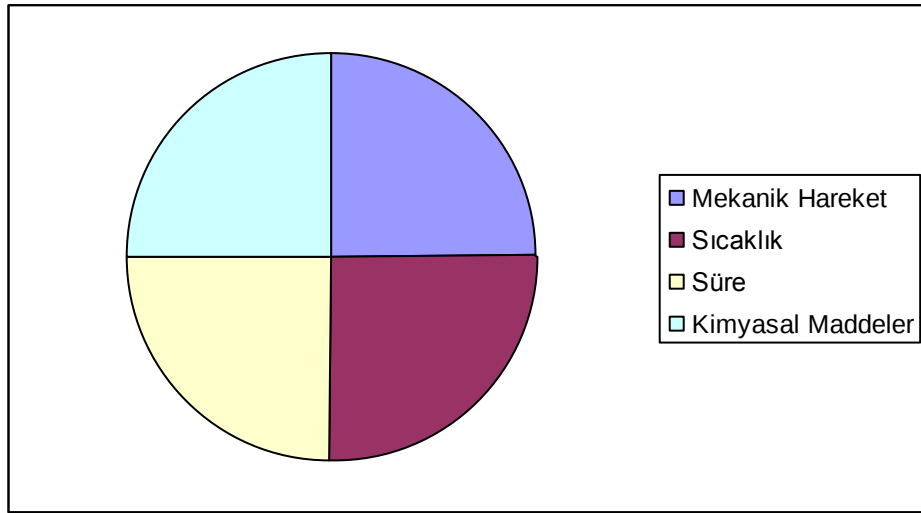
Yıkama işlemine tabi tutulacak tekstil türünün pamuklu, sentetik, yünlü yada karışık cinsten olması durumu, makina koyulabilecek maksimum yük miktarını, makinanın alması gereken su miktarını, çıkılabilecek maksimum su sıcaklığını, ve tambura verilecek hareketin karakteristiğini doğrudan etkilemektedir.

Tekstilin, türüne göre su geçirgenliği değişmekte ve verilen tambur hareketine göre yıpranması farklı olmaktadır. Tambur hareketinin neden olduğu mekanik hareketin yanında, tekstil yapısını oluşturan ipliklerin birbirine göre izafi hareketleri, liflerin iplik yapısındaki hareketleriyle sürtünme ve çarpma etkileri sonucunda lif yapısında hasarlar meydana gelebilmektedir. Bu da tekstil ürününün şeklinde ve büyüklüğünde,

kalınlığında değişimlere, tüylenme, boncuklaşma, keçeleşme gibi arızalara, ya da liflerin yayılması, ayrılması ve fibrillenmesi gibi hasarlara neden olabilmektedir. Bu durumların meydana gelmemesi için tekstilin türü, yıkama işleminin seçilebilmesi açısından oldukça önem taşımaktadır.

3.2 Yıkama Parametreleri

Yıkama işleminde, tekstil üzerindeki kirin yüzeyden koparılması ve uzaklaştırılmasında mekanik hareket, sıcaklık, uygulama süresi ve ortama ilave edilen kimyasal maddeler ana parametrelerdir. Şekil 3.1 'de bu parametrelerin ilişkisi gösterilmektedir [34].



Şekil 3.1: Yıkamada Ana Parametreler ve Birbirleriyle İlişkileri [34]

Bu parametrelerin birindeki artış ya da azalış diğer parametrelerin tümünün etki değerlerinde değişimlere neden olmaktadır [34].

3.2.1 Mekanik hareket

Mekanik hareket, makinanın tamburunda tekstil ürününün türüne göre yapılan dairesel hareketlerdir. Tekstil ürününün türü bu hareketlerin devrini ve her adımdaki uygulama sürelerini belirlemektedir. Pamuklu bir kumaş ile sentetik kumaşın yıkandığı veya sıkıldığı devir sayıları birbirinden farklıdır. Yıkama sırasında tamburun sağa ve sola dönme süreleri farklıdır. Bu fark tekstile zarar verilmemesi açısından önem taşımaktadır.

Mekanik hareket tekstil ürünlerinin birbirine sürtünmesini, tambur içerisinde bulunan kanatçıklar sayesinde kaldırılan tekstilin düşerek tambura çarpmasını sağlamaktadır. Bu şekilde tekstil üzerinde çitileme etkisi oluşturulmaktadır. Tekstiller birbirleri üzerinde ve içinde akma ve düşme etkisine maruz kalmaktadırlar.

Yüksek devirlerde sıkıştırma, düşük devirlerde karıştırma ve dağılma etkilerine maruz kalmaktadırlar. Bu şekilde tambur içerisinde homojen olarak dağılabilen tekstil ürünleri eşit oranda temizlenebilmektedirler. Ayrıca dağılma etkisi sayesinde sıkma işlemine geçildiğinde dengesiz yük dağılımı önlenerek sessiz ve yüksek devirlerde sıkma işlemi gerçekleştirilebilmektedir.

3.2.2 Sıcaklık

Sıcaklık yıkama işlemindeki önemli parametrelerden biridir. Yüksek sıcaklıklar yıkama performansı açısından istenmesine rağmen, enerji tüketimini arttırdığı için tercih edilememektedir.

Sıcaklığın, kiri yumuşatma, etkilerin reaksiyon hızını artırma, difüzyon hızını artırma, viskoziteyi azaltma gibi önemli etkileri bulunmaktadır. Tekstil ürününün türüne göre belirlenen sıcaklık, deterjan bileşenlerinin de etkilerini belirlemektedir. Deterjanın yapısındaki maddeler, bazı sıcaklıklarda etki gösterebiliyorken, bazı sıcaklıklarda etkili olamayabilmektedirler.

Yüksek sıcaklıklara çıkılması durumunda tekstilde çekme, boya transferi, kırıma gibi hasarlar da meydana gelebilmektedir.

3.2.3 Süre

Yıkama işleminde uygulama süresi tüm etkiler için gerekmektedir. Yeterli süre verilmediğinde uygulanan etkinin bir faydası olmamakta, makinadaki tekstilin bütünü üzerinde homojen bir etki gösterememektedir.

Sürenin uzatılması ise yıkama performansını arttıracak halde tekstil üzerinde yıpranmaya, kalıcı hasara neden olabilmektedir. Özellikle mekanik hareketin etkili olduğu sıkma adımlarında tekstil ürününün türüne göre, sürenin fazla olması durumunda zararlı etkiler görülmektedir.

3.2.4 Kimyasal maddeler

Yıkama ortamına ilave edilen deterjanın kirlerin temizlenmesinde etkin bir rolü bulunmaktadır. Deterjanın, içerdği kimyasal maddelerle kiri yüzeyden ayırarak uzaklaştırma kabiliyeti bulunmaktadır. İçerdği ağartıcı maddeler vasıtasıyla grileşme etkilerini azaltmaktadır. Ancak ortama yüksek miktarda kimyasal madde verilmesi, içeriğindeki ağartıcı oranına göre, tekstil hasarını arttırabilmektedir.

Fazla miktarda deterjan ilavesi çamaşır makinasında aşırı miktarda köpük oluşumuna neden olacağından hem durulamayı güçleştirmekte hem de mekanik hareketin faydalarından biri olan çitileme etkisini ortadan kaldırmaktadır.

Bütün bu parametrelerin optimum oranda kullanılmasıyla, tekstile zarar verilmeden, yıkama işlemi gerçekleşmektedir. Örneğin sıcaklığın arttırılmasıyla yıkama performansı artarken, grileşme etkisinde ve tekstil ürününde oluşan hasarda da artış olmaktadır. Mekanik hareketin arttırılmasıyla yıkama performansı artarken, tekstil ürününde oluşan hasar da artmaktadır. Bu yüzden seçimlerin optimum oranda yapılması hem performansı arttırmakta hem de tekstil ürününe verilecek zararı önlemektedir.

3.3 Yıkama Performansı Ölçüm Standardı

Avrupa ülkelerinde ve ülkemizde, üreticilerin çamaşır makinalarının yıkama performansını ve enerji tüketimini karşılaştırabilmeleri ve bu doğrultuda performansı arttırıp, tüketimlerini en aza indirerek rekabeti arttırmaları açısından Avrupa Birliği ülkeleri tarafından kabul edilen bir standart uygulanmaktadır [35].

Hazırlanan bu standarda göre yıkama işlemi, ön yıkamasız pamuklu 60 °C programında, özel kir şeritleriyle, belirlenen yüklerin tarif edilen yükleme şeklinde ve IEC – A tipi deterjan kullanılarak yapılmaktadır.

Kullanılan kir şeritleri standartta belirtilen üretici firmalardan (EMPA – WFK) temin edilen özel hazırlanmış kirlerdir. Bir kir şeridinde dört farklı kir tipi bulunmaktadır; şarap, kan, kakao ve karbon siyahı. Şekil 3.2 ‘de bu şeritlerden biri gösterilmektedir.



Şekil 3.2: Deneysel Çalışmalarda Kullanılan Kir Şeridi

Her kir yıkama adımının belli parametrelerinden etkilenmektedir. Bu şekilde yıkama işleminin hangi parametresinin ne kadar başarılı olduğu ve performansı belirlenmektedir. Tablo 3.3 'de bu kirler ve etkilendikleri parametreler belirtilmektedir.

Tablo 3.3: Kir Şeridi Üzerinde Bulunan Kir Tipleri ve Etkilendikleri Parametreler [36,37]

Yıkama Parametresinin Etkisi	Kir Tipleri			
	Şarap	Kan	Kakao	Karbon Siyahı
Protein enzimi etkisi		√		
Ağartıcı etkisi	√			
Organik pigment giderimi			√	
Soğuk yıkama		√		
Sıcaklık	√			
Deterjan Aktivitesi			√	√
Su miktarı		√		
Mekanik hareket				√

Makinaların yıkama performanslarının belirlenebilmesi ve karşılaştırılabilmesi için kir şeritleri üzerindeki farklı kir tiplerinin yansıtma değerleri ölçülmekte ve her kir türü için ölçülen yansıtma değerleri toplanarak o makinanın yıkama performansı belirlenmektedir. Ölçülen bu sonuçlar, referans makinanın sonuçlarına oranlanarak çamaşır makinasının yıkama performansı sınıfı bulunmaktadır [38].

Yıkama sonuçlarının kıyaslandığı referans makina olarak “Wascator” ticari çamaşır makinası kullanılmaktadır. 5 kg yıkama kapasitesi ve 65 lt iç hacme sahip bu makina, yaklaşık 100 lt su ve 1.8 kWh/kg enerji tüketmektedir.

Testlerde kullanılan su sıcaklığı (15°C), sertliği (15 Alman sertliği) ve pH (7.5) derecesi bu standartlarda belirtildiği gibi alınmalıdır. Çamaşır makinasının içinde

bulunduğu ortamın da standartta belirtildiği gibi, 23⁰C ve %55 bağıl nemde şartlandırılmış olması gerekmektedir.

Oranlanan yıkama performans değerine göre çamaşır makinasının gireceği yıkama performansı sınıfı Tablo 3.4 'de gösterildiği gibi belirlenmektedir.

Tablo 3.4: Pamuklu 60°C Standart Prosedürde Uygulanan Yıkama İçin Performans Sınıfları [35]

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

Bu sınıflandırmaya göre makinaların enerji tüketim sınıfları, yıkama performansı indeks sınıfları ve sıkma verimi sınıfları belirlenmektedir. Makinanın üzerine yapıştırılan etikette bu sınıflandırmalardan enerji tüketimi sınıfı renkli bloklarla belirtilmektedir.

Bu sınıflandırmada “A” en düşük enerji tüketimini, en iyi yıkama performansını veya en iyi sıkma verimini göstermektedir. “G” harfine gidildikçe sınıflandırma değerleri kötüleşmektedir.

4. ALTERNATİF YIKAMA METOTLARI

Çamaşır makinalarında uygulanabilecek alternatif yıkama metotları; elektrolizle yıkama, elektrik alan ve mikrodalga destekli yıkama, ozonla yıkama, karbondioksitle yıkama, buharla yıkama, ultrasonik yıkama, vakumlu yıkama, seramik toplanla yıkamadır. Bu metotlar, gösterdikleri etkiye göre yıkamada bazı etkilerin yerini alabilmektedirler.

4.1 Elektrolizle Yıkama

Elektrik akımı yardımıyla iyonik bağılı bileşikleri elementlerine ayırma işlemine elektroliz denilmektedir. Elektrolizle bir reaksiyonun istenilen doğrultuda gerçekleştirilmesi sağlanmaktadır.

Elektrolizle yıkamada, kullanılan elektrolite göre üç farklı yöntem izlenmektedir;

- Suyun elektrolizi
- Sodyum klorür elektrolizi
- Sodyum karbonat elektrolizi

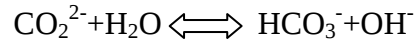
Suyun elektrolizinde anotta oksijen, katotta hidrojen açığa çıkmaktadır ve açığa çıkan hidrojen oksijenin iki katı hacme sahiptir. Bu elektroliz sonucu üretilen oksijenin ağartıcı etkisinden yararlanılmaktadır.

Sodyum klorür elektrolizinde klor açığa çıkmaktadır. Oda sıcaklığında sarı-yeşil renkte olan klor, zehirli bir gazdır. Bakterilere öldürücü olarak etki etmesi nedeniyle dezenfeksiyon amaçlı olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra ağartıcı etkisi nedeniyle çamaşır makinası deterjanında, kağıt ve tekstil sanayinde, haşere öldürücü ilaç imalatında, organik ve inorganik kimyasal üretimi gibi çok değişik alanlarda kullanılmaktadır. Ancak suya klor ilavesi ile kanserojen maddeler gibi zararlı maddeler meydana gelebileceği için son yıllarda klorla dezenfeksiyona alternatif yöntemler geliştirilmektedir.

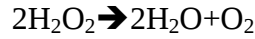
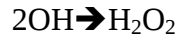
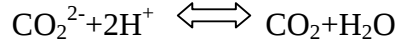
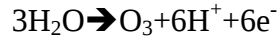
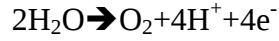
Ağartılabilir kirlerin temizlenmesi ve dezenfeksiyon amaçlı olarak çamaşır ve bulaşık makinalarında yıkama işlemlerinde kullanılabilen klor gazı yaygın olarak tuz çözeltilerinin özellikle sodyum klorürün elektroliziyle elde edilmektedir.

Sodyum karbonat elektroliziyle temizleme yönteminde, sodyum karbonat 5V DC 25A özel katalitik elektrotlar vasıtasıyla elektroliz edilmektedir. Elektroliz sonucunda anotta; sodyum, hidroksit, karbondioksit, bikarbonat, karbonat, oksijen, ozon, peroksit, katotta ise hidrojen, hidroksil, peroksit, hidroperoksit açığa çıkmaktadır. Elektroliz sonucu açığa çıkan ozon, peroksit, hidroperoksitler dezenfeksiyon ve ağartıcı etki göstermekte, hidroksil ise alkali ortam oluşturmaktadır. Oluşan kimyasal reaksiyonlar şu şekilde gösterilmektedir;

Sudaki kimyasal denge:

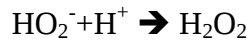
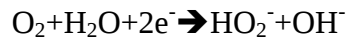
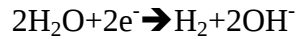


Anotta oluşan reaksiyonlar;



(Ürünler; Na^+ , OH^- , CO_2 , HCO_3^- , CO_3^{2-} , O_2 , O_3 , H_2O_2 ...)

Katotta oluşan reaksiyonlar;



(Ürünler; H_2 , OH^- , HO_2 , H_2O_2 ...)

Bu şekilde elde edilen elektroliz ürünleri; oksijen, ozon, klor, hipoklorit, hidrojen peroksit gibi kimyasallar, çay, ketçap, meyve suları, çimen gibi ağartılabilir kirlerin temizlenmesinde ve hijyen amaçlı olarak kullanılabilmektedir.

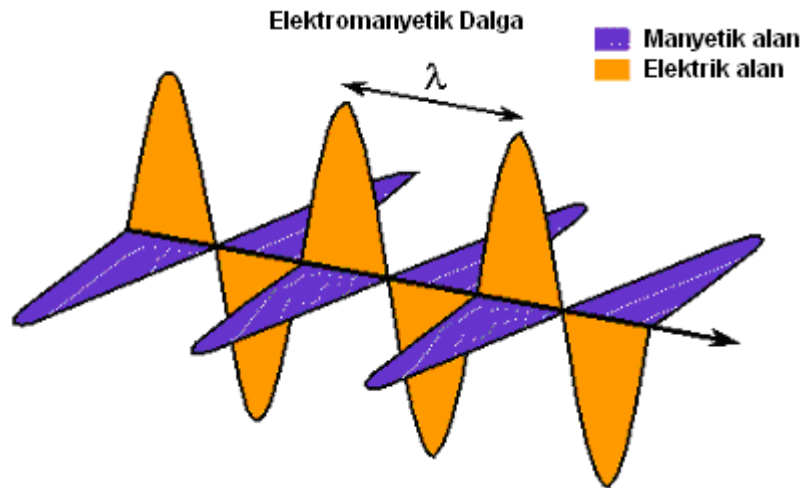
4.2 Elektrik Alan ve Mikrodalga Destekli Yıkama

Sıvı ve gaz molekülleri her türlü kap içerisinde moleküler yapıda rahatça hareket eden bir yapıda bulunmaktadır. Su molekülleri de normal koşullar altında sürekli etkileşim halindedir, su yapısında bulunan her molekül sürekli olarak hareket eder ve döner.

Pozitif ve negatif kuvvet dengesinden dolayı kutupsal bir yapıya sahip olan su molekülü, pusulanın mıknatıstan etkilenmesi gibi, oluşturulan elektrik alandan da etkilenmektedir. Elektrik alan, su molekülleri üzerinde elektrik kuvveti oluşturmakta ve onları aktifleştirmektedir.

Polar yapıda olan su molekülünde oksijen atomu negatif, hidrojen atomu pozitif özellik göstermekte ve molekülde kutupsallaşma yaratmaktadır. Bu şekilde su molekülü elektrik alanda oluşan kuvvetlere tepki vermek durumunda kalmaktadır.

Sürekli değişen bir elektrik alanda kuvvet yönü de değişmekte ve su molekülleri bu yönlere göre etki altına girmektedirler. Bu sırada hızları ve hareketleri artan moleküller, sürekli olarak birbirlerine çarparak etkileşimi yaymakta ve birbirlerinin hareketlerini hızlandırmaktadırlar.



Şekil 4.1: Elektrik Alan ve Manyetik Alan İlişkisi [4]

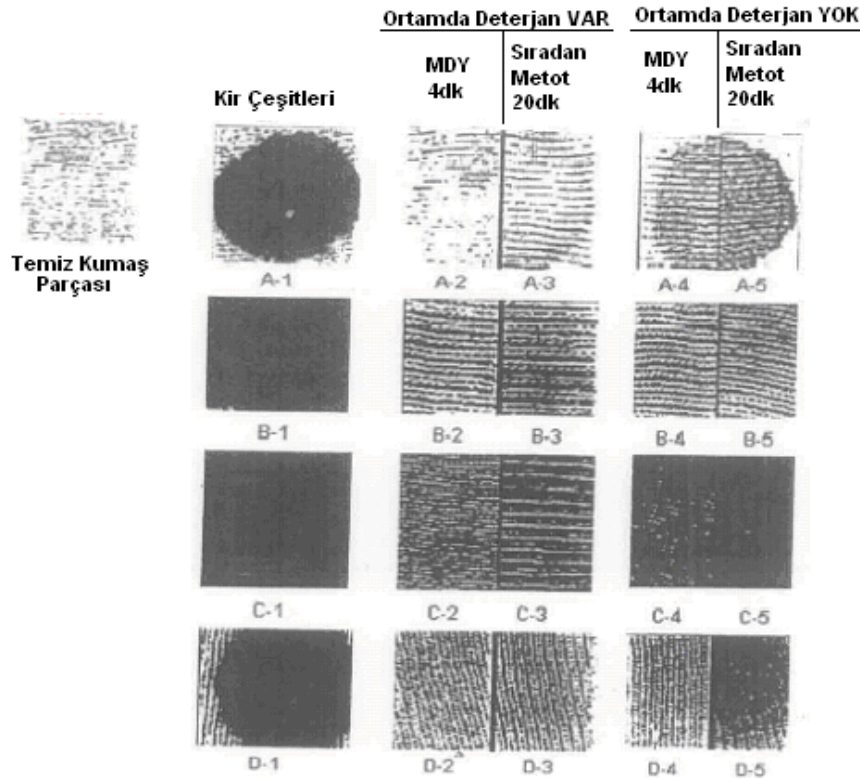
Yıkama işleminde kullanılan suyun yüzey geriliminden ve sertliğinden dolayı fazla deterjan tüketilmekte ve çözünmenin tam gerçekleşmemesinden dolayı bu deterjan aktif olarak kullanılmadan tahliye suyuyla makinadan atılmaktadır. Bu nedenle hedeflenen yıkama performansına ulaşılamamaktadır.

Elektrik alan uygulanan suyun molekülleri arasındaki etkileşimi arttığundan, yüzey gerilimi düşmekte, deterjanın çözünürlüğü artmaktadır. Kirlerin yüzeyden uzaklaştırılması kolaylaşmaktadır. Deterjanın ortama verdiği yüzey aktif madde etkisini arttırmaktadır. Bu da deterjan tüketimini, yıkama maliyetini ve en önemlisi çevresel kirliliği azaltmaktadır.

Bir çeşit elektromanyetik dalga olan ve yapısında elektrik alan oluşturan mikrodalga üzerine, Chen ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada [10], pamuklu kumaş parçaları üzerine hazırlanan kirlerden sürülerek farklı parametreler altında bu kumaşların mikrodalga etkisi altında temizlenmesi incelenmektedir.

Çalışmada yıkamayı etkileyen parametreler; mikrodalga gücü, uygulama süresi ve toplam yıkama süresi olarak belirlenmektedir. Deneyler farklı değişkenlerin sabitlenmesiyle tekrarlanmaktadır.

Hazırlanan kirli kumaş parçaları, 4 dakikalık MDY ve 20 dakikalık sıradan yıkama işlemlerine tabi tutularak sonuçları karşılaştırılmaktadır. Aynı deney, ortamda deterjan olması ve olmaması durumların tekrarlanmakta ve sonuçları Şekil 4.2 'de gösterilmektedir.

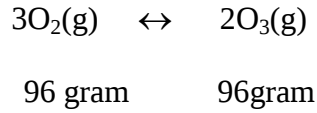


Şekil 4.2: MDY ve Sıradan Metotla Yıkama Sonuçlarının Karşılaştırılması [10]

Çalışmalarında yıkamayı etkileyen bu faktörler, mikrodalga gücü, uygulama süresi, ve toplam yıkama süresi detaylı olarak incelenmiş, deneyler farklı değişkenlerin sabitlenmesiyle tekrarlanmıştır. Çeşitli lekeler için, 4 dakikalık MDY, 20 dakikalık sıradan yıkamalardan daha iyi sonuçlar vermiştir. Her iki yıkama için de kir olarak kan, çimen ve mürekkep kullanılmıştır. Sonuçlara bakıldığında, sıradan yıkamalarla aynı sonucu elde edebilmek için MDY da çok az miktarda deterjan gerekmektedir. Daha fazla güç ve uzun uygulama süreleri MDY etkisini artırmaktadır.

4.3 Ozonla Yıkama

Ozon oksijenin bir allotropu olup, aralarındaki mevcut bir takım farklar ozonun molekül yapısının kompleksliğinden kaynaklanmaktadır. Oksijen (O₂) diatomik ve ozon (O₃) triatomik molekül yapısı halinde tabiatta bulunan kimyasal bileşiklerdir. Benzerliklerinin sebebi hiç kütle değişimine uğramadan birinin diğerine dönüşebilmesidir.



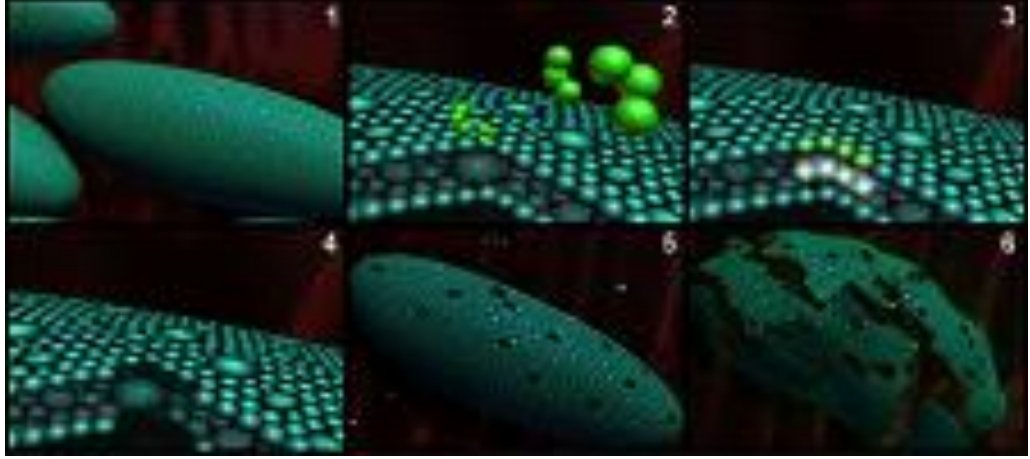
Ozon iki atomlu atmosferik oksijenin yüksek enerji taşıyan şeklidir. Daha aktif olduğundan, bilinen oksitleyiciler arasında en etkili olanıdır. Çok güçlü okside etme ve çok etkili dezenfekte etme özelliği sayesinde, içme suyu ve kullanma suyu hijyen, mikrop öldürme amaçlı olarak kullanılmaktadır [34].

Ortamda bulunan saf oksijen molekülünün bir enerji ile parçalanıp, kopan oksijen atomunun başka bir oksijen molekülüyle birleşmesiyle üç atomlu ozon molekülü oluşmaktadır. Kararsız ve yüksek enerjili ozon molekülü fazla olan oksijen atomuyla kire oksitlemekte ve zararsız hale getirmekte ve tekrar saf oksijeni oluşturmaktadır [34, 39]. Şekil 4.3 'de bu adımlar gösterilmektedir.



Şekil 4.3: Aktif Ozonun Kiri Oksitlemesi [4, 39]

Ozonun bakteriler üzerindeki etkisi ise Şekil 4.4 'de gösterilmektedir. İlk resimde bakterinin genel şekli gözükmemektedir. İkinci resimde ozon moleküllerinin bakterinin dış yüzeyine doğru ilerleyişi ve sonrasında yüzeyde bir delik açarak içeri girişleri gösterilmektedir. Dört ve beşinci resimlerde hücre duvarındaki ozon etkisi, son resimde ise parçalanmış haldeki bakteri hücresi gösterilmektedir.



Şekil 4.4: Ozonun Bakteri Üzerindeki Etkisi [4]

Ozon, 1840 yılında Alman kimyacı Christian Friedrich tarafından keşfedilmiştir. Oda sıcaklığında renksiz, karakteristik kokusu olan ve $-111,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ de kaynayan yüksek oksitleme özelliğine sahip bir gazdır. Yere yakın seviyelerde 10 milyon hava partikülü başına bir partikül ozon ($0,1\text{ ppm}=200\text{ }\mu\text{g/m}^3$) konsantrasyonlarında duman şeklinde bulunmaktadır. Yükseklerle çıkıldıkça atmosferdeki miktarı daha da azalmaktadır [4].

Ozon, başlıca içme suyu temizleme işlemlerinde, havayı ve atık gazların pis kokusunu gidermede, kandillerin, yağların lekelerini çıkarma ve beyazlatma işlemlerinde, tekstil sanayinde ağartma amaçlı kullanılmaktadır [34].

Ozonun oksijenden elde edilebilmesi için iki metot bulunmaktadır. Bunlar; elektriksel deşarj metodu ve fotokimyasal metottur [40, 42].

Fotokimyasal metotta, ultraviyole etkiyle ozon elde edilmektedir. Güneşten gelen yüksek enerjili ultraviyole radyasyonunun (görünür ve uzun dalga boylu) etkisiyle atmosferdeki oksijen molekülü (O_2) parçalanarak, serbest oksijen atomu haline dönüşmektedir. Serbest haldeki oksijen atomları (O) yine ultraviyole radyasyonunun etkisiyle oksijen molekülüyle (O_2) birleşerek ozon molekülünü (O_3) oluşturmaktadır. Yüksek enerjili ultraviyole radyasyonu (UV) ozonun hem oluşumunda, hem de

parçalanmasında tek başına etken bir rol oynamaktadır. Bu yöntemde güneş enerjisi yerine bir UV lamba da kullanılabilir [40, 42].

Elektriksel deşarj metodunda ise, iki levha arasında bir ark oluşturularak, saf oksijenin yada havanın buradan geçmesi sağlanmakta ve ark sırasında açığa çıkan enerji ile oksijen molekülleri ozon moleküllerine çevrilmektedir [40,42].

Bu iki yöntem de ozon üretiminde kullanılabilir, ancak fotokimyasal metotla üretilen ozon konsantrasyonu maksimum % 0,25 kadardır, bu ise su uygulamaları için yetersiz bir değerdir. Bu yüzden elektriksel deşarj yöntemi tercih edilmektedir. Verimi arttırmak için levhalar arasından saf oksijen geçirilebilir, ancak bu da maliyeti arttıracığı için genellikle hava tercih edilmektedir. Geçirilen havanın sabit rejimde, düşük sıcaklıkta ve kuru hava olması istenmektedir.

Ozon ve oksijen, aynı atomdan meydana gelmelerine rağmen farklı özellikler göstermektedir. Bu özellikleri Tablo 4.1 'de karşılaştırılmaktadır. Tablo 4.2 ve Tablo 4.3 'de ise ozonun gaz halde ve suda çözünmüş halde yarılanma ömrü verilmektedir.

Tablo 4.1: Ozon ve Oksijenin Karşılaştırılması

	Ozon	Oksijen
Molekül Formülü	O ₃	O ₂
Molekül Ağırlığı	48	32
Renk	Çok açık mavi	Renksiz
Koku	Kendine Has kokusu var	Kokusuz
Sudaki Çözünürlük (@ 0°C)	0.64	0.049
Yoğunluk (g/cm ³)	2.144	1.429
Elektrokimyasal potansiyel(V)	2.07	1.23

Tablo 4.2: Ozonun Gaz Fazında Yarılanma Ömrü

Sıcaklık (°C)	Y. Ömrü
-50	3-ay
-35	18-gün
-25	8- gün
20	3- gün
120	1.5-saat
250	1.5- saniye

Tablo 4.3: Ozonun Gaz Fazında Yarılanma Ömrü

Sıcaklık (°C)	Y. Ömrü
15	30-dakika
20	20- dakika
25	15- dakika
30	12- dakika
35	8- dakika

Tablolardan da görüldüğü gibi, yüksek enerjili bir bileşik olan ozonun yarılanma ömrü oldukça kısadır. Depolanması çok zordur ve uygulamalarında, kullanım noktasına yakın bir yerde üretilip, çok kısa bir süre içerisinde de kullanılması gerekmektedir.

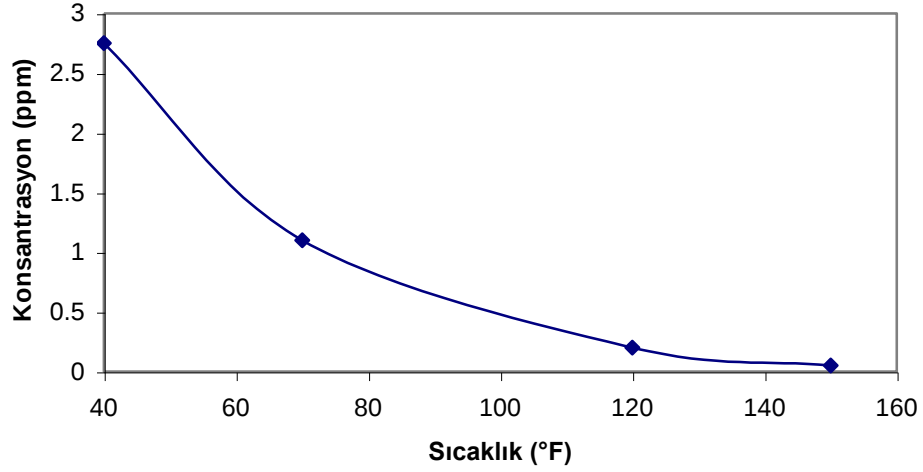
Ozon, sulu çözeltilere gaz karışımı içerisinde beslenmektedir. Ozon jeneratörleriyle üretilen ozon gazı, sulu çözeltiye difüzer yardımıyla, küçük baloncuklar şeklinde verilmektedir. Bu şekilde ozon – su ara yüzeyi artırılarak geçişin artırılması amaçlanmaktadır [41].

Çamaşır makinası uygulamalarında, havadan elektriksel deşarj metoduyla üretilen maksimum ozon miktarının % 2 olduğu belirtilmektedir [42]. Bu durumda suda oluşan kabarcık % 2 ozon, % 21 oksijen ve % 76 azot gazı içermektedir.

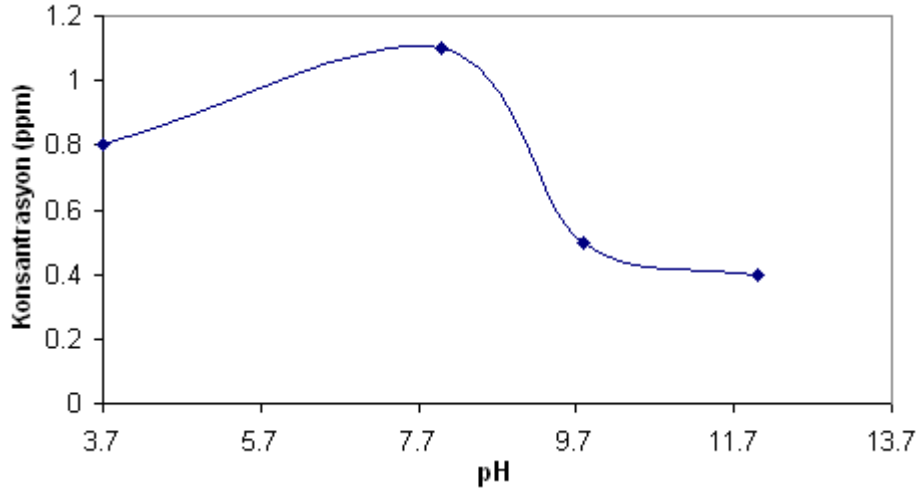
Çözelti içinde çözünen ozon etkinliği pek çok faktöre bağlıdır. Bu faktörler:

- Üretilen ozon miktarı
- Çözelti içinde ozonla reaksiyona giren bileşenlerin miktarı. (çözeltide çözülmüş bulunan maddeler ile ozon hızlı tüketildikçe, ozon transfer etkinliği artmaktadır)
- Çözeltinin sıcaklığı
- Çözeltinin pH değeri
- Gaz karışımı
- Kabarcık boyutu
- Kir tipi ve seviyesi
- Deterjan içeriği (yapıcı madde çeşidi, yüzey aktif madde konsantrasyonu)
- Gaz atmosfere verilmeden su ile kabarcığın temas süresi

Sulu çözeltilerde ozon ve oksijenin çözünürlüğü sıcaklık arttıkça azalmaktadır. 20°C’de nötr çözeltilerde 21 ppm ozon suda çözünebilmektedir. 60 °C’de ise ozonun suda çözünürlüğü yaklaşık olarak sıfırdır. “Ecolab” firmasının araştırmalarına göre, Şekil 4.5’te pH değerinin 8.5 olduğu bir çözeltide ozonun sıcaklıkla çözünürlük değişimi, Şekil 4.6’da ise 70 °F sıcaklık değerinde ozonun, çözeltinin pH değeri ile çözünürlük değişimi verilmektedir [42].



Şekil 4.5: Ozonun Sıcaklıkla Çözünürlük Değişimi [4, 42]



Şekil 4.6: 70°F Sıcaklık Değerinde Ozonun Çözeltinin pH Değeri İle Çözünürlük Değişimi [4, 42]

Şekil 4.6 ‘da görüldüğü gibi, kararlı hal koşullarında çözeltide en yüksek konsantrasyon pH 7-8 değerleri arasında elde edilmektedir. Alkali ortamda ozonun

yarılanma süresi kısaltmakta ve suda elde edilecek ozon konsantrasyonu azalmaktadır.

Ozonun yıkama etkinliğini deterjan bileşenleri de etkilemektedir. Karbonatlar gibi alkali maddeler ozonun kararlılığını arttırırken, fosfatlar ozonun ayrışma hızını arttırmaktadır. Suda ozon varlığı anyonik ve noniyonik yüzey aktif maddelerin bozunmalarını hızlandırmaktadır.

Ozon – hava karışımı yıkama ortamına gönderildiğinde, ozonun çoğu suda çözünmemektedir. Çözünemeyen gaz karışımı ortam havasına eklenerek, yıkama suyuna ilave edilen ve hava – su ara yüzeyine difüze olan yüzey aktif maddenin, yaklaşık 10 dk içerisinde, henüz kirle temas etmeden % 25–60 ‘ına zarar vermektedir [42].

Ozon, çay, ke  ap, meyve suları,   imen gibi ağartılabilir kirlerin temizlenmesinde ve hijyen amaçlı olarak kullanılmaktadır. Ozonun sıcaklıkla azalan kararlılığından dolayı çamaşır makinasında sıcaklığın düşük olduğu ve deterjansız adımlarda uygulanmaktadır.

4.4 Karbondioksitle Yıkama

Karbondioksit, su içerisinde kolayca     nerek hafif asidik bir solüsyon meydana getirmektedir. Bu yüzden genellikle mineral asitlere katılan suyun asiditesini ayarlamak için kullanılmaktadır.     nebilirli  i sayesinde bütün sıvıların içinde köpük oluşması için seçilen bir üründür.

Havadan ağır, renksiz ve kokusuz bir gazdır, atmosferik basınçta katı hale dönüştürülebilmekte, basınç altında ise sıvı olarak bulunmakta ve basınçlı tüplerde muhafaza edilmektedir. Kimyasal olarak asidiktir. Suda     nebilmekte, yanmayı desteklememektedir.

Bir çok temizleme uygulamasında, fiyat – performans bakımından, istenmeyen çevresel etkiler açısından ve metot – uygulama yöntemi açısından, kloroflorokarbon bileşikler, uçucu organik bileşikler, perkloretilen, trikloreten, metil etil keton gibi organik temizleme     c  lerine alternatif olarak kullanılmaktadır. Amerika   evresel Koruma Dairesi, karbondioksiti iyi huylu alternatif bir temizleme kimyasalı olarak tanıtmakta ve net hiçbir global ısınma yada zarara yol a  madı  ını belirtmektedir.

Temizleme dışında, gıda sektörü, yangın söndürme cihazları, alkali nötralizasyonu, atık iyileştirme, kalıp ayarları, bitki yetiştirme, meşrubatlar, deodorant ve odorantlarda taşıyıcı gaz olarak kullanılmaktadır.

Karbondioksitin yıkama uygulamalarında kullanımı ise şu şekilde gerçekleşmektedir; tekstil ürünlerinde lif yapısı içerisinde tekstilin cinsine göre çeşitli büyüklüklerde boşluklar bulunmaktadır, yıkama sırasında temizleyici akışkan, yani su, bu boşluklara girerek liflerin üzerindeki kirleri buradan uzaklaştırmak durumundadır. Ancak bu boşluklar arasında hava kaldığından suyun bu hacimlere girmesi zorlaşmış, hatta engellenmiş olmaktadır. Bu hacimlerde suyun içerisinde çözünebilen bir gazın olması ve hacmi dolduran bu gazla suyun – içinde çözünerek – yer değiştirmesi sağlanarak, suyun ve deterjanın tekstil üzerindeki etki yüzeyinin artırılması ve dolayısıyla yıkama performansının artırılması hedeflenmektedir.

Karbondioksitle yıkama, standart yıkamada tambur hareketiyle meydana getirilen mekanik hareket etkisini, tekstil üzerindeki boşlukları doldurarak ve daha sonra yerini yıkama sıvısına bırakarak meydana getirmektedir. Bu şekilde tekstili ıslatma daha başarılı bir şekilde gerçekleştirilmektedir.

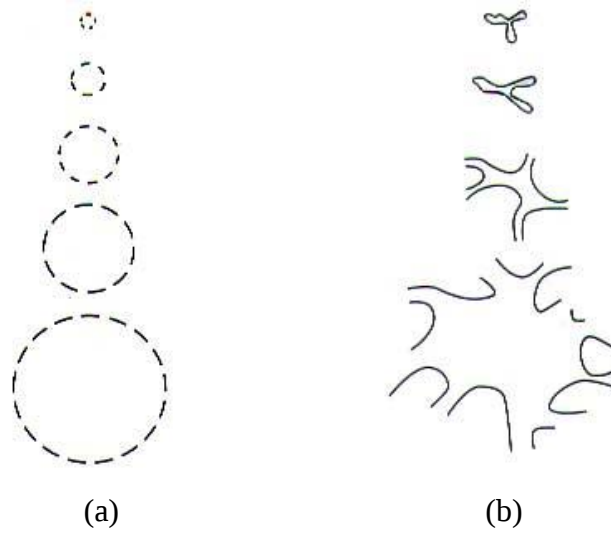
4.5 Buharla Yıkama

Yıkama işlemlerinde buhar kullanımı bulaşık makinalarında yıkama işleminin süresinin kısaltılması ve nişasta gibi temizlenmesi zor kirlerin daha etkin temizlenmesinin başarılması amacıyla, çamaşır makinalarında ise yıkamadan çok, kırıksık azaltma amacıyla kullanılmaktadır. Yapılan kaynak araştırmasında konuyla ilgili çok az bilgi edinilebilmiş, daha çok patent çalışmalarına ulaşılabilmektedir.

4.6 Ultrasonik Yıkama

Ses dalgaları pozitif ve negatif basınçların oluşturduğu sıkışma ve genişlemelerden meydana gelmektedir. Sıvı, sıkışmalara kolayca dayanabilmekte, ancak basıncın aniden düşmesiyle oluşan genişlemeyle sıvı içerisinde çok küçük çapta, bir boşluk meydana gelmektedir. Bu boşluğu sıvıda çözünmüş olarak bulunan gaz doldurarak bir kabarcık meydana getirmektedir. Ultrasonik yıkama, bu şekilde yüksek frekansta (25 kHz - 170 kHz) oluşturulan milyonlarca negatif basınç yüklü, vakum enerjisi içeren mikroskobik hava kabarcığının kirli yüzeylere çarparak patlaması (kavitasyon)

sayesinde yağ, karbon, kireç, kan, doku vs. gibi kirlerin süratle yüzeyden uzaklaştırılması işlemidir.



Şekil 4.7: (a) Pozitif Basınç Yüklü Düşük Enerjili Kabarcık (b) Negatif Basınç Yüklü Yüksek Enerjili Kabarcık

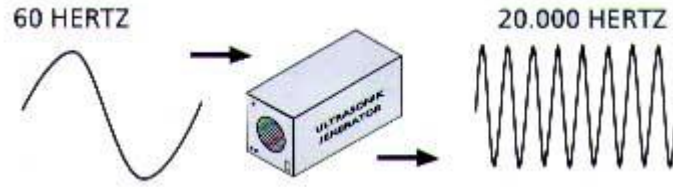
Bazı atıklar çözünmeden, iyonik ve kohesif kuvvetlerle yüzeylere bağlanmaktadır. Bu partikülleri yüzeyden ayırmak için bu kuvvetleri yenmek yeterli olmaktadır. Ultrasonik aktivitenin sonucu olan kavitasyon, bu kuvvetleri yenecek etkiyi oluşturmakta ve partikülleri yüzeyden alarak, uzaklaştırmaktadır.

Temizlenen yüzeylerde birçok girinti, çıkıntı ve boşluk bulunabilmektedir. Ultrasonik yıkamayla, oluşturulan küçük çaplı kavitasyon kabarcıkları iç yüzeylere kadar girerek temizleme işlemini gerçekleştirmektedir.

Ultrasonik yıkama işleminde gereken dört temel eleman bulunmaktadır:

- a. Ultrasonik Jeneratör; 50–60 Hz civarındaki akımı, ultrasonik frekansa çeviren cihazdır. Jeneratörün verimini arttırmak için; kare dalga çıkışı, ultrasonik enerjiyi hızlı yada yavaş darbe etkisiyle açıp kapama, işlem yapılan frekans yakınlarında jeneratör frekansını sabitleme gibi çeşitli yollar kullanılabilir.
- b. Ultrasonik Modül (Transduserler); Ultrasonik modül, jeneratör tarafından üretilen elektrik enerjisini mekanik enerjiye, titreşime dönüştürmektedir. Su geçirmemekte ve içindeki transduseri muhafaza etmektedir. Şiddetli kavitasyon ve şok dalgalarına uzun süre dayanabilmesi, metal yorulmasına uğramaması için özel alaşımlı paslanmaz çelikten imal edilmektedir.

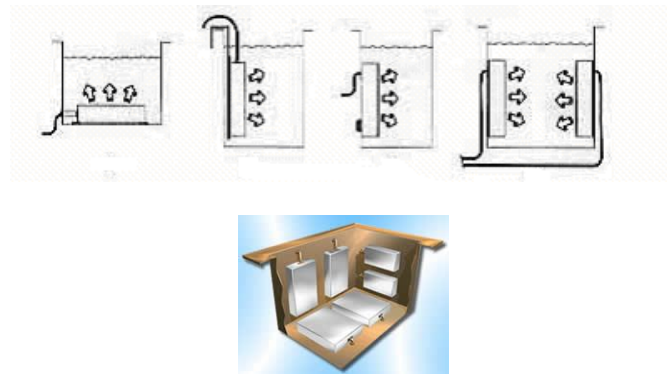
- c. Temizleme Çözeltisi; çözülecek olan kirlerin kimyasal ve fiziksel özelliklerine ve malzemenin tanımına göre seçilmektedir.
- d. Yıkama Tankı; transduserlerin yerleştirildiği temizleme işleminin gerçekleştirileceği hacimdir.



Şekil 4.8: Ultrasonik Jeneratörde Yüksek Frekansa Dönüştürme

Şehir şebekesine bağlanan ultrasonik jeneratör 50-60 Hz’lik akımı, ultrasonik frekanstaki elektrik enerjisine dönüştürmektedir. Elde edilen yüksek frekans dalgası transduserlere iletilmekte ve burada mekanik enerjiye, titreşime dönüştürülmektedir. Transduserler normal radyo hoparlörüne benzemektedir ancak hem daha yüksek frekansta çalışmakta hem de enerjiyi hava yerine sıvıya iletmektedir. Elde edilen bu mekanik enerji, sıvı içerisinde milyonlarca kavitasyon kabarcığının oluşmasını sağlamaktadır. Bu yüksek enerjili kabarcıklar kirli yüzeylere çarparak taşıdıkları enerjiyi açığa çıkarmakta, kir ile yüzey arasındaki bağı kopararak yüzeyi temizlemektedir.

Ultrasonik yıkamada yıkama tankının seçimi çok önem taşımamaktadır. Herhangi kapalı bir hazne kullanılabilir. Yıkama verimi açısından önemli olan, transduser tarafından üretilen kabarcıkların en etkin şekilde kirle temasını sağlamaktır. Bunun için hazne içerisindeki yerleşimleri önem taşımaktadır. Aşağıda Şekil 4.9 ‘da örnek transduser yerleşim şekli görülmektedir.



Şekil 4.9: Transduser Yerleşim Pozisyonları

4.7 Vakumlu Yıkama

Vakumla yıkama teknolojisinde amaç, karbondioksitle yıkamada olduğu gibi suyun ve deterjanın tekstil yapısındaki gözeneklere rahatça girmesini sağlayarak, yıkama verimini arttırmaktır. Bu teknikle kumaşların gözenekleri arasındaki hava vakum ile alınarak, tekstil yüzeyinin kolay ıslanabilir hale getirilmesi ve suyun yüzeye lülelerle düşulararak iletilmesi sağlanmaktadır. Bu şekilde kumaşlar daha kolay ıslandığı için çok daha az deterjan ve su ile temizleme sağlanmaktadır.

Vakumlu yıkamada dönel bir parça olmadığından, tamburlu makinalarda dönme sırasında oluşan sürtünmelerden kaynaklanan aşınma ve yıpranma oluşmamakta, tekstile verilen zarar minimuma indirilmektedir.

Vakumlu yıkamada ortamdaki hava alınarak sistemde vakum izolasyonu gerekeceğinden, üretim ve kullanım maliyetleri oldukça yüksektir.

4.8 Seramik Toplarla Yıkama

Seramik topraklar ilgili bilgiler daha çok üretici firmaların iddialarını kapsamaktadır. Genel kullanım amacı yıkamada sterilizasyon sağlamaktır. Sentetik değildirler, çevreyi ve suyu kirletmeden sentetik deterjanların oluşturduğu yüzey aktif madde etkisini sağlamaktadırlar [43].

Suya konduklarında, H_2O molekülleri, OH^- ile H^+ iyonlarına bölünmekte ve H^- iyonları ayrılmaktadır. H^- iyonları H^+ iyonlarını nötrleyerek zayıf alkali su meydana gelmekte ve oluşan bu etki YAM etkisiyle aynı etkiyi yaratmaktadır [43].

Hidroksil iyonlarına sahip su birçok (-) iyon ve çok küçük su molekölü taneciklerine sahiptir. Ayrıışan bu su molekülleri toz, leke, ağır metal elementleri, kötü koku, statik elektrik ve zararlı materyalleri engellemektedir. Ayrıca seramik topraklar, sahip oldukları anti bakteriyel maddelerle su içerisindeki bakterileri temizlemektedirler. Yapılan deneysel çalışmalar, “Escherichia Coli” bakterisi için % 92.6, “Pseudomonas Aeruginosa” bakterisi için % 43.7 başarıya ulaşıldığını göstermektedir [44].

Ayrıca bu küçük topraklar, deri üzerine ve sağlığa kötü etkileri olan statik elektriğı engellemektedir [43]. Kötü kokmamaktadırlar, hatta yazın seramik topraklar yıkanan çamaşırların ter gibi kötü kokuları taşımadığı belirtilmektedir. Seramik toprak (-)

değerlik taşıdıklarından, şebeke suyundaki kloru, ağır maddeleri ve zehirli karakterleri nötralize ederek etkisizleştirmektedir. Bu topların, ağartmayı güçlendirmek için doğal kaynaklardan ağartma maddeleri toplanarak üretildiği belirtilmektedir [4].

Üretici firmaların içeriğinde bulunan madde miktarına ve yıkama da gördüğü işleve göre sınıflandırdıkları bazı seramik top çeşitleri aşağıda belirtilmektedir [45].

- Tourmaline seramik top
- Alkali seramik top
- Magnetik seramik top
- Antibakteriyel seramik top
- Süper seramik top
- π -water seramik top
- Süper tourmaline seramik top
- Negatif iyon tozu

4.9 Alternatif Yıkama Metotlarının Etkili Oldukları Adımlar

Alternatif yıkama metotları sağladıkları etkiye göre yıkama adımlarında bir veya birden çok etkiyi karşılayabilmektedir. Her metodun sağladığı etki Tablo 4.4 'te özetle gösterilmektedir.

Tablo 4.4 'ten de görüldüğü gibi uygulanan metotların hiçbirisi yıkama ortamı bileşenlerinin tamamını tek başına karşılayamamaktadır. Bir tanesinin tek başına uygulanmasıyla yüksek yıkama performansına sahip bir yıkama yapılamamaktadır. Ancak bu metotların sağladıkları etkiye göre birleştirilmesiyle, bir arada kullanılmasıyla istenilen etkilerin sağlanabileceği öngörülmektedir. Ev tipi çamaşır makinalarında, bu metotlardan birinin tek başına kullanılmasıyla, yıkama performansını artırıcı, yada tüketim ürünlerinin miktarını azaltıcı etki sağlanması öngörülmektedir.

Yapılan çalışmada, karbondioksitle yıkama, vakumla yıkama ve buharla yıkamada, oluşturulacak ortamın basınçlı olması üretim maliyetlerini arttıracığından ve kullanım kolaylığı sağlamayacağından, mekanik hareket etkisi ve yıkama performansı artırması açısından tercih edilmemektedir.

Ultrasonik yıkamada, oluşturulan kavitasyon baloncuklarının kiri yüzeyden uzaklaştırmak için patlayarak enerjilerini yüzeye ve kir arasında oluşan bağa aktarması gerekmektedir. Ancak çamaşır gibi yumuşak bir yüzeyde bu enerji

kullanılamamakta, tekstil ürünü bu enerjiyi sönümleyerek oluşturulmak istenen etki sağlanamamaktadır. Bu metot ancak bulaşık makinası gibi sert cisimlerin yıkandığı uygulamalarda tercih edilmektedir. Ancak evsel kullanımda bu da ekonomik olmamaktadır, çünkü ultrasonik yıkamanın yapılabilmesi için temizlenecek yüzeyin tamamının sıvı içerisinde kalması gerekmektedir. Bu da yıkama hacmini her adımda suyla doldurmak demek olduğundan, su tüketimini arttıracaktır. Bu nedenlerden dolayı ultrasonik yıkama evsel kullanım için ve özellikle çamaşır makinası için uygun görülmemektedir.

Seramik topraklarla ilgili, üretici firmalar çamaşır makinasında yıkama ortamına konan bu toprakların suyu iyonlarına ayırarak yıkama performansını arttırdığını iddia etmektedir. Üretici firmalar ve test merkezlerinden edinilen bilgiler doğrultusunda, alınan örneklerle yapılan deneysel çalışmalarda olumlu bir sonuç görülmediğinden tekrar deneysel çalışma yapılması tercih edilmemektedir.

Elektrolizle yıkamada gerek suyun iyonlarına ayrılarak, gerekse eklenen ilave maddelerin ayrıştırılmasıyla elde edilen maddelerle tüketilen deterjan miktarı azaltılmakta, bu şekilde daha az durulama suyu kullanılmaktadır. Örneğin suyun elektroliziyle elde edilen oksijenin ağartma etkisinden, yada NaCl elektroliziyle klorun dezenfeksiyon etkisinden yararlanılmaktadır. Çamaşır makinalarında uygulaması yapılabilecek bir çalışma olarak görülmektedir.

Elektrik alan ve mikrodalga destekli yıkamada, oluşan elektrik alan kuvveti etkisiyle su moleküllerinin etkileşimi artırılarak, iç enerjileri attırılmakta ve deterjanda bulunan YAM etkisi sağlanmaktadır. Çamaşır makinalarında, gerekli tedbirler alınması koşuluyla uygulanabileceği düşünüldüğünde, bu metodun da çalışılmasına karar verilmiştir.

Ozonla yıkamada ise, ozonun etkili oksitleme yeteneği sayesinde ağartılabilen kirlerin ağartılması amacıyla yıkamada kullanılması, tüketilen deterjan miktarını azaltarak, gerekli durulama suyu miktarını minimuma indirebilecektir. Böylece deterjanın oluşturduğu çevresel kirlilik daha azaltılmış olacaktır.

Elektrolizle yıkama, elektrik alanla yıkama ve ozonla yıkama metotlarının ev tipi çamaşır makinalarında uygulanabileceği düşünüldüğünde, bu çalışmada, bu konulardan ozonla yıkama ve elektrik alan etkisini içeren mikrodalga destekli yıkama anlatılmaktadır.

Tablo 4.4: Alternatif Yıkama Metotları ve Etkili Oldukları Adımlar

Yıkama Ortamı Bileşenleri	Elektrolizle Yıkama	Elektrik Alanla Yıkama	Ozonla Yıkama	Karbondioksitle Yıkama	Buharla Yıkama	Ultrasonik Yıkama	Vakumla Yıkama	Seramik Toplarla Yıkama
Alkali Maddeler (Silikatlar, Fosfatlar, Karbonatlar) Kiri kimyasal olarak parçalama ve çözünür halde tutma pH= 10 – 11	Hidroksil							Hidroksil
Ağartıcı Maddeler (Peroksitler, TAED) Doğal ve sentetik pigmentleri parçalayarak ağartılabilir kirleri temizleme	Cl, H2O2, O2,O3,		Aktif Oksijen					
YAM Yüzey ve ara yüzey gerilimlerini düşürerek kiri yüzeyden uzaklaştırma ve çözültide çözünür halde tutma		Polarizasyon						Polarizasyon
Mekanik Hareket				Islatma		Kavitasyon	Islatma	
Sıcaklık					Yüksek Sıcaklık			

5. DENEYSEL ÇALIŞMA

Bu çalışmada araştırılan alternatif yıkama metotlarından uygulanabilirlik ve üretim maliyetleri açısından uygun görülen metotlardan, mikrodalga destekli yıkama ve ozonla yıkama deneysel olarak çalışılmıştır.

5.1 Mikrodalga Destekli Yıkama

Mikrodalga destekli yıkamada amaç, elektrik alanla yıkamada olduğu gibi su moleküllerinin birbirleriyle olan atomik yapıdaki etkileşimini arttırmak ve bu şekilde suyun polarizasyonunu sağlamaktır.

Su molekülleri her taraftan birbirleriyle çevrili oldukları için, birbirlerini her yöne aynı miktarda çekmektedirler. Ancak yüzeyde kalan su molekülleri, sadece suyun bulunduğu taraftan çekildiği için, bu molekülleri sıvının içine doğru çeken, yıkamada tekstil içerisindeki ya da tekstille kir arasındaki boşluklara girmesini engelleyen bir kuvvet bulunmaktadır. Bu kuvvetin etkisi, deterjanlarda bulunan yüzey aktif maddeyle, mikrodalga destekli yıkamada ise verilen enerjiyle su moleküllerinin etkileşimi sağlanarak azaltılmaktadır.

Bir elektromanyetik dalga türü olan mikrodalga yapısında elektrik alan ve manyetik alanı barındırmaktadır. Bu iki alan bir birine dik olarak sinüzoidal bir yapıda hareket etmektedir. Sinüzoidal yapıda sürekli yön değiştiren kuvvetlerin etkisi altında kalan kutupsal yapıya sahip su molekülleri bu kuvvetlerden etkilenecek titreşmeye başlamaktadır. Bu şekilde titreşerek ve birbirlerini etkileyerek titreşimi yaymakta ve birbirlerinden ayrılma eğilimi göstererek yüzeyde kalan molekülleri tutan kuvvetlerden kurtarmakta, sahip oldukları yüzey gerilimini düşürmektedir.

Su moleküllerinin etkileşimini arttırarak yüzey ve ara yüzey özelliklerinin değişmesini sağlayan mikrodalga destekli yıkama, deterjan içeriğindeki YAM etkisini sağladığından, yıkamada daha az deterjan kullanılmasını ve bundan dolayı da daha az durulama suyu ve enerji tüketimi sağlamaktadır.

Deneysel çalışmalarda çamaşır makinasında, mikrodalga üreten 1500 W gücünde, Şekil 5.1 'de görülen bir magnetron kullanılmıştır. Bu magnetron bir çeşit radyo dalgası olan, 2450 MHz frekansında mikrodalga üretmektedir. Bu frekanstaki dalgaların en önemli özellikleri su, yağ ve şeker tarafından absorbe edilerek, bu enerjiyi atomik hareketlere çevirebilmeleridir. Bir başka özellikleri de çoğu plastik, cam ve seramik tarafından absorbe edilmemeleridir. Özellikle metaller mikrodalgayı yansıtmaktadır. Bu yüzden deneylerde kullanılan çamaşır makinasının kazanı metal, tamburu plastik malzemeden yapılmıştır. Bu şekilde ortama verilen 2450 MHz frekansındaki mikrodalga kazan çeperlerinden yansıyarak iç ortamda, tambur içinden de geçerek hareket etmekte ve su moleküllerine enerjisini aktarmaktadır.



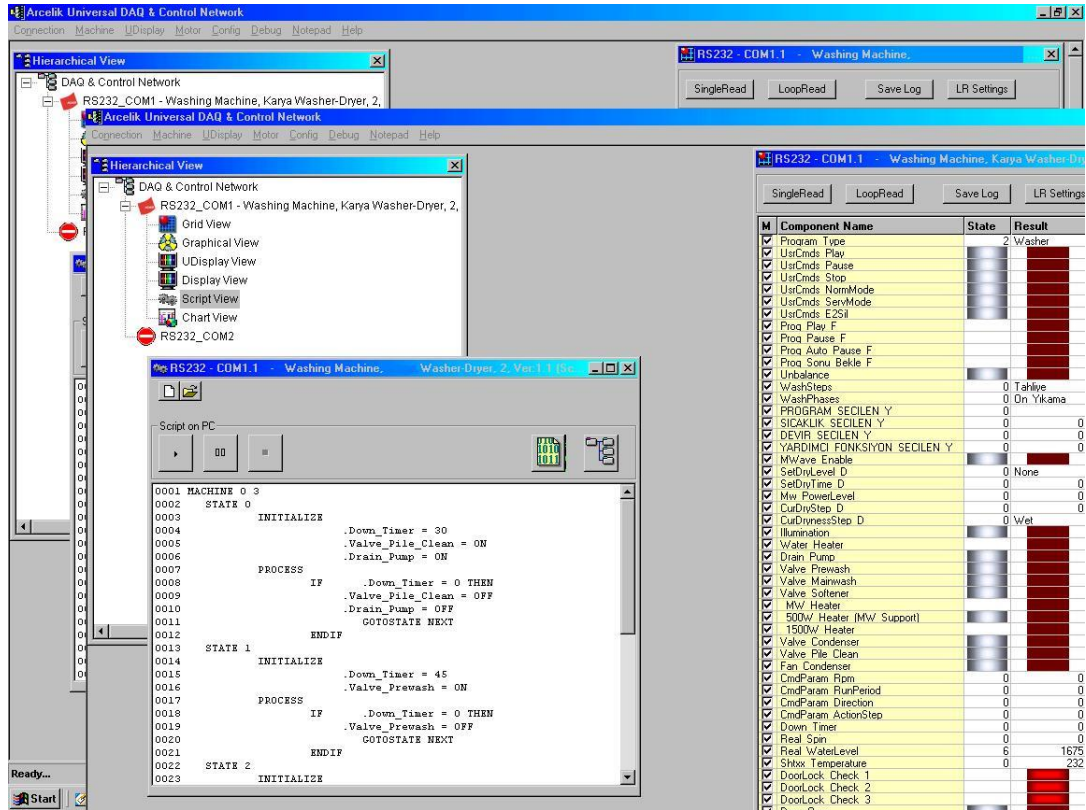
Şekil 5.1: Çamaşır Makinasında Magnetron ve Diğer Bileşenlerin Yerleşimi



Şekil 5.2: Mikrodalga Destekli Yıkama Yapılan Çamaşır Makinası

Kullanılan çamaşır makinasının cam olan kapağı metal bir kapakla değiştirilmiş, kapanan yüzeye metal bir conta çekilmiş ve mikrodalga'nın sistemden kaçması engellenmiştir. Metal kapak, metalik conta ve metal kazan Şekil 5.2 'de gösterilmektedir.

Hazırlanan düzenek, RS232 veri kablosu yardımıyla bir bilgisayara bağlanmakta ve "Universal Data Acquisition" (UDAQ) programı yardımıyla makina üzerindeki karttan kontrol edilmektedir. Kullanılan programın ara yüzü Şekil 5.3 'de verilmektedir.



Şekil 5.3: UDAQ Programı Arayüzü

Deneyisel çalışmada mikrodalga etkisinin, YAM etkisini sağlaması amaçlandığından, ortamda deterjanın olduğu ana yıkama adımı; ısıtma öncesi, ısıtma sonrası ve birinci durulama adımı için UDAQ programında yeni bir yazılım hazırlanmış ve deneylerde kullanılmıştır.

Chen ve arkadaşlarının çalışmasında, 4 dk süre ve 75W gücünde mikrodalga uygulamasının küçük bez parçaları için temizleme sağladığı ancak sürenin ve magnetron gücünün artırılmasının temizleme performansını arttıracığı belirtilmektedir [10]. Bu doğrultuda, yazılımda makina ana yıkama adımı 15 lt su aldıktan sonra, ısıtma öncesinde 10 dk mikrodalga uygulanmış, ve 2 dk soğuk yıkama süresi eklenmiştir. Bu süre sonunda ısıtıcı devreye girerek suyu ısıtmaya başlamıştır. Deneyler 60°C Pamuklu programı için yapıldığından, sıcaklığın 60°C 'ye gelmesiyle ısıtıcı devreden çıkmakta ve magnetron 10 dk çalıştırılarak ortama mikrodalga verilmektedir. Mikrodalga verildikten sonra 50 dk sıcak yıkama süresi eklenmiştir. Ana yıkama adımı sonrasında makina kazanı üzerindeki dengesiz yük dağılımı ve prototipin yeteri kadar sağlam olmamasından dolayı 800 d/d 'da sıkma yapılmıştır.

Birinci durulama adımında makinaya 10 lt su alındıktan sonra magnetron çalıştırılarak sisteme 10 dk mikrodalga uygulanmıştır. Programın uygulama adımlarında mikrodalga uygulama yerleri Tablo 5.1 'de gösterilmektedir. İkinci ve üçüncü durulamalarda ortama mikrodalga uygulanmamıştır. Makina ikinci durulama da 10 lt su aldıktan sonra 5 dk soğuk yıkama süresi uygulanmış, üçüncü durulama adımında 11 lt su aldıktan sonra 7.5 dk soğuk yıkama süresi uygulanmıştır.

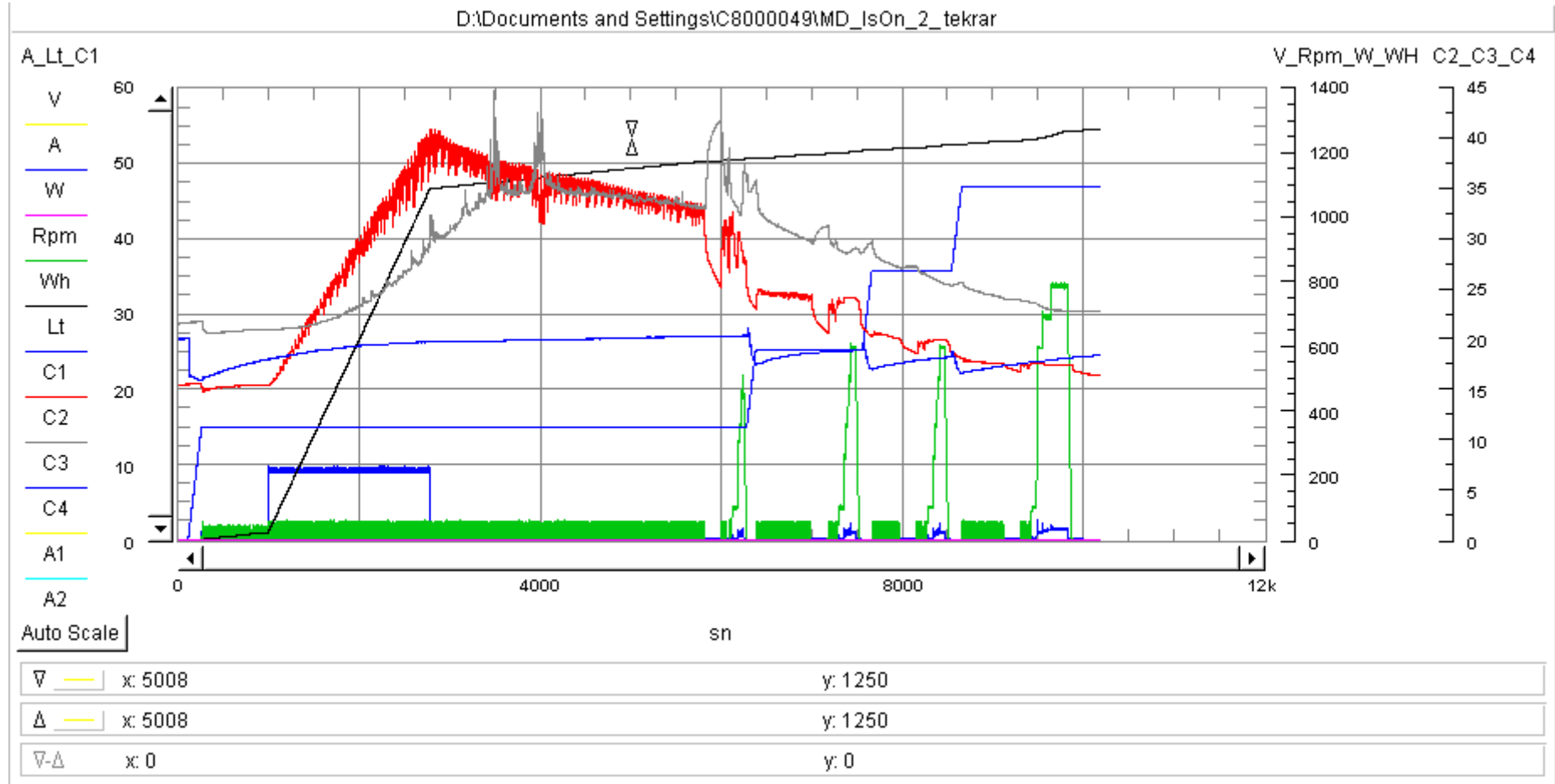
Tablo 5.1: Mikrodalga Destekli Yıkama Profili

AY Su Mikt. [lt]	Soğuk Yıkama Süresi + MD Uyg.Yeri [dk]	Soğuk Yıkama Süresi [dk]	Maksimum Su Sıcaklığı [°C]	MD Uyg.Yeri [dk]	Isıtma Sonrası Süre [dk]	Maks. Sıkma Devri [d/d]	Yıkama Devri [d/d]	1D Su Mikt. [lt]	Soğuk Yıkama Süresi + MD Uyg.Yeri [dk]
15	10	2	55	10	50	800	52	10	10

Mikrodalga uygulamaları her deneyde bir defa yapılmış ve uygulama adımına göre deney sonuçları birbiriyle karşılaştırılmıştır. Ortama mikrodalga verildiği anlarda, magnetron çevresinden, yönlendirici çevresinden ve kapak çevresinden sürekli olarak mikrodalga kaçağı olup olmadığı kontrol edilmiş, olması durumunda deney durdurulmuştur.

Deneyler sırasında makinanın tambur devrini, aldığı su miktarını ve debisini, suyun sıcaklığını, çektiği akımı ve gerilimi, harcadığı enerji miktarını ölçen ve kaydeden bir Veri Toplama Sistemi (VTS) kullanılmaktadır. Bu sistemin her deney için topladığı datalar Ek – A 'da Tablo A 1 'de gösterilmektedir. Bu çalışmalardan ısıtma öncesi mikrodalga uygulamasının UDAQ programında, ara yüzde gösterimi Şekil 5.4 'de örneklendirilmiştir.

Mikrodalga deneyleri, yazılan 60 °C Pamuklu programında, 6 kg yük kullanılarak yapılmıştır. Deneylerin sonunda kir bezleri ölçülerek alınan yansıtma değerlerini gösteren deney takip çizelgesi Tablo 5.2 'de verilmektedir. Alınan kir değerlerine deneysel çalışmaların yıkama sonuçlarının değerlendirildiği, yıkama değerlendirme formları Ek – A 'da tablolar halinde verilmektedir.



Şekil 5.4: Isıtma Öncesi MDY Profili UDAQ Programı Arayüzü

Tablo 5.2: Mikrodalga Destekli Yıkama Deneyleri Takip Çizelgesi

Deney Adı	DENEY TAKİP ÇİZELGESİ							
	Kir Değerleri				Yük Değerleri			
	Şarap	Kakao	Kan	K. Siyahı	Kuru	S. Sonu	Çeşme	Çamaşır
MD_Ref_1	87.816	67.820	88.712	45.700	4.975	8.515	3.316	5.448
MD_Ref_2	86.972	67.408	88.766	45.324	4.995	8.430	2.882	5.496
MD_Ref_3	87.286	68.032	89.614	45.892	5.035	8.565	3.672	5.664
MD_IsOn_1	86.940	65.862	89.034	44.986	5.065	8.670	3.484	5.756
MD_IsOn_2	86.786	68.416	89.166	45.644	4.980	8.280	2.882	5.732
MD_IsOn_3	86.988	66.962	88.900	46.304	4.985	8.465	3.384	5.354
MD_IsSon_1	87.252	67.506	88.662	45.070	4.970	8.485	3.050	5.354
MD_IsSon_2	86.944	66.488	88.852	44.336	5.050	8.655	3.050	5.140
MD_IsSon_3	86.812	66.856	88.494	45.714	5.040	8.665	3.240	4.896
MD_1Durulama_1	85.932	65.832	88.338	43.638	5.060	8.580	3.164	5.568
MD_1Durulama_2	85.684	66.026	88.642	43.372	4.975	8.350	3.164	5.594
MD_1Durulama_3	86.688	68.360	88.942	45.490	5.010	8.600	3.164	5.628

Yapılan mikrodalga deneylerinde ana yıkamada ısıtma öncesi ve sonrasında, birinci durulama da ortama mikrodalga verilerek ve ortama mikrodalga verilmeden yapılan referans deney sonuçları karşılaştırılarak aşağıda Tablo 5.3 'de verilmektedir.

Tablo 5.3: Mikrodalga Destekli Yıkama Deney Sonuçları

Yıkama Adımı	Yıkama Değerlendirme Sonuçları	
Referans	B	1.007
Isıtma Öncesi	B	1.004
Isıtma Sonrası	C	1.000
1. Durulama	C	0.993

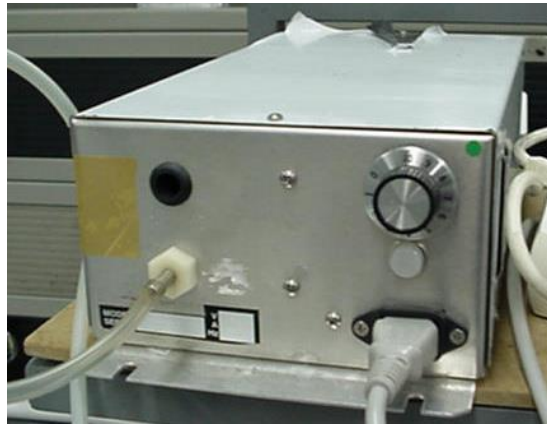
Yapılan deneysel çalışmada ortama mikrodalga verilmemesi durumunda elde edilen yıkama performansı indeksi “B”, ısıtma öncesinde ortama mikrodalga verilmesi durumunda yıkama performansı indeksi “B”, ısıtma sonrasında ortama mikrodalga verilmesi durumunda yıkama performansı indeksi “C”, birinci durulama adımı makina su aldıktan sonra ortama mikrodalga verilmesi durumunda yıkama performansı indeksi “C” çıkmıştır.

5.2 Ozonla Yıkama

Yüksek enerji taşıyan ve çok güçlü okside etme özelliği bulunan ozon, içme ve kullanma sularında hijyen ve mikrop öldürme amaçlı olarak kullanılmaktadır. Yıkama işlemlerinde ise, iyi okside etme ve dezenfekte etme özelliği sayesinde ağartılabilen kirlerin çıkartılmasında ve hijyen amaçlı olarak kullanılmaktadır.

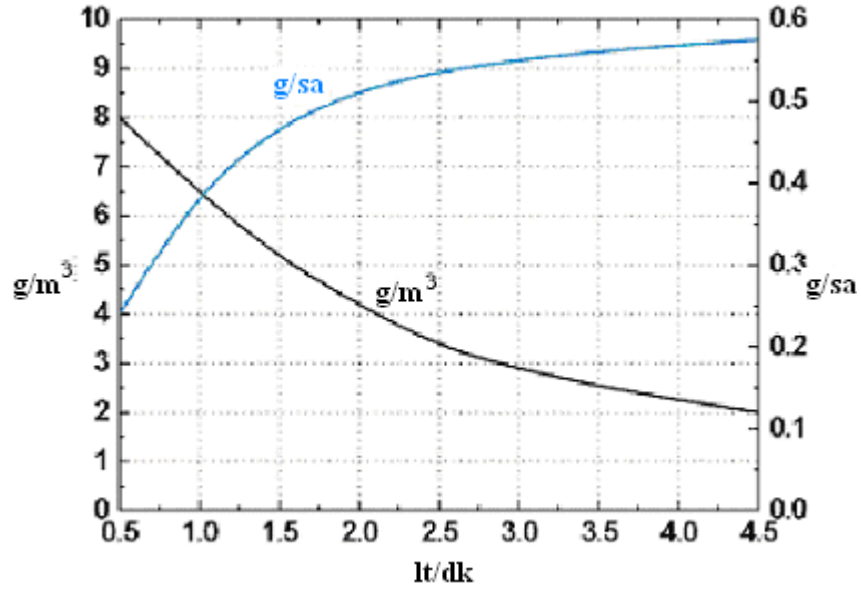
Atmosferik oksijene göre bir fazla oksijen atomu taşıyan ozonun kir ve bakteriler üzerindeki etkisi Şekil 4.3 ve Şekil 4.4 'de gösterilmektedir. Ozon sahip olduğu yüksek enerjiden dolayı kararlı olamamakta ve hemen fazla oksijeninden kurtulmak istemektedir. Bu yüzden üretildikten çok kısa bir süre sonra kullanılması gerekmektedir. Depolanması veya uzun taşıma ortamlarında bırakılması, istenilen noktaya ulaşmadan tekrar oksijene dönüşmesine neden olabilmektedir. Bu yüzden deneysel çalışmalarda, kullanım noktasına yakın bir noktada üretilerek, kullanılacağı adımda eş zamanlı olarak üretilmesi sağlanmıştır.

Deneysel çalışmalarda, “Ozone Applications” firmasına ait, AC-500C model, havadan elektriksel deşarj metoduyla ozon üreten bir ozon jeneratörü kullanılmıştır. Kendinden pompalı olan jeneratör dışardan aldığı kuru havayı “corona” tüplerine basarak burada havadaki oksijenden 500 mg/saat debide ozon üretilmesini sağlamaktadır. Hava beslemesi yerine saf oksijen verilirse jeneratörün ozon üretim verimi artmakta, 1 gr/saat debiye ulaşmaktadır.



Şekil 5.5: Elektriksel Deşarj Metoduyla Ozon Üreten Jeneratör

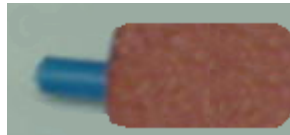
4 lt/dk 'lık hava akışında, ayarlanabilir 10-500-mg/saat ozon üretebilmektedir. Jeneratörün hava için performans eğrisi Şekil 5.6 'da verilmektedir.



Şekil 5.6: Ozon Jeneratörünün Hava İçin Performans Eğrisi [46]

Jeneratör içerisindeki pompa, üretilen ozonu yaklaşık 2.4 m su derinliğine kadar basabilmektedir. Ozon jeneratörüyle ilgili detaylı bilgi Ek – C ‘de ürün kataloğunda verilmektedir. Deneyler sırasında jeneratör seviyesi su seviyesinden daha yukarı konularak basınç farkı dolayısıyla jeneratörün ozon çıkışından su girmesi engellenmiştir. Ayrıca özellikle ısıtma adımlarında, sisteme ozon verilmediğinden ve su buharının jeneratör içerisine girmesini engellemek için jeneratör sistemden ayrılmaktadır.

Deneylerde ozon yıkama sıvısına gaz karışımı içerisinde beslendiğinden, bu geçişi sağlamak için bir çok yöntem kullanılmaktadır. Kullanılan bu yöntemle göre sulu ortamda oluşan kabarcık boyutu ve basıncı değişmektedir. Kabarcıkların fazla olması toplam yüzeyi arttıracığından toplam kütle transferini de arttıracaktır. Bu yüzden jeneratörde üretilen ozon gazı bir boru yardımıyla taşınarak, yıkama sıvısı içerisine bir difüzerle verilmektedir. Şekil 5.7 ‘de gösterilen difüzer yardımıyla çok sayıda küçük kabarcık oluşması sağlanmaktadır.



Şekil 5.7: Difüzer

Suya verilen ozon miktarını ölçmek için suyun oksidasyon – redaksiyon potansiyelini milivolt cinsinden ölçen bir ORP cihazı kullanılmaktadır. Şekil 5.8 ‘de

görülen ORP cihazı belirli bir seviyeye kadar suya daldırılarak, sıvı içerisinde çözünen ozon miktarını mV cinsinden ölçmektedir.



Şekil 5.8: ORP Cihazı

Ozonla yıkamada, çamaşır makinasında deneysel çalışmalara başlanmadan önce ortam şartlarının ve parametrelerin belirlenmesi için önce uygulama süresi, ortam sıcaklığı ve pH ölçümü yapılmıştır.

Uygulama süresinin tayini için standartlarda belirtilen bir kova suya farklı sürelerde ozon verilerek, ortam sıcaklığında, suda çözünen ozon miktarı ORP cihazıyla milivolt cinsinden ölçülmüştür. Tablo 5.4 'te yapılan ölçümlerin sonuçları verilmektedir.

Tablo 5.4: Süre – Ozon Miktarı İlişkisi

Deney No	Süre [dk]	ORP [mV]
1	0	375
2	30	730
3	30	760-790
4	15	800
5	15	830
6	10	830-850
7	5	830

Yapılan deneylerde 5 – 15 dk arasında uygulanmasının yeterli miktarı sağladığı görüldükçe, 10 dk uygulanmasına karar verilmiştir.

Çamaşır makinasında uygulama adımının belirlenmesi için ise makina 6 kg standart yükü pamuklu 40 °C programında çalıştırılarak, tahliye sularının pH ve sıcaklıkları ölçülmüştür. Bu ölçümlerin sonuçları Tablo 5.5 'de görülmektedir.

Tablo 5.5: Sıcaklık – Ozon Miktarı İlişkisi

Yıkama Adımı	pH	Sıcaklık [°C]
Tank Suyu	7.5	19.4
ÖY Sonu	9.73	19.8
AY Sonu	9.76	30.8
1D Sonu	9.36	24.8
2D Sonu	9.16	21.9
3D Sonu	9.05	20.4

Tablo 5.5 ‘te görüldüğü gibi, ana yıkama adımında su sıcaklığının yüksek olması ve bu sıcaklık değerinde ozonun uzun süre kararlı kalamaması, bu adımda ozonun kullanılamayacağını göstermektedir.

Mekanik hareketin suda çözünen ozon miktarı üzerindeki etkisi incelenmiş ve tambur hareketinin olduğu ve olmadığı durumlarda ortama ozon verilerek ORP cihazıyla ölçüm yapılmıştır. Tablo 5.6 ‘dan görüldüğü gibi tambur hareketinin olmadığı durumda suda daha çok ozon çözünmektedir.

Tablo 5.6: Tambur Hareketi – Ozon Miktarı İlişkisi

Tambur Hareketi	ORP [mV]
Var	550
	505
Yok	730–770
	780

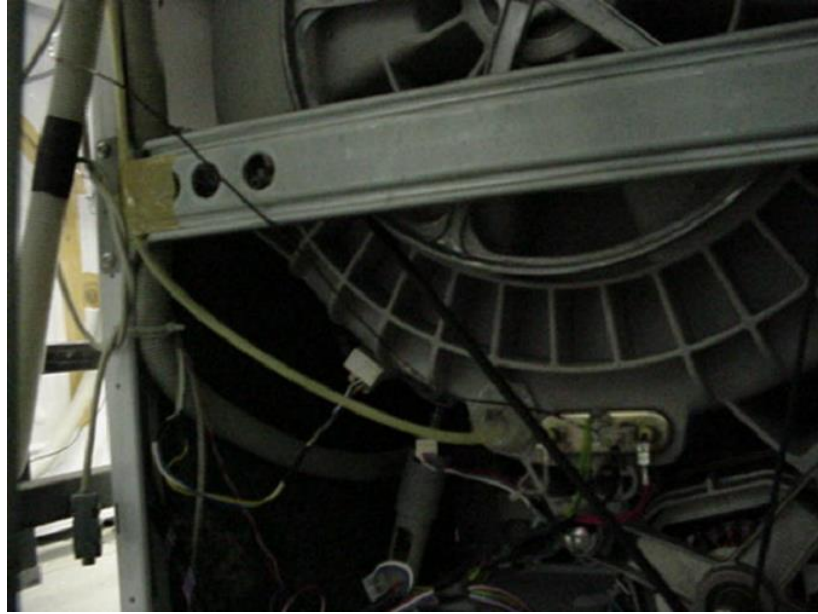
Elde edilen sonuçlar ve ozonun kimyasal özellikleri karşılaştırıldığında çamaşır makinasında ön yıkamada, birinci ve ikinci durulamalarda su alma adımından sonra, makina durdurularak ozon kullanılması sonucuna varılmıştır. Sisteme 10dk ozon verilerek bu adımlardaki sonuçlar araştırılmıştır.

Deneylerde ozonun uygulanacağı adımlarda yıkama profilleri değiştirilerek makinanın beklemesi sağlanmış ve bu sırada jeneratörde üretilen ozon sisteme verilmiştir. Bu adımlar ve makinanın yıkama profili Tablo 5.7 ‘de görülmektedir.

Tablo 5.7: Ozonla Yıkama Program Profili

ÖY Su Miktarı	[lt]	15	15
Ozon Uygulama Süresi + Soğuk Yıkama Süresi	[dk]	10	10
AY Su Miktarı	[lt]	7	7
Soğuk Yıkama Süresi	[dk]	10	10
Maks. Su Sıcaklığı	[°C]	40	60
Isıtma Sonrası Süre	[dk]	50	50
Maksimum Sıkma Devri	[d/d]	1200	1200
Yıkama Devri	[d/d]	52	52
1D Su Miktarı	[lt]	10	10
Ozon Uygulama Süresi + Soğuk Yıkama Süresi	[dk]	10+5	10+5
2D su miktarı	[lt]	10	10
Ozon Uygulama Süresi + Soğuk Yıkama Süresi	[dk]	10+5	10+5
3D su miktarı	[lt]	11	11
Soğuk Yıkama Süresi	[dk]	5	5

Sisteme ozon vermek için kazan, yıkama suyunun en alt noktasından delinerek ısıtıcının yanından içeriye difüzer sokulmuştur. Şekil 5.9 ‘de difüzer yerleşim şekli görülmektedir.



Şekil 5.9: Kazandan Ozon Vermede Difüzer Yerleşimi

Belirlenen yıkama profilinde pamuklu 40 °C ve 60 °C ‘de kazanın altından, delinen noktadan ön yıkama, birinci durulama ve ikinci durulama adımlarında, ortama ozon verilerek deneysel çalışmalar yapılmıştır. Çalışmalardan toplanan kir ve yük değerleri Tablo 5.8 ve Tablo 5.9 ‘da verilmektedir.

Tablo 5.8: Pamuklu 40 °C Programı, Kazandan Ozon Verme Deneyleri Deney Takip Çizelgesi

	DENEY TAKİP ÇİZELGESİ							
Deney Adı	Kir Değerleri				Yük Değerleri			
	Şarap	Kakao	Kan	K. Siyahı	Kuru	S. Sonu	Çeşme	Çamaşır
Pam40C_Ref_1	81.950	62.168	80.155	41.068	6.010	9.705	2.552	4.940
Pam40C_Ref_2	80.831	60.671	82.496	39.765	6.035	9.505	2.552	4.542
Pam40C_Ref_3	81.815	61.745	82.120	40.071	6.000	9.505	2.518	4.586
Pam40C_ÖY_1	82.745	61.666	80.898	41.543	5.980	9.450	2.120	5.480
Pam40C_ÖY_2	1.175	61.543	78.490	40.195	6.065	9.575	2.120	4.926
Pam40C_ÖY_3	80.201	62.025	82.865	40.633	6.005	8.530	2.120	7.256
Pam40C_1D_1	83.468	64.503	85.921	42.951	5.985	9.605	3.090	5.384
Pam40C_1D_2	83.750	62.551	83.803	42.858	5.965	9.600	3.248	7.310
Pam40C_1D_3	82.095	63.140	82.426	41.803	6.020	9.475	3.248	5.418
Pam40C_2D_1	83.331	63.470	83.553	40.478	6.035	9.440	3.248	5.536
Pam40C_2D_2	78.735	59.240	76.461	40.245	6.015	9.610	3.130	5.356
Pam40C_2D_3	81.653	62.766	82.525	41.438	6.045	9.495	3.130	5.132

Tablo 5.9: Pamuklu 40 °C Programı, Kazandan Ozon Verme Deneyleri Deney Takip Çizelgesi

	DENEY TAKİP ÇİZELGESİ							
Deney Adı	Kir Değerleri				Yük Değerleri			
	Şarap	Kakao	Kan	K. Siyahı	Kuru	S. Sonu	Çeşme	Çamaşır
Pam60C_Ref_1	87.815	68.486	87.885	44.093	5.975	9.305	2.518	5.452
Pam60C_Ref_2	87.295	66.646	86.058	42.953	5.950	9.605	3.168	5.368
Pam60C_Ref_3	89.833	69.595	89.901	44.461	5.975	9.625	3.168	5.184
Pam60C_ÖY_1	86.753	65.620	86.331	43.873	6.000	9.540	3.214	6.236
Pam60C_ÖY_2	87.996	67.850	87.648	47.608	5.980	9.400	3.214	6.502
Pam60C_ÖY_3	87.933	67.738	87.168	45.392	6.020	9.610	3.232	6.228
Pam60C_1D_1	88.826	68.375	87.201	42.901	5.975	9.550	3.028	5.544
Pam60C_1D_2	88.365	67.320	87.941	44.053	6.015	9.470	3.028	5.008
Pam60C_1D_3	87.963	66.993	87.943	44.845	5.975	9.475	3.028	5.094
Pam60C_2D_1	88.780	66.788	88.135	44.523	5.990	9.375	3.002	5.068
Pam60C_2D_2	88.836	66.656	88.048	42.628	5.990	9.600	3.002	4.688
Pam60C_2D_3	88.168	68.001	88.160	43.856	6.020	9.680	3.002	5.288

Yapılan deneylerin, VTS ile toplanan bilgileri, Ek – B ‘de Tablo B 1 ‘de, yıkama sınıfının belirlendiği yıkama değerlendirme formları Tablo B.2–9 ‘da verilmektedir. Deneysel çalışmanın yıkama performans sonuçları aşağıda Tablo 5.10 ‘da gösterilmektedir.

Tablo 5.10: Kazandan Ozon Verme Deney Sonuçları

Ozon Uygulama Adımı	40 °C	Yıkama Performans Değeri	60 °C	Yıkama Performans Değeri
Referans	D	0.966	A	1.052
Ön Yıkama	D	0.965	A	1.048
1. Durulama	C	0.996	A	1.061
2. Durulama	D	0.966	A	1.049

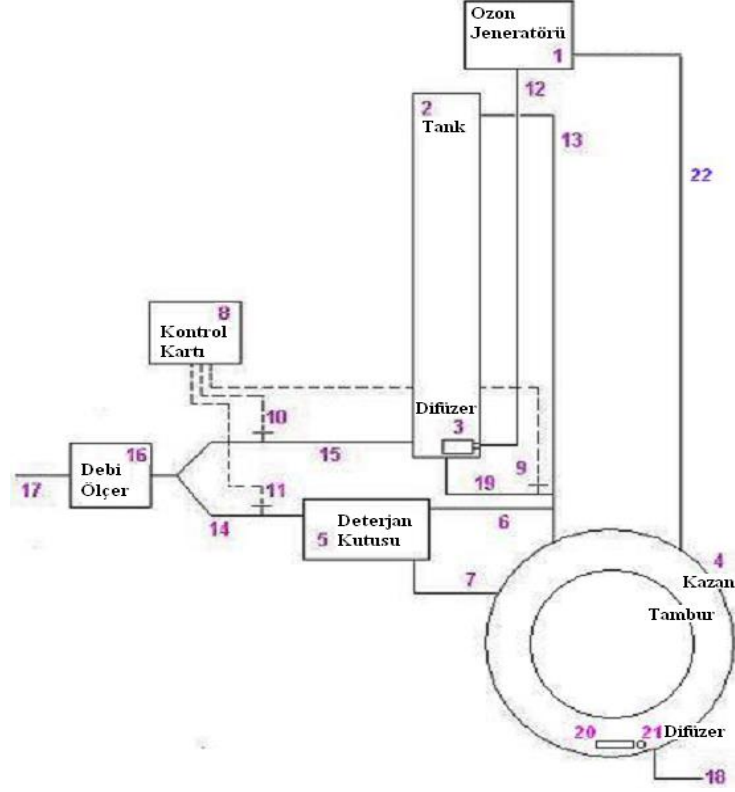
Kazanın altından delinerek, yıkama suyuna kazan içerinden ozon verilmesi durumunda yıkama performansı Tablo 5.10 ‘dan da görüldüğü gibi sadece birinci durulama adımında iyileşme göstermiş, referans yıkamaya göre bir sınıf atlayarak “C” sınıfı yıkama elde edilmiştir.

Yıkama ortamına ozon verme noktası değiştirilerek, deterjan gözünden kazana su gidişini sağlayan giriş suyu borusu içerisinden ozon verilmiş ve kazan içerisindeki suyun ORP’si ölçülmüştür. Boru içerisinde su ve ozon baloncukların teması arasındaki ilişki de incelenerek deneyler farklı debilerde yapılmıştır. Ölçüm sonuçları Tablo 5.11 ‘de görülmektedir.

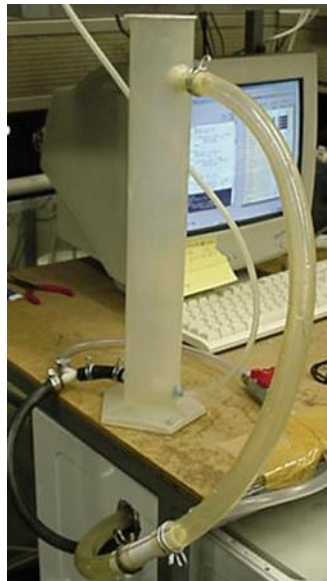
Tablo 5.11: Giriş Suyu Borusu İçinden Değişen Debilerde Ozon Verme

Debi [lt/dk]	ORP [mV]	Sıcaklık [°C]
0 (Tank Suyu)	290	16,2
3	360	16,3
	380	16,2
	400	16,3
4	265	16,3
	390	16,1
	440	15,8
5	245	16,8
	340	16,3
	350	16,2
6	350	16,1
	355	16,5
	400	16,2

Tablo 5.11 ‘den de görüldüğü gibi değişen debilerde giriş suyu borusu içinden ozon verilmesinin faydalı olmadığı anlaşılmıştır. Ozon baloncuklarının suyla temas süresinin yetersiz olması, suda yeterince çözünmesine engel olmaktadır. Bu süreyi arttırmak için su girişinin önüne Şekil 5.10’ da gösterilen 1 litrelik bir tank eklenmiş, burada suya ozon verilerek, ozonlu suyun kazana alınması sağlanmıştır.



Şekil 5.10: Tank ve Kazandan Ozonlu Su Uygulaması



Şekil 5.11: Sisteme Eklenen Tank



Şekil 5.12: Simülatör Makina ve Deney Düzeneği

Şekil 10–12 ‘de görüldüğü gibi, sisteme eklenen tank, kazana giren su yüksekliğinden daha fazla yüksekliğe sahiptir. Bu şekilde bir baloncuğun aldığı yol uzatılarak, su içerisinde harcadığı zaman arttırılmış ve kütle geçişinin artması hedeflenmiştir.

Daha önce kova deneylerinde yapılan süre çalışmasında 5–15 dk arasının yeterli ozon miktarını sağladığı görüldüğünden, tank içerisindeki suya 5 dk ve 10 dk ozon verilerek kazan içerisindeki ORP miktarına bakılmıştır. Kazan suyundaki ozon miktarının süreyle ilişkisi Tablo 5.12 ‘de verilmektedir.

Tablo 5.12: Süre – Ozon Miktarı İlişkisi

Süre [dk]	ORP [mV]	Sıcaklık [°C]
0	250	17.0
5	910	16.9
10	915	16.9

Tanka alınan suyun debisindeki değişikliğin, kazan içerisine alınan toplam su içindeki ozon miktarındaki etkisi incelenmiştir. Tablo 5.13 ‘de kazan içerisindeki suda değişen debilerdeki ozon miktarı gösterilmektedir.

Tablo 5.13: Değişen Debilerde Kazan İçerisinde Sudaki Ozon Miktarı

Debi [lt/dk]	ORP [mV]	Sıcaklık [°C]
3	880	16.8
	873	16.6
4	885	16.3
	890	16.1
5	885	16.1
	890	16.3
6	890	16.1
	888	16.0
7	830	16.3
	870	16.2
8	880	16.0
	875	16.0
9	880	15.9
	890	16.0
10	885	16.0
	890	16.1
12	890	16.2

Yapılan çalışmada, Tablo 5.12 ve Tablo 5.13 ‘te görüldüğü gibi, sürenin 5 dk olarak alınmasına ve sabit 12 lt/dk debide su alınmasına karar verilmiş ve tanka 1 lt su alınıp 5 dk bekletilerek ozon uygulanmıştır. Yeterli ozon miktarına ulaşan tank suyu içerisinden uygulama adımı gerekliliği kadar su geçirildikten sonra su girişi kesilip, tank suyu kazana boşaltıldıktan sonra, tanka ozon gazı beslemesi kesilerek, kazandaki suya uygulama adımı boyunca ozon gazı verilmiştir. Kurulan düzenek Şekil 5.10 ‘de gösterilmektedir. Burada simülatör makinayı kontrol eden UDAQ programı kurulu bir bilgisayar, ozon üretimini sağlayan bir jeneratör gözükmektedir. Makina içerisindeki borulama düzeni Şekil 5.13 ‘te gösterilmektedir.



Şekil 5.13: Çamaşır Makinasında Su Tesisatı

Çamaşır makinasında, yıkamada ozon gazının etkisinin incelenmesi amacıyla yapılan çalışmalarda, yukarıda anlatılan düzenek üzerinden yıkamanın tüm adımlarında (ÖY, AY, 1D, 2D, 3D) su alma sırasında ozon gazı verilmiştir. Bunun yanı sıra suda çözünmüş ozon konsantrasyonunu arttırmak amacıyla yıkama ve durulama işlemleri sırasında da, iletkenlik sensörünün (NTC yanı) yerinden suya sürekli ozon verilmiştir.

Yapılan çalışmalar yazılan pamuklu 40 °C programında, 3 kg yük ve ana yıkama adımında 102 gr deterjan kullanılarak, üç tekrarlı olarak yapılmıştır. Debinin etkisinin incelenmesi amacıyla 3 ve 10 L/ dak debilerde, su almada motor hareketinin etkisinin incelenmesi amacıyla motor hareketinin varlığında ve yokluğunda deneyler yapılmıştır. Yapılan çalışmalarda elde edilen kir ve yük değerlerini gösteren deney takip çizelgesi aşağıda Tablo 5.14 'te verilmektedir.

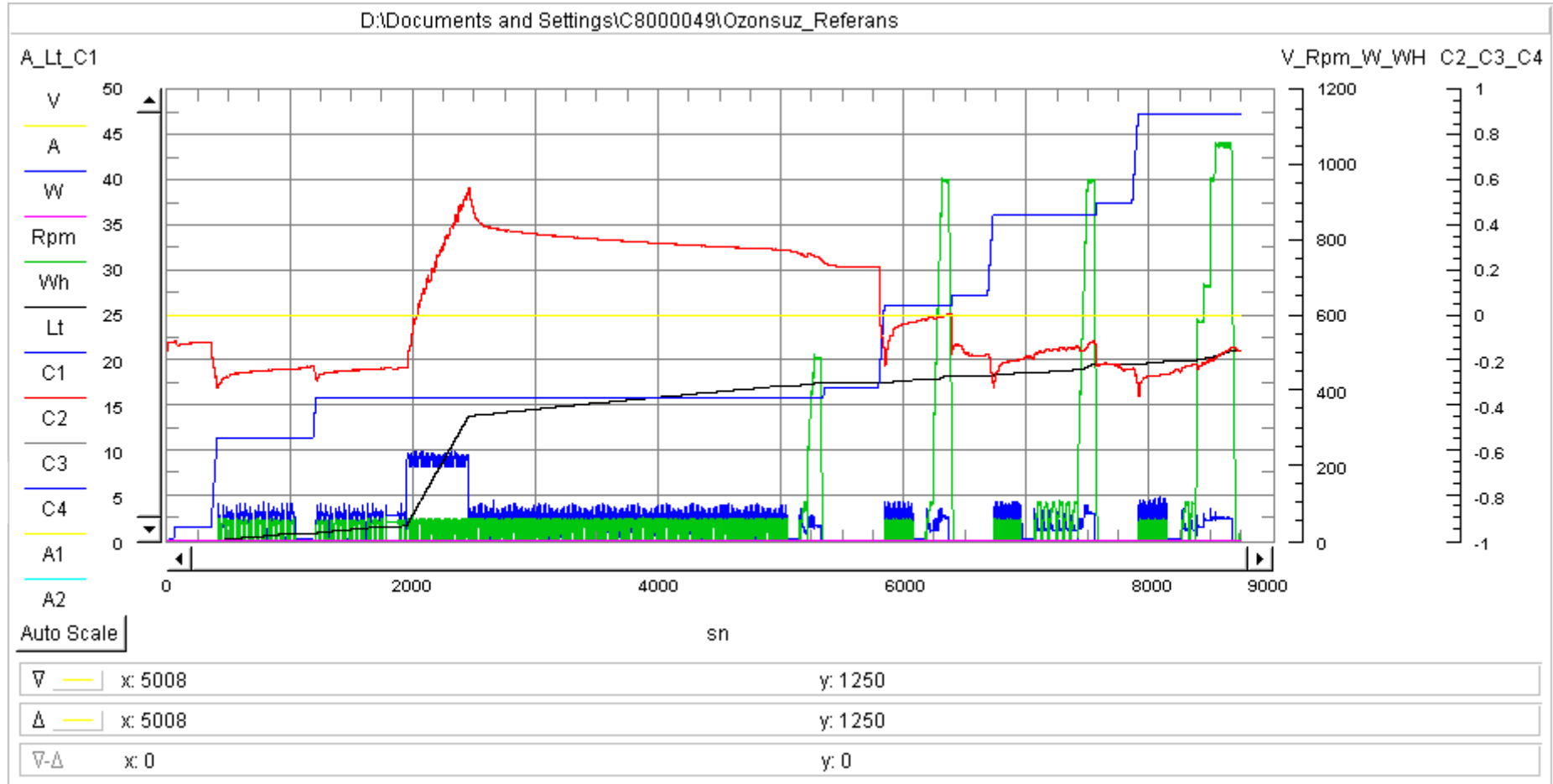
Tablo 5.14: Tank ve Kazandan Ozon Verme Deneyleri Deney Takip Çizelgesi

	DENEY TAKİP ÇİZELGESİ							
Deney Adı	Kir Değerleri				Yük Değerleri			
	Şarap	Kakao	Kan	K. Siyahı	Kuru	S. Sonu	Çeşme	Çamaşır
Ozonsuz_Ref_1	80.696	64.336	83.353	41.346	3.000	5.045	3.156	5.732
Ozonsuz_Ref_2	81.073	63.316	83.140	41.200	2.990	4.995	3.286	5.092
Ozonsuz_Ref_3	81.530	67.280	85.113	42.226	2.980	4.870	3.296	4.922
Ozonlu_1	81.383	62.330	83.600	41.246	3.030	5.035	3.418	5.388
Ozonlu_2	80.876	62.480	83.133	40.870	3.020	4.995	3.418	4.820
Ozonlu_3	81.493	63.080	82.843	40.676	3.040	5.250	3.460	4.422
Ozonsuz_Tamb_Debi3_1	81.013	62.676	83.510	42.713	3.035	5.095	3.156	4.956
Ozonsuz_Tamb_Debi3_2	81.953	65.210	84.613	39.806	2.980	4.945	3.512	5.178
Ozonsuz_Tamb_Debi3_3	83.050	66.846	85.036	44.130	2.980	5.145	3.720	5.356
Ozonlu_Tamb_Debi3_1	83.036	68.763	84.796	43.343	3.020	5.055	3.492	5.084
Ozonlu_Tamb_Debi3_2	81.966	62.760	82.490	42.503	3.040	5.150	3.492	5.232
Ozonlu_Tamb_Debi3_3	82.233	66.910	84.983	40.233	3.020	5.040	3.492	4.916

Yıkama sınıflarının belirlendiği yıkama değerlendirme formları Tablo B 11-14 ‘te, deneysel çalışmaların sonuçları ise aşağıda Tablo 5.15’ de verilmektedir. Yapılan çalışmalardan su alma adımlarında motorun durduğu, ozonsuz referans yıkama profili için VTS bilgilerinin UDAQ programı ara yüzünde gösterimi Şekil 5.14 ‘te örneklendirilmiştir.

Tablo 5.15: Ozonun Yıkama Performansı Üzerindeki Etkisi

Deney Koşulu	Yıkama İndeksi	Yıkama Performansı Sınıfı
Ozonsuz Yıkama (10L/dk , motor OFF)	0.96	C
Ozonlu Yıkama (10L/dk, motor OFF)	0.95	C
Ozonsuz Yıkama (3L/dk , motor ON)	0.97	D
Ozonlu Yıkama (3L/dk , motor ON)	0.97	D



Şekil 5.14: Ozonsuz Referans Yıkama Profili İçin VTS Bilgilerinin UDAQ Programı Arayüzünde Gösterimi

6. SONUÇLAR

Bu çalışmada, patentlerde karşılaşılan veya üretici firmaların yıkama performansını iyileştirdiğini iddia ettiği alternatif yıkama metotları incelenerek, evsel çamaşır makinalarında kullanıma uygulanabilirliği açısından kaynak araştırması yapılmıştır. Bu araştırma doğrultusunda, seçilen iki metot üzerinde yıkama performansı açısından deneyler yapılmıştır.

Kaynak araştırması yapılan konular, elektrolizle yıkama, elektrik alan ve mikrodalga destekli yıkama, ozonla yıkama, karbondioksitle yıkama, buharla yıkama, ultrasonik yıkama, vakumlu yıkama, seramik toprakla yıkamadır. Bu konulardan çamaşır makinasına uygulanabilirliği açısından mikrodalga destekli yıkama ve ozonla yıkama metotları deneysel olarak çalışılmıştır.

6.1 Mikrodalga Destekli Yıkama Sonuçları

Mikrodalga destekli yıkamada, hazırlanan prototip çamaşır makinasında, belirlenen yük ve deterjan miktarı kullanılarak, yazılan program çalıştırılmış ve deneysel çalışmalar yapılmıştır.

Prototip makina üzerinde 1500 W gücünde bir magnetron kullanılmıştır. Magnetron ortama, kazanın üst kısmından ve tek taraflı olarak uygulanmıştır.

Deneysel çalışmalarda metal kazan, plastik tambur kullanılarak ortama gönderilen mikrodalga kazan içerisinde kalması ve bu sırada tambur içerisine de girebilmesi sağlanmıştır.

Deneysel çalışmalarda ısıtma öncesi, ısıtma sonrası ve birinci durulama adımlarında belirlenen sürede ortama mikrodalga uygulanmış ancak uygulanmaması durumuna göre yıkama performansında bir iyileşme gözlenememiştir.

Referans yıkamanın, yıkama değerlendirme performansı “B” iken, ısıtma öncesi MDY deneylerinin “B”, ısıtma sonrası MDY deneylerinin “C”, birinci durulamada

MDY deneylerinin ise ancak “C” yıkama performansına ulaştığı, referans yıkamadan daha iyi bir sonuç çıkarmadığı görülmüştür.

Yapılabilecek farklı çalışmalarda, kullanılan magnetron gücü artırılarak, uygulama noktası değiştirilerek ve birkaç magnetronun aynı anda farklı noktalardan uygulanması incelenmelidir.

6.2 Ozonla Yıkama Sonuçları

Ozonla yıkamada, kuru havadan jeneratörle üretilen ozonun suda çözünmesi sağlanmış, hazırlanan bu ozonlu suyla yapılan yıkamaların yıkama performansı sonuçlarına bakılarak karşılaştırılmıştır.

Öncelikle yeterli miktarda ozonun, ne kadar sürede, kullanılan suda çözündüğü araştırılmış, süre – ozon miktarı ilişkisi incelenmiştir. Yapılan çalışmalarda 5–10 dk aralığının yeterli ozon miktarını sağladığı görülmüştür.

Yıkama işlemi sırasında, ozonun ortama verilmesi için uygun adımın belirlenmesine çalışılmış ve bir yıkama işleminde, her adım sonrasında tahliye sularının pH ve sıcaklıkları ölçülerek, ortam şartları incelenmiştir.

Uygun şartların ön yıkama, birinci durulama ve ikinci durulama adımlarında sağlandığı görülmüştür.

Ozonla ilgili ilk yıkama deneylerinde, ozonun kazan içerisindeki suda direkt olarak çözünmesi amaçlanarak belirli adımlarda 10 dk süreyle ortama direkt ozon verilmiş ve yazılan pamuklu 40°C ve pamuklu 60°C programlarında yapılan deneylerin yıkama performansı sonuçları incelenmiştir.

Ozonun uygulandığı ön yıkama, birinci durulama ve ikinci durulama adımlarından, birinci durulama adımında, pamuklu 40°C programında, “D” çıkan referans programa göre bir sınıf atlanarak, “C” yıkama performansına ulaşılmıştır.

Pamuklu 60°C programında, zaten yüksek sıcaklıklara çıkıldığından yıkama performansı bütün deneylerde “A” çıkmış, ancak sayısal değerler üzerinde, referans deneye göre sınıf değiştirmesini etkilemeyecek şekilde, %1 artma yada azalma görülmüştür.

Ulaşılan bu sonuçlardan farklı olarak ozon uygulama noktası değiştirilerek, kazana alınan suyun ilerlediği hortum içerisinde suya ve sisteme ozon verilmesi denenmiş,

ancak akış sırasında suda çözünen ozon miktarı olması gerekenden daha az seviyelerde kalmıştır.

Bu çalışma su debisinin çözünme üzerindeki etkisi düşünülerek farklı debilerde yapılmış ancak değişen debinin bu noktadan uygulanan ozon üzerinde bir etkisi görülmemiştir.

Ozon gazı ve su ara yüzeyinden kütle transferini arttırmak için yeterli sürenin oluşması için, sisteme bir su tankı eklenerek, su seviyesi yükseltilmiş ve bir kabarcığın aldığı yol arttırılarak, bu süre uzatılmıştır.

Yapılan deneylerde tanka 5 dk ozon uygulamanın, tank içerisindeki suda yeterli ozon miktarını sağladığı görülmüştür. Kazana alınan su, bu tank içerisinden geçirilerek ortama ozonlu su sağlanmıştır.

Tank uygulaması da farklı debiler için yapıldığında, değişen debinin kazanda toplanan sudaki ozon miktarı üzerinde bir etkisinin olmadığı görülmüş ve su debisi azaltılmamıştır.

Ozonun kararlı kalabileceği adımlar düşünülerek deterjansız ön yıkama adımında, birinci durulama adımında, ikinci durulama adımında ve üçüncü durulama adımında tanka ozon verilerek, kazana alınacak su bu tank içerisinden geçirilmiş, ve yeterli su miktarı kazan içerisine alındığında, ozon gazı kazana verilerek sudaki ozon miktarı desteklenmiştir.

Yapılan çalışmalarda, tank ve kazan içerisinde, belirlenen adımlarda ozon uygulamasının, yıkama performansı açısından bir etkisi görülmemiş, yıkama performansı sınıf atlamamış, ozonlu ve ozonsuz durumda “C” sınıfında kalınmıştır.

Aynı çalışma, aynı program ve süreler kullanılarak 3lt/dk su debisinde tekrarlanmış fakat yıkama performansı değişmemiş, ozonlu ve ozonsuz durumda “D” sınıfında kalınmıştır.

Çamaşır makinasında ozon kullanımı ile ilgili yapılabilecek çalışmalarda, havadan daha fazla ozon üretebilen bir jeneratör kullanılarak, yada çalışmalarda ozon jeneratörüne oksijen gazı beslenerek daha fazla miktarda ozon gazı üretilip, suda çözülmesi sağlanmalı ve yıkama performansı sonuçları incelenmelidir. Ozonun yüksek oksitleyici özelliğiyle bakteri ve mikroorganizmaları yok ederek sağladığı hijyen etkisi araştırılmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] Bertolino, R., 1983. Improvements In Washing – Machines, *Great Britain Patent*, No: 2120282 dated 30.11.1983.
- [2] Bianchi, G., and Sburlino, R., 1984. Washing Machine With Electrochemical Cell, *United State Patent*, No: 4434629 dated 06.03.1984.
- [3] Natsume, S., 2002. Cleansing System and Method Using Water Electrolysis, *United State Patent*, No: 2002023847 dated 28.02.2002.
- [4] Yurtpınar, K.E., 2004. Çamaşır Makinası Alternatif Yıkama Metotları, Arçelik ARGE Araştırma Raporu, ANN-549, İstanbul.
- [5] Sato, M., Kudo, N., and Saito, M., 1998. Surface Tension Of Liquid By Applied Electric Field Using Vibrating Jet Method, in *IEEE Transactions On Industry Applications*, **34** (2), 294-300.
- [6] Yamada, T., Sugimoto, T., Higashiyama, Y., Takeishi, M., and Aoki, T., 2003. Resonance Phenomena of a Single Water Droplet Located on a Hydrophobic Sheet Under AC Electric Field, in *IEEE Transactions On Industry Applications*, **39** (1), 59-65.
- [7] Mizuno, Y., Iwatani, M., Nagata, M., Kondo, K., and Ito, S., 1998. Behavior of Water Droplets on Silicone Rubber Sheet Under AC Voltage Application, in *IEEE*, September 1998, 96-99.
- [8] Keim, S., and Koenig, D., 2001. The Dynamic Behaviour of Water Drops in an AC Field, in *IEEE*, August 2001, 613-616.
- [9] Johnstone, P.T., and Bodger, P.S., 2000. Disinfection of Deionised Water Using AC High Voltage, in *IEE Proceeding – Science Meas. Technology*, **147** (3), 141–144.
- [10] Chen, X., Raghavan, G.S.V., Dai, J., and Liu, Z., 2003. Microwave – Assisted Loundry of Cotton Textiles, *Journal of Microwave Power & Electromagnetic Energy*, **38** (1), 5-12.
- [11] Hloch, H., Wfk-Cleaning Technology Research Institute, Application of High-Frequency Electromagnetic Waves to Accelerate Bleaching and Disinfection in Textile Washing, *AiF Research Project No. 11084*, <http://www.wfk.de/forschung/aif11084.php?sprache=englisch>
- [12] Bladen, D., Engel, R., Gallo, J.G., and Engel, V.F., 1992. Laundry Waste Water Treatment and Wash Process, *United State Patent*, No: 5097556 dated 24.03.1992.
- [13] Tsukamoto, K., Mizuniwa, T., Ida, J., Ota, O., and Morita, H., 2000. Development of Ozonated Ultrapure Water Supplying System Using Direct-Dissolving Method, *The Ninth International Symposium on Semiconductor Manufacturing (ISSM2000)*, TOKYO, Japan, September, 325-328.

- [14] Rubin, J.B., Davenhall, L.B., Barton, J., Taylor, C.M.V., Tiefert, K., 1998. A Comparison of Chilled DI Water/Ozone and CO₂-Based Supercritical Fluids as Replacements for Photoresist-Stripping Solvents, *Electronics Manufacturing Technology Symposium, Twenty-Third IEEE/CPMT*, Austin, TX, USA, 19-21 October, 308-314.
- [15] GDT Water Process Corporation, Retrofit of Ozone Installations with Side Stream Injection and Degasification, <http://www.w-m-t.com/portal/Portals/57ad7180-c5e7-49f5-b282-c6475cdb7ee7/documents/9-20.pdf>
- [16] Stanford, T.B., Chao, S.C., Purer, E.M., and Townsend, C.W., 1994. Cleaning by Cavitation in Liquefied Gas, *European Patent*, No: 0583653 dated 23.02.1994.
- [17] Strigl R., and Wandke, E., 2000. Improved Washing of Textile or Metal Articles Uses Liquid or Supercritical Carbon Dioxide At High Pressure to Reduce The Amount of Carbon Dioxide Required, *Deutsche Patent*, No: 1990731 dated 09.11.2000.
- [18] Uhlin, G., 2000. Apparatus For Cleaning Textiles With A Densified Liquid Treatment Gas, *World Patent*, No: 0063483 dated 26.10.2000.
- [19] Oide, M., 1994. Steam Washing Machine, *Japan Patent*, No:6073580 dated 15.03.1994.
- [20] Noceroni, M.I.O., and Novellino, G.I.O., 2003. Laundry drier or automatic washing machine with steaming device, *European Patent*, No:1275767 dated 15.01.2003.
- [21] Blasutti, M., 1989. Ultrasonic Washing Machine, *Japan Patent*, No:1011595 dated 17.01.1989.
- [22] Wit, L.D.G., 1990. Method for Ultrasonic Cleaning of Textiles, *European Patent*, No:0392586 dated 17.10.1990.
- [23] Murakami, T., 1999. Vacuum-Sterilizing And Washing Method Of Washing Machine, *Japan Patent*, No:11226290 dated 24.08.1999.
- [24] Yu, C., Cheng, B., and Cui, T., 2000. Vacuum Washing Machine, *Chine Patent*, No:1258773 dated 05.07.2000.
- [25] Yu, C., Cheng, B., and Cui, T., 2000. Industrial Vacuum Washing Machine, *Chine Patent*, No:1258774 dated 05.07.2000.
- [26] Wang, J., 2000. Negative Pressure Suction Type Washing Machine, *Chine Patent*, No:1278031, 27.12.2000.
- [27] Lee, O.K., 1994. Ultrasonic Clothes Washing Machine Containing a Tourmaline Ceramic Coating, *United States Patent*, No:5309739 dated 10.05.1994.
- [28] Lee, O.K., 1998. Water Treatment Method Using Tourmaline, *United States Patent*, No:5770089 dated 23.06.1998.
- [29] Jakobi, G. and Löhr, A., 1987. Detergents and Textile Washing, s.41-87, Henkel KgaA, Düsseldorf.

- [30] **Adami, I., Moretti, G. F. and Groot, W. H.**, 1995. The Manufacture of Modern Detergent Powders, s.35-39, Herman De Groot Academic Publisher, The Netherlands.
- [31] **Baykut, S.**, 1986. Yüzey Aktif Maddeler ve Fizikokimyası, s. 6-13, İstanbul Üniversitesi Yayınları, İstanbul.
- [32] **Spitz, L.**, 1996. Soaps and Detergents: A Theoretical and Practical Review, s.315-321, AOCS Press, Champaign Illinois.
- [33] **Werdelmann, B.**, 1974. Soap Cosmet. Chem.Spec. s.36
- [34] **Reiff, J.**, 1995. Ozone Puts The Washroom On a Diet, *Textile Rental*, June, 64-68.
- [35] **EN 60456**, 1999. Clothes Washing Machines for Household Use – Methods for Measuring the Performance, British Standard.
- [36] **Ülger, Z.**, 2002. Bulaşık Makinesi Yıkama Ortamının İncelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [37] **Köse, M., ve Çavdar, B.**, 1997. Yeni Yıkama / Isıtma Profili Geliştirme Ve Eco Label Kriterlerine Uygunluğunun Sağlanması, Arçelik ARGE Araştırma Raporu, ANN-097, İstanbul.
- [38] **Nalçacı, B., Türkoğlu, K., ve Samadow, F.**, 2000. 98021 Laboratuvar Kalite Yönetim Sistemi Projesi ÇM Yıkama Performansı Ölçüm Belirsizliğinin Hesaplanması, Arçelik ARGE Araştırma Raporu, ANN-285, İstanbul.
- [39] **International Fabricate Institute**, 1989. The Association of Professional Drycleaners and Launderers, *BULLETIN 1989, Technical Operating Information (TOI)*, 614 / IFI Fabricare News/November 1989.
- [40] **Pearsall, C.W.**, RGF Environmental Group, Laundering With Ozone: An environmentally friendly way to reduce health care costs <http://www.rgf.com/products/laundry.html>
- [41] **Overbeck, P., and Mazzei, A.**, 1997. High efficiency In-Line Pressurized Ozone Contacting With The GDTTM Process, *International Ozone Association European African Group 1997 Annual Conference*, Berlin, Germany, 22 Nisan.
- [42] **Ülger, Z.**, 2002, Bulaşık Makinesinde Alternatif Yıkama Teknikleri, Arçelik ARGE Araştırma Raporu, ANN-361, İstanbul.
- [43] **Universal Beauty Science Co, Ltd**, MK-BIO Ceramic Washing Balls, <http://www.s-trademart.com/co/u/ubscsco/product.html?grp=GC00009545&cid=CA00009548>
- [44] **Hae-Yong, K.**, 2002. Super Tourmaline Ball, *Korea Institute of Construction Materials, Universal Beauty Science Co. Ltd*, 9.24.2002.
- [45] **Biocera**, Bio Ceramic Balls, <http://www.biocera.co.kr>
- [46] **Ozone Applications**, www.ozoneapplications.com/products/ozonegenerators/ac500.htm

EK A

Tablo A.1: Mikrodalga Destekli Yıkama VTS Bilgileri

	T1 (°C) Kazan Suyu Sıcaklığı	T2 MD Sog. Çıkış Sıcaklığı	T3 (°C) GİRİŞ Suyu Sıcaklığı	Süre (sn)	Süre (dk)	En. (Wh)	Ana Yık. (lt)	Dur1 (lt)	Dur2 (lt)	Yumş (lt)	Top. Su (lt)	
MD_Ref_1	55.38	41.88	16.15	9853	164	1324	15.05	8.83	10.88	11.43	46.19	B
MD_Ref_2	54.65	41.94	15.91	9888	165	1273	15.06	10.35	10.33	11.36	47.10	
MD_Ref_3	55.73	42.30	16.06	9891	165	1349	15.30	9.51	9.69	10.57	45.07	
MD_IsOn_1	54.25	40.84	16.03	9553	159	1300	15.00	10.83	10.91	11.61	48.35	B
MD_IsOn_2	54.47	41.98	15.95	9585	160	1330	14.99	9.92	9.91	10.96	45.78	
MD_IsOn_3	53.87	41.53	15.89	9440	157	1253	14.85	9.81	9.91	10.92	45.49	
MD_IsSon_1	58.38	66.27	15.69	10040	167	1595	15.43	9.94	10.11	11.14	46.62	C
MD_IsSon_2	56.62	65.91	15.97	9867	164	1481	15.01	9.97	9.93	10.97	45.88	
MD_IsSon_3	56.06	65.71	15.85	9741	162	1440	15.03	9.95	9.91	11.01	45.90	
MD_1Durulama_1	51.19	50.5	15.97	9645	161	1371	14.72	9.81	9.96	10.82	45.31	C
MD_1Durulama_2	53.90	51.88	15.87	9834	164	1508	14.92	9.91	9.99	11.03	45.85	
MD_1Durulama_3	53.65	52.51	15.74	9914	165	1459	15.04	9.89	9.95	10.95	45.83	

Tablo A.2: MDY Referans Deneyleri Yıkama Değerlendirme Formu

ARÇELİK A.Ş. ÇAMAŞIR MAKİNASI YIKAMA DEĞERLENDİRMESİ													
Lab:		Deney No:				Proje No:							
Marka:		Program:				Kalibrasyon No:							
Model:		Gerilim:				Kalibrasyon Tarihi:							
Yıkama Performansı (EMPA 198 / wfk / ARÇELİK - Parti no /Tarih :)													
Test		şarap	kakao	kah	k.s/yağı / m.yağı							Toplam	
1	Xave	87.816	67.820	88.712	45.700							290.048	
2	Xave	86.972	67.408	88.766	45.324							288.470	
3	Xave	87.286	68.032	89.614	45.892							290.824	
4	Xave											0.000	
5	Xave											0.000	
6	Xave											0.000	
7	Xave											0.000	
8	Xave											0.000	
9	Xave											0.000	
10	Xave											0.000	
Ortalama	X	87.358	67.753	89.031	45.639							289.781	
Std. Sap.		0.427	0.317	0.506	0.289							139.979	
Referans													
Test		şarap	kakao	kah	k.s/yağı / m.yağı							Toplam	
1	Xave	87.010	68.110	90.192	43.340							288.652	
2	Xave	86.802	67.504	90.208	43.056							287.570	
3	Xave	86.802	67.154	89.598	43.364							286.918	
4	Xave	86.706	68.426	89.660	43.586							288.378	
5	Xave	86.790	67.472	89.554	42.892							286.708	
6	Xave											0.000	
7	Xave											0.000	
8	Xave											0.000	
9	Xave											0.000	
10	Xave											0.000	
Ortalama	X	86.822	67.733	89.842	43.248							287.645	
Std. Sap.		0.112	0.519	0.329	0.274							151.603	
Yıkama Performansı İndeksi					1.007				Yıkama Performansı Sınıfı				B
Test	max T (°C)	Enerji Tüketimi					Su Tüketimi		Sıkma Verimi				
		zaman (dak)	şaraplı sıcaklığı (°C)	enerji (kWh)	diğer iletkenlik enerji (kWh)	(kWh/kg)	toplam su (lt)	ana yıkama suyu (lt)	kuruyık (kg)	sıkma sonunda yıkadığı	kalan su (%)	max sıkma devri (dak)	
1	55.4	164	17.0	1.32	1.359	0.273	46.2	15.1	4.98	8.52	71.16	800	
2	54.7	165	17.0	1.27	1.308	0.262	47.1	15.1	5.00	8.43	68.77	800	
3	55.7	165	17.0	1.35	1.385	0.275	45.1	15.3	5.04	8.57	70.11	800	
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
Ortalama	55.3	165	17.0	1.32	1.351	0.270	46.1	15.1	5.00	8.50	70.01	800	
Std. Dev.	0.55	0.4	0.00	0.039	0.0390	0.0071	1.02	0.14	0.031	0.068	1.197	0.0	
Tarih							Değerlendiren						

Tablo A.3: MDY Isıtma Öncesi Deneyleri Yıkama Değerlendirme Formu

ARÇELİK A.Ş. ÇAMAŞIR MAKİNASI YIKAMA DEĞERLENDİRMESİ												
Lab:		Deney No:				Proje No:						
Marka:		Program:				Kalibrasyon No:						
Model:		Gerilim:				Kalibrasyon Tarihi:						
Yıkama Performansı (EMPA 198 / wfk / ARÇELİK - Parti no / Tarih :)												
Test		şarap	kakao	kan	k.siyahı / m.yağı							Toplam
1	Xave	86.940	66.862	89.034	44.986							286.822
2	Xave	86.786	68.416	89.166	45.644							290.012
3	Xave	86.988	66.962	88.900	46.304							289.154
4	Xave											
5	Xave											
6	Xave											
7	Xave											
8	Xave											
9	Xave											
10	Xave											
Ortalama	X	86.905	67.080	89.033	45.645							288.663
Std. Sap.		0.106	1.281	0.133	0.659							1.651
Referans												
Test		şarap	kakao	kan	k.siyahı / m.yağı							Toplam
1	Xave	87.010	68.110	90.192	43.340							288.652
2	Xave	86.802	67.504	90.208	43.056							287.570
3	Xave	86.802	67.154	89.598	43.364							286.918
4	Xave	86.706	68.426	89.660	43.586							288.378
5	Xave	86.790	67.472	89.554	42.892							286.708
6	Xave											
7	Xave											
8	Xave											
9	Xave											
10	Xave											
Ortalama	X	86.822	67.733	89.842	43.248							287.645
Std. Sap.		0.112	0.519	0.329	0.274							0.861
Yıkama Performansı İndeksi					1.004				Yıkama Performansı Sınıfı			B
Test	max T (°C)	zaman (dak)	Enerji Tüketimi				Su Tüketimi		Sıkma Verimi			
			su giriş sıcaklığı (°C)	enerji (kWh)	düzeltilmiş enerji (kWh)	(kWh/kg)	toplam su (lt)	ana yıkama suyu (lt)	kuru yük (kg)	sıkma sonunda yük (kg)	kalan su (%)	max sıkma devri (d/dak)
1	54.3	159	17.0	1.30	1.335	0.264	48.4	15.0	5.07	8.67	71.17	800
2	54.5	160	17.0	1.33	1.365	0.274	45.8	15.0	4.98	8.28	66.27	800
3	53.9	157	17.0	1.25	1.288	0.258	45.5	14.9	4.99	8.47	69.81	800
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
Ortalama	54.2	159	17.0	1.29	1.329	0.265	46.5	14.9	5.01	8.47	69.08	800
Std. Dev.	0.30	1.3	0.00	0.039	0.0390	0.0080	1.57	0.08	0.048	0.195	2.534	0.0
Tarih							Değerlendiren					

Tablo A.4: MDY Isıtma Sonrası Deneyleri Yıkama Değerlendirme Formu

ARÇELİK A.Ş. ÇAMAŞIR MAKİNASI YIKAMA DEĞERLENDİRMESİ													
Lab:			Deney No:				Proje No:						
Marka:			Program:				Kalibrasyon No:						
Model:			Gerilim:				Kalibrasyon Tarihi:						
Yıkama Performansı (EMPA 198 / wtk / ARÇELİK - Parti no / Tarih :)													
Test		şarap	kakao	kan	k.siyahı / m.yağı								Toplam
1	Xave	87.252	67.506	88.662	45.070								288.490
2	Xave	86.944	66.488	88.852	44.336								286.620
3	Xave	86.812	66.896	88.494	45.714								287.876
4	Xave												
5	Xave												
6	Xave												
7	Xave												
8	Xave												
9	Xave												
10	Xave												
Ortalama	X	87.003	66.950	88.669	45.040								287.662
Std. Sap.		0.226	0.515	0.179	0.689								0.953
Referans													
Test		şarap	kakao	kan	k.siyahı / m.yağı								Toplam
1	Xave	87.010	68.110	90.192	43.340								288.652
2	Xave	86.802	67.504	90.208	43.056								287.570
3	Xave	86.802	67.154	89.598	43.364								286.918
4	Xave	86.706	68.426	89.660	43.586								288.378
5	Xave	86.790	67.472	89.554	42.892								286.708
6	Xave												
7	Xave												
8	Xave												
9	Xave												
10	Xave												
Ortalama	X	86.822	67.733	89.842	43.248								287.645
Std. Sap.		0.112	0.519	0.329	0.274								0.861
Yıkama Performansı İndeksi					1.000			Yıkama Performansı Sınıfı			C		
Enerji Tüketimi													
Test	max T (°C)	zaman (dak)	su giriş sıcaklığı (°C)	enerji (kWh)	düzeltilmiş enerji (kWh)	(kWh/kg)	Su Tüketimi		Sıkma Verimi				
							toplam su (lt)	ana yıkama suyu (lt)	kuru yük (kg)	sıkma sonunda yük (kg)	kalan su (%)	max sıkma devri (d/dak)	
1	58.4	167	17.0	1.60	1.631	0.328	46.6	15.4	4.97	8.49	70.72	800	
2	56.6	164	17.0	1.48	1.516	0.300	45.9	15.0	5.05	8.66	71.39	800	
3	56.1	162	17.0	1.44	1.475	0.293	45.9	15.0	5.04	8.67	71.92	800	
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
Ortalama	57.0	165	17.0	1.51	1.541	0.307	46.1	15.2	5.02	8.60	71.35	800	
Std. Dev.	1.21	2.5	0.00	0.080	0.0808	0.0187	0.42	0.24	0.044	0.101	0.601	0.0	
Tarih							Değerlendiren						

Tablo A.5: MDY Birinci Durulama Deneyleri Yıkama Değerlendirme Formu

ARÇELİK A.Ş. ÇAMAŞIR MAKİNASI YIKAMA DEĞERLENDİRMESİ												
Lab:		Deney No:					Proje No:					
Marka:		Program :					Kalibrasyon No:					
Model:		Gerilim :					Kalibrasyon Tarihi:					
Yıkama Performansı (EMPA 198 / wfk / ARÇELİK - Parti no /Tarih :)												
Test		şarap	kakao	kan	k.siyahı / m.yağı							Toplam
1	Xave	85.932	65.832	88.338	43.638							283.740
2	Xave	85.684	66.026	88.642	43.372							283.724
3	Xave	86.688	68.360	88.942	45.490							289.480
4	Xave											
5	Xave											
6	Xave											
7	Xave											
8	Xave											
9	Xave											
10	Xave											
Ortalama	X	86.101	66.739	88.641	44.167							285.648
Std. Sap.		0.523	1.407	0.302	1.154							3.319
Referans												
Test		şarap	kakao	kan	k.siyahı / m.yağı							Toplam
1	Xave	87.010	68.110	90.192	43.340							288.652
2	Xave	86.802	67.504	90.208	43.056							287.570
3	Xave	86.802	67.154	89.598	43.364							286.918
4	Xave	86.706	68.426	89.660	43.586							288.378
5	Xave	86.790	67.472	89.554	42.892							286.708
6	Xave											
7	Xave											
8	Xave											
9	Xave											
10	Xave											
Ortalama	X	86.822	67.733	89.842	43.248							287.645
Std. Sap.		0.112	0.519	0.329	0.274							0.861
Yıkama Performansı İndeksi					0.993			Yıkama Performansı Sınıfı			C	
Test	max T (°C)	zaman (dak)	Enerji Tüketimi				Su Tüketimi		Sıkma Verimi			
			su giriş sıcaklığı (°C)	enerji (kWh)	düzeltilmiş enerji (kWh)	(kWh/kg)	toplam su (lt)	ana yıkama suyu (lt)	kuru yük (kg)	sıkma sonunda yük (kg)	kalan su (%)	max sıkma devri (d/dak)
1	51.2	161	17.0	1.37	1.405	0.278	45.3	14.7	5.06	8.58	69.57	800
2	53.9	164	17.0	1.51	1.543	0.310	45.9	14.9	4.98	8.35	67.84	800
3	53.7	165	17.0	1.46	1.494	0.298	45.8	15.0	5.01	8.60	71.66	800
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
Ortalama	52.9	163	17.0	1.45	1.481	0.295	45.7	14.9	5.02	8.51	69.69	800
Std. Dev.	1.50	2.3	0.00	0.069	0.0697	0.0164	0.31	0.16	0.043	0.139	1.912	0.0
Tarih							Değerlendiren					

EK B

Tablo B.1: Kazandan Ozon Verme Deneyleri VTS Bilgileri

DENEY VTS TAKİBİ											
Deney Adı	T1 NTC (°C)	T2 ÇEKMCE (°C)	T3 SU GRŞ (°C)	Süre (dk)	Enerji (Wh)	Ön Yık. (lt)	Ana Yık. (lt)	1.Dur (lt)	2.Dur (lt)	2.Dur (lt)	Top.Su (lt)
Pam40C_Ref_1	41.87	19.92	16.47	173	867	15.20	7.13	10.20	10.23	11.26	54.02
Pam40C_Ref_2	42.14	18.76	15.88	173	855	15.24	7.13	10.25	10.27	11.26	54.15
Pam40C_Ref_3	41.77	23.99	15.85	174	893	15.48	7.29	10.21	10.19	11.21	54.38
Pam60C_Ref_1	58.05	23.70	15.74	194	1602	15.29	7.23	10.19	10.33	11.23	54.27
Pam60C_Ref_2	58.52	20.11	15.95	196	1602	15.22	7.16	10.17	10.20	11.27	54.02
Pam60C_Ref_3	58.61	21.58	16.00	194	1570	15.28	7.29	10.17	10.21	11.27	54.22
Pam40C_ÖY_1	41.66	15.97	15.94	174	928	15.33	7.16	10.29	10.24	11.27	54.29
Pam40C_ÖY_2	42.15	18.39	16.07	175	913	15.19	7.14	10.26	10.25	11.23	54.07
Pam40C_ÖY_3	42.10	19.58	16.77	173	894	15.19	7.17	10.25	10.28	11.16	54.05
Pam40C_1D_1	41.99	18.27	15.83	176	940	15.21	7.14	10.27	10.27	11.19	54.08
Pam40C_1D_2	42.05	19.20	15.73	176	944	15.33	7.24	10.31	10.31	11.26	54.45
Pam40C_1D_3	41.91	19.21	15.79	175	911	15.20	7.17	10.18	10.23	11.24	54.02
Pam40C_2D_1	41.91	16.22	16.02	176	947	15.27	7.19	10.21	10.37	11.22	54.26
Pam40C_2D_2	42.13	15.94	15.77	174	865	15.26	7.16	10.26	10.24	11.37	54.29
Pam40C_2D_3	42.65	19.53	15.70	176	902	15.21	7.22	10.35	10.24	11.28	54.30
Pam60C_ÖY_1	58.77	15.99	15.82	196	1640	15.24	7.21	10.14	10.24	11.27	54.10
Pam60C_ÖY_2	58.99	17.66	15.83	195	1609	15.22	7.12	10.29	10.25	11.24	54.12
Pam60C_ÖY_3	58.34	16.22	15.81	196	1617	16.18	7.15	10.16	10.12	11.19	54.80
Pam60C_1D_1	58.92	17.41	15.99	196	1614	15.35	7.31	10.18	10.31	11.37	54.52
Pam60C_1D_2	59.27	17.79	16.61	194	1560	15.23	7.27	10.33	10.25	11.19	54.27
Pam60C_1D_3	59.19	16.59	16.57	194	1568	15.21	7.14	10.24	10.31	11.23	54.13
Pam60C_2D_1	58.41	17.91	16.53	195	1594	15.31	7.18	10.26	10.16	11.20	54.11
Pam60C_2D_2	59.01	17.87	16.07	194	1547	15.32	7.14	10.26	10.19	11.29	54.2
Pam60C_2D_3	58.90	15.94	15.89	196	1627	15.23	7.19	10.23	10.22	11.33	54.2

Tablo B.2: Pamuklu 40°C Programında, Kazandan Ozon Verme Deneyleri Referans Yıkama Değerlendirme Formu

ARÇELİK A.Ş. ÇAMAŞIR MAKİNASI YIKAMA DEĞERLENDİRMESİ												
Lab:		Deney No:				Proje No:						
Marka:		Program:				Kalibrasyon No:						
Model:		Gerilim:				Kalibrasyon Tarihi:						
Yıkama Performansı (EMPA 105 / wfk / ARÇELİK - Parti no / Tarih :)												
Test		şarap	kakao	kan	k.siyahı / m.yağı							Toplam
1	Xave	81.950	62.168	80.155	41.068							265.341
2	Xave	80.831	60.671	82.496	39.765							263.763
3	Xave	81.815	61.745	82.120	40.071							265.751
4	Xave											
5	Xave											
6	Xave											
7	Xave											
8	Xave											
9	Xave											
10	Xave											
Ortalama	X	81.532	61.528	81.590	40.301							264.952
Std. Sap.		0.611	0.772	1.257	0.681							1.050
Referans												
Test		şarap	kakao	kan	k.siyahı / m.yağı							Toplam
1	Xave	85.326	62.826	83.318	42.670							274.140
2	Xave	85.812	63.758	83.798	44.138							277.506
3	Xave	85.688	64.174	82.616	41.926							274.404
4	Xave	85.602	63.106	82.468	42.712							273.888
5	Xave	85.534	62.102	82.932	40.462							271.030
6	Xave											
7	Xave											
8	Xave											
9	Xave											
10	Xave											
Ortalama	X	85.592	63.193	83.026	42.382							274.194
Std. Sap.		0.182	0.808	0.541	1.339							2.298
Yıkama Performansı İndeksi				0.966				Yıkama Performansı Sınıfı				D
		Enerji Tüketimi					Su Tüketimi		Sıkma Verimi			
Test	max T (°C)	zaman (dak)	su giriş sıcaklığı (°C)	enerji (kWh)	düzeltilmiş enerji (kWh)	(kWh/kg)	toplam su (lt)	ana yıkama suyu (lt)	kuru yük (kg)	sıkma sonunda yük (kg)	kalan su (%)	max sıkma devri (d/dak)
1	41.9	173	17.0	867.00	867.017	144.262	54.0	7.1	6.01	9.71	61.48	1200
2	42.1	173	17.0	855.00	855.017	141.676	54.2	7.1	6.04	9.51	57.50	1200
3	41.8	174	17.0	893.00	893.017	148.836	54.4	7.3	6.00	9.51	58.42	1200
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
Ortalama	41.9	173	17.0	871.67	871.683	144.925	54.2	7.2	6.02	9.57	59.13	1200
Std. Dev.	0.19	0.5	0.00	19.425	19.4253	3.6256	0.18	0.09	0.018	0.115	2.086	0.0
Tarih							Değerlendiren					

Tablo B.3: Pamuklu 40°C Programında, ÖY’ da Kazandan Ozon Verme Deneyleri
Yıkama Değerlendirme Formu

ARÇELİK A.Ş. ÇAMAŞIR MAKİNASI YIKAMA DEĞERLENDİRMESİ													
Lab:		Deney No:				Proje No:							
Marka:		Program:				Kalibrasyon No:							
Model:		Gerilim:				Kalibrasyon Tarihi:							
Yıkama Performansı (EMPA 105 / wfk / ARÇELİK - Parti no / Tarih :)													
Test		şarap	kakao	kan	k.siyahı / m.yağı	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	Toplam
1	Xave	82.745	61.666	80.898	41.593								266.902
2	Xave	81.175	61.543	78.490	40.195								261.403
3	Xave	80.201	62.025	82.865	40.633								265.724
4	Xave												
5	Xave												
6	Xave												
7	Xave												
8	Xave												
9	Xave												
10	Xave												
Ortalama	X	81.374	61.745	80.751	40.807								264.676
Std. Sap.		1.284	0.250	2.191	0.715								2.895
Referans													
Test		şarap	kakao	kan	k.siyahı / m.yağı	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	Toplam
1	Xave	85.326	62.826	83.318	42.670								274.140
2	Xave	85.812	63.758	83.798	44.138								277.506
3	Xave	85.688	64.174	82.616	41.926								274.404
4	Xave	85.602	63.106	82.468	42.712								273.888
5	Xave	85.534	62.102	82.932	40.462								271.030
6	Xave												
7	Xave												
8	Xave												
9	Xave												
10	Xave												
Ortalama	X	85.592	63.193	83.026	42.382								274.194
Std. Sap.		0.182	0.808	0.541	1.339								2.298
Yıkama Performansı İndeksi				0.965				Yıkama Performansı Sınıfı				D	
		Enerji Tüketimi					Su Tüketimi		Sıkma Verimi				
Test	max T (°C)	zaman (dak)	su giriş sıcaklığı (°C)	enerji (kWh)	düzeltilmiş enerji (kWh)	(kWh/kg)	toplam su (lt)	ana yıkama suyu (lt)	kuru yük (kg)	sıkma sonunda yük (kg)	kalan su (%)	max sıkma devri (d/dak)	
1	41.7	174	17.0	928.00	928.017	155.187	54.3	7.2	5.98	9.45	58.03	1200	
2	42.2	175	17.0	913.00	913.017	150.539	54.1	7.1	6.07	9.58	57.87	1200	
3	42.1	173	17.0	894.00	894.017	148.879	54.1	7.2	6.01	8.53	42.05	1200	
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
Ortalama	42.0	174	17.0	911.67	911.683	151.535	54.1	7.2	6.02	9.19	52.65	1200	
Std. Dev.	0.27	0.9	0.00	17.039	17.0392	3.2698	0.13	0.02	0.044	0.571	9.181	0.0	
Tarih							Değerlendiren						

Tablo B.4: Pamuklu 40°C Programında, 1D’ da Kazandan Ozon Verme Deneyleri
Yıkama Değerlendirme Formu

ARÇELİK A.Ş. ÇAMAŞIR MAKİNASI YIKAMA DEĞERLENDİRMESİ												
Lab:		Deney No:				Proje No:						
Marka:		Program:				Kalibrasyon No:						
Model:		Gerilim:				Kalibrasyon Tarihi:						
Yıkama Performansı (EMPA 105 / wfk / ARÇELİK - Parti no / Tarih :)												
Test		şarap	kakao	kan	k.siyahı / m.yağı							Toplam
1	Xave	83.468	64.505	85.921	42.951							276.845
2	Xave	83.750	62.551	83.803	42.858							272.962
3	Xave	82.095	63.140	82.426	41.803							269.464
4	Xave											
5	Xave											
6	Xave											
7	Xave											
8	Xave											
9	Xave											
10	Xave											
Ortalama	X	83.104	63.399	84.050	42.537							273.090
Std. Sap.		0.885	1.002	1.761	0.638							3.692
Referans												
Test		şarap	kakao	kan	k.siyahı / m.yağı							Toplam
1	Xave	85.326	62.826	83.318	42.670							274.140
2	Xave	85.812	63.758	83.798	44.138							277.506
3	Xave	85.688	64.174	82.616	41.926							274.404
4	Xave	85.602	63.106	82.468	42.712							273.888
5	Xave	85.534	62.102	82.932	40.462							271.030
6	Xave											
7	Xave											
8	Xave											
9	Xave											
10	Xave											
Ortalama	X	85.592	63.193	83.026	42.382							274.194
Std. Sap.		0.182	0.808	0.541	1.339							2.298
Yıkama Performansı İndeksi				0.996				Yıkama Performansı Sınıfı				C
Enerji Tüketimi												
Test	max T (°C)	zaman (dak)	su giriş sıcaklığı (°C)	enerji (kWh)	düzeltilmiş enerji (kWh)	(kWh/kg)	toplam su (lt)	ana yıkama suyu (lt)	kuru yük (kg)	sıkma sonunda yük (kg)	kalan su (%)	max sıkma devri (d/dak)
1	42.0	176	17.0	940.00	940.017	157.062	54.1	7.1	5.99	9.61	60.48	1200
2	42.1	176	17.0	944.00	944.017	158.259	54.5	7.2	5.97	6.60	10.65	1200
3	41.9	175	17.0	911.00	911.017	151.332	54.0	7.2	6.02	9.48	57.39	1200
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
Ortalama	42.0	176	17.0	931.67	931.683	155.551	54.2	7.2	5.99	8.56	42.84	1200
Std. Dev.	0.07	0.6	0.00	18.009	18.0093	3.7028	0.23	0.05	0.028	1.699	27.925	0.0
Tarih							Değerlendiren					

Tablo B.5: Pamuklu 40°C Programında, 2D ‘da Kazandan Ozon Verme Deneyleri
Yıkama Değerlendirme Formu

ARÇELİK A.Ş. ÇAMAŞIR MAKİNASI YIKAMA DEĞERLENDİRMESİ													
Lab:		Deney No:				Proje No:							
Marka:		Program:				Kalibrasyon No:							
Model:		Gerilim:				Kalibrasyon Tarihi:							
Yıkama Performansı (EMPA 105 / wfk / ARÇELİK - Parti no / Tarih :)													
Test		şarap	kakao	kan	k.siyahı / m.yağı								Toplam
1	Xave	83.331	63.470	83.553	40.878								271.232
2	Xave	78.735	59.240	76.461	40.245								254.681
3	Xave	81.653	62.766	82.525	41.438								268.382
4	Xave												
5	Xave												
6	Xave												
7	Xave												
8	Xave												
9	Xave												
10	Xave												
Ortalama	X	81.240	61.825	80.846	40.854								264.765
Std. Sap.		2.326	2.266	3.832	0.597								8.848
Referans													
Test		şarap	kakao	kan	k.siyahı / m.yağı								Toplam
1	Xave	85.326	62.826	83.318	42.670								274.140
2	Xave	85.812	63.758	83.798	44.138								277.506
3	Xave	85.688	64.174	82.616	41.926								274.404
4	Xave	85.602	63.106	82.468	42.712								273.888
5	Xave	85.534	62.102	82.932	40.462								271.030
6	Xave												
7	Xave												
8	Xave												
9	Xave												
10	Xave												
Ortalama	X	85.592	63.193	83.026	42.382								274.194
Std. Sap.		0.182	0.808	0.541	1.339								2.298
Yıkama Performansı İndeksi				0.966				Yıkama Performansı Sınıfı				D	
Enerji Tüketimi													
Test	max T (°C)	zaman (dak)	su giriş sıcaklığı (°C)	enerji (kWh)	düzeltilmiş enerji (kWh)	(kWh/kg)	toplam su (lt)	ana yıkama suyu (lt)	kuru yük (kg)	sıkma sonunda yük (kg)	kalan su (%)	max sıkma devri (d/dak)	
1	41.9	176	17.0	947.00	947.017	156.921	54.3	7.19	6.04	9.44	56.42	1200	
2	42.1	174	17.0	865.00	865.017	143.810	54.3	7.16	6.02	9.61	59.77	1200	
3	42.7	176	17.0	902.00	902.017	149.217	54.3	7.22	6.05	9.50	57.07	1200	
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
Ortalama	42.2	176	17.0	904.67	904.683	149.983	54.3	7.2	6.03	9.52	57.75	1200	
Std. Dev.	0.38	1.1	0.00	41.065	41.0650	6.5889	0.02	0.03	0.015	0.087	1.774	0.0	
Tarih							Değerlendiren						

Tablo B.6: Pamuklu 60°C Programında, Kazandan Ozon Verme Deneyleri Referans Yıkama Değerlendirme Formu

ARÇELİK A.Ş. ÇAMAŞIR MAKİNASI YIKAMA DEĞERLENDİRMESİ												
Lab:		Deney No:				Proje No:						
Marka:		Program:				Kalibrasyon No:						
Model:		Gerilim:				Kalibrasyon Tarihi:						
Yıkama Performansı (EMPA 105 / wfk / ARÇELİK - Parti no / Tarih :)												
Test		şarap	kakao	kan	k.siyahı / m.yağı							Toplam
1	Xave	87.815	68.486	87.885	44.093							288.279
2	Xave	87.295	66.646	86.058	42.953							282.952
3	Xave	89.833	69.595	89.901	44.461							293.790
4	Xave											
5	Xave											
6	Xave											
7	Xave											
8	Xave											
9	Xave											
10	Xave											
Ortalama	X	88.314	68.242	87.948	43.836							288.340
Std. Sap.		1.341	1.490	1.922	0.786							5.419
Referans												
Test		şarap	kakao	kan	k.siyahı / m.yağı							Toplam
1	Xave	85.326	62.826	83.318	42.670							274.140
2	Xave	85.812	63.758	83.798	44.138							277.506
3	Xave	85.688	64.174	82.616	41.926							274.404
4	Xave	85.602	63.106	82.468	42.712							273.888
5	Xave	85.534	62.102	82.932	40.462							271.030
6	Xave											
7	Xave											
8	Xave											
9	Xave											
10	Xave											
Ortalama	X	85.592	63.193	83.026	42.382							274.194
Std. Sap.		0.182	0.808	0.541	1.339							2.298
Yıkama Performansı İndeksi				1.052				Yıkama Performansı Sınıfı				A
		Enerji Tüketimi					Su Tüketimi		Sıkma Verimi			
Test	max T (°C)	zaman (dak)	su giriş sıcaklığı (°C)	enerji (kWh)	düzeltilmiş enerji (kWh)	(kWh/kg)	toplam su (lt)	ana yıkama suyu (lt)	kuru yük (kg)	sıkma sonunda yük (kg)	kalan su (%)	max sıkma devri (d/dak)
1	58.05	194	17.0	1602	1602	268.120	54.3	7.2	5.98	9.31	55.73	1200
2	58.52	196	17.0	1602	1602	269.246	54.0	7.2	5.95	9.61	61.43	1200
3	58.61	194	17.0	1570	1570	262.764	54.2	7.3	5.98	9.63	61.09	1200
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
Ortalama	58.4	195	17.0	1591.33	1591	266.710	54.2	7.2	5.97	9.51	59.42	1200
Std. Dev.	0.30	0.9	0.00	18.475	18	3.4634	0.13	0.07	0.014	0.179	3.195	0.0
Tarih							Değerlendiren					

Tablo B.7: Pamuklu 60°C Programında, ÖY’ da Kazandan Ozon Verme Deneyleri
Yıkama Değerlendirme Formu

ARÇELİK A.Ş. ÇAMAŞIR MAKİNASI YIKAMA DEĞERLENDİRMESİ												
Lab:		Deney No:				Proje No:						
Marka:		Program:				Kalibrasyon No:						
Model:		Gerilim:				Kalibrasyon Tarihi:						
Yıkama Performansı (EMPA 105 / wfk / ARÇELİK - Parti no / Tarih :)												
Test		şarap	kakao	kan	k.siyahı / m.yağı							Toplam
1	Xave	86.753	65.620	86.331	43.873							282.577
2	Xave	87.996	67.850	87.648	47.608							291.102
3	Xave	87.933	67.738	87.168	45.392							288.231
4	Xave											
5	Xave											
6	Xave											
7	Xave											
8	Xave											
9	Xave											
10	Xave											
Ortalama	X	87.561	67.069	87.049	45.624							287.303
Std. Sap.		0.700	1.256	0.667	1.878							4.338
Referans												
Test		şarap	kakao	kan	k.siyahı / m.yağı							Toplam
1	Xave	85.326	62.826	83.318	42.670							274.140
2	Xave	85.812	63.758	83.798	44.138							277.506
3	Xave	85.688	64.174	82.616	41.926							274.404
4	Xave	85.602	63.106	82.468	42.712							273.888
5	Xave	85.534	62.102	82.932	40.462							271.030
6	Xave											
7	Xave											
8	Xave											
9	Xave											
10	Xave											
Ortalama	X	85.592	63.193	83.026	42.382							274.194
Std. Sap.		0.182	0.808	0.541	1.339							2.298
Yıkama Performansı İndeksi				1.048				Yıkama Performansı Sınıfı				A
Enerji Tüketimi												
Test	max T (°C)	zaman (dak)	su giriş sıcaklığı (°C)	enerji (kWh)	düzeltilmiş enerji (kWh)	(kWh/kg)	toplam su (lt)	ana yıkama suyu (lt)	kuru yük (kg)	sıkma sonunda yük (kg)	kalan su (%)	max sıkma devri (d/dak)
1	58.8	196	17.0	1640.00	1640.0	273.3	54.1	7.2	6.00	9.54	59.00	1200
2	59.0	195	17.0	1609.00	1609.0	269.1	54.1	7.1	5.98	9.40	57.19	1200
3	58.3	196	17.0	1617.00	1617.0	268.6	54.8	7.2	6.02	9.61	59.63	1200
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
Ortalama	58.7	196	17.0	1622.00	1622.0	270.337	54.3	7.2	6.00	9.52	58.61	1200
Std. Dev.	0.33	0.9	0.00	16.093	16.0936	2.6078	0.40	0.05	0.020	0.107	1.268	0.0
Tarih							Değerlendiren					

Tablo B.8: Pamuklu 60°C Programında, 1D' da Kazandan Ozon Verme Deneyleri
Yıkama Değerlendirme Formu

ARÇELİK A.Ş. ÇAMAŞIR MAKİNASI YIKAMA DEĞERLENDİRMESİ												
Lab:		Deney No:				Proje No:						
Marka:		Program:				Kalibrasyon No:						
Model:		Gerilim:				Kalibrasyon Tarihi:						
Yıkama Performansı (EMPA 105 / wfk / ARÇELİK - Parti no / Tarih :)												
Test		şarap	kakao	kan	k.siyahı / m.yağı							Toplam
1	Xave	88.826	68.375	87.201	42.901							287.303
2	Xave	88.365	67.320	87.941	44.053							287.679
3	Xave	97.963	66.993	87.943	44.845							297.744
4	Xave											
5	Xave											
6	Xave											
7	Xave											
8	Xave											
9	Xave											
10	Xave											
Ortalama	X	91.718	67.563	87.695	43.933							290.909
Std. Sap.		5.413	0.722	0.428	0.978							5.923
Referans												
Test		şarap	kakao	kan	k.siyahı / m.yağı							Toplam
1	Xave	85.326	62.826	83.318	42.670							274.140
2	Xave	85.812	63.758	83.798	44.138							277.506
3	Xave	85.688	64.174	82.616	41.926							274.404
4	Xave	85.602	63.106	82.468	42.712							273.888
5	Xave	85.534	62.102	82.932	40.462							271.030
6	Xave											
7	Xave											
8	Xave											
9	Xave											
10	Xave											
Ortalama	X	85.592	63.193	83.026	42.382							274.194
Std. Sap.		0.182	0.808	0.541	1.339							2.298
Yıkama Performansı İndeksi				1.061				Yıkama Performansı Sınıfı				A
		Enerji Tüketimi					Su Tüketimi		Sıkma Verimi			
Test	max T (°C)	zaman (dak)	su giriş sıcaklığı (°C)	enerji (kWh)	düzeltilmiş enerji (kWh)	(kWh/kg)	toplam su (lt)	ana yıkama suyu (lt)	kuru yük (kg)	sıkma sonunda yük (kg)	kalan su (%)	max sıkma devri (d/dak)
1	58.9	196	17.0	1614.0	1614.0	270.128	54.5	7.3	5.98	9.55	59.83	1200
2	59.3	194	17.0	1560.0	1560.0	259.354	54.3	7.3	6.02	9.47	57.44	1200
3	59.2	194	17.0	1568.0	1568.0	262.430	54.1	7.1	5.98	9.48	58.58	1200
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
Ortalama	59.1	194	17.0	1580.7	1580.7	263.971	54.3	7.2	5.99	9.50	58.62	1200
Std. Dev.	0.18	1.3	0.00	29.1	29.1	5.5499	0.20	0.09	0.023	0.045	1.197	0.0
Tarih							Değerlendiren					

Tablo B.9: Pamuklu 60°C Programında, 2D’ da Kazandan Ozon Verme Deneyleri
Yıkama Değerlendirme Formu

ARÇELİK A.Ş. ÇAMAŞIR MAKİNASI YIKAMA DEĞERLENDİRMESİ																																																																																																																																																																																																		
Lab:		Deney No:					Proje No:																																																																																																																																																																																											
Marka:		Program:					Kalibrasyon No:																																																																																																																																																																																											
Model:		Gerilim:					Kalibrasyon Tarihi:																																																																																																																																																																																											
Yıkama Performansı (EMPA 105 / wfk / ARÇELİK - Parti no / Tarih :)																																																																																																																																																																																																		
Test		şarap	kakao	kan	k.siyahı / m.yağı							Toplam																																																																																																																																																																																						
1	Xave	88.780	66.788	88.135	44.523							288.226																																																																																																																																																																																						
2	Xave	88.836	66.656	88.048	42.628							286.168																																																																																																																																																																																						
3	Xave	88.168	68.001	88.160	43.856							288.185																																																																																																																																																																																						
4	Xave																																																																																																																																																																																																	
5	Xave																																																																																																																																																																																																	
6	Xave																																																																																																																																																																																																	
7	Xave																																																																																																																																																																																																	
8	Xave																																																																																																																																																																																																	
9	Xave																																																																																																																																																																																																	
10	Xave																																																																																																																																																																																																	
Ortalama	X	88.595	67.148	88.114	43.669							287.526																																																																																																																																																																																						
Std. Sap.		0.371	0.741	0.059	0.961							1.177																																																																																																																																																																																						
Referans																																																																																																																																																																																																		
Test		şarap	kakao	kan	k.siyahı / m.yağı							Toplam																																																																																																																																																																																						
1	Xave	85.326	62.826	83.318	42.670							274.140																																																																																																																																																																																						
2	Xave	85.812	63.758	83.798	44.138							277.506																																																																																																																																																																																						
3	Xave	85.688	64.174	82.616	41.926							274.404																																																																																																																																																																																						
4	Xave	85.602	63.106	82.468	42.712							273.888																																																																																																																																																																																						
5	Xave	85.534	62.102	82.932	40.462							271.030																																																																																																																																																																																						
6	Xave																																																																																																																																																																																																	
7	Xave																																																																																																																																																																																																	
8	Xave																																																																																																																																																																																																	
9	Xave																																																																																																																																																																																																	
10	Xave																																																																																																																																																																																																	
Ortalama	X	85.592	63.193	83.026	42.382							274.194																																																																																																																																																																																						
Std. Sap.		0.182	0.808	0.541	1.339							2.298																																																																																																																																																																																						
Yıkama Performansı İndeksi				1.049				Yıkama Performansı Sınıfı				A																																																																																																																																																																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="7">Enerji Tüketimi</th> <th colspan="2">Su Tüketimi</th> <th colspan="4">Sıkma Verimi</th> </tr> <tr> <th>Test</th> <th>max T (°C)</th> <th>zaman (dak)</th> <th>su giriş sıcaklığı (°C)</th> <th>enerji (kWh)</th> <th>düzeltilmiş enerji (kWh)</th> <th>(kWh/kg)</th> <th>toplam su (lt)</th> <th>ana yıkama suyu (lt)</th> <th>kuru yük (kg)</th> <th>sıkma sonunda yük (kg)</th> <th>kalan su (%)</th> <th>max sıkma devri (d/dak)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>58.41</td> <td>195</td> <td>17.0</td> <td>1594</td> <td>1594.0</td> <td>266.1</td> <td>54.11</td> <td>7.18</td> <td>5.99</td> <td>9.38</td> <td>56.51</td> <td>1200</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>59.01</td> <td>194</td> <td>17.0</td> <td>1547</td> <td>1547.0</td> <td>258.3</td> <td>54.2</td> <td>7.14</td> <td>5.99</td> <td>9.60</td> <td>60.27</td> <td>1200</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>58.90</td> <td>196</td> <td>17.0</td> <td>1627</td> <td>1627.0</td> <td>270.3</td> <td>54.2</td> <td>7.19</td> <td>6.02</td> <td>9.68</td> <td>60.80</td> <td>1200</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>6</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>7</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>8</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>9</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>10</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Ortalama</td> <td>58.8</td> <td>195</td> <td>17.0</td> <td>1589.33</td> <td>1589.4</td> <td>264.883</td> <td>54.2</td> <td>7.2</td> <td>6.00</td> <td>9.55</td> <td>59.19</td> <td>1200</td> </tr> <tr> <td>Std. Dev.</td> <td>0.32</td> <td>0.8</td> <td>0.00</td> <td>40.204</td> <td>40.2037</td> <td>6.0949</td> <td>0.05</td> <td>0.03</td> <td>0.017</td> <td>0.158</td> <td>2.337</td> <td>0.0</td> </tr> </tbody> </table>													Enerji Tüketimi							Su Tüketimi		Sıkma Verimi				Test	max T (°C)	zaman (dak)	su giriş sıcaklığı (°C)	enerji (kWh)	düzeltilmiş enerji (kWh)	(kWh/kg)	toplam su (lt)	ana yıkama suyu (lt)	kuru yük (kg)	sıkma sonunda yük (kg)	kalan su (%)	max sıkma devri (d/dak)	1	58.41	195	17.0	1594	1594.0	266.1	54.11	7.18	5.99	9.38	56.51	1200	2	59.01	194	17.0	1547	1547.0	258.3	54.2	7.14	5.99	9.60	60.27	1200	3	58.90	196	17.0	1627	1627.0	270.3	54.2	7.19	6.02	9.68	60.80	1200	4													5													6													7													8													9													10													Ortalama	58.8	195	17.0	1589.33	1589.4	264.883	54.2	7.2	6.00	9.55	59.19	1200	Std. Dev.	0.32	0.8	0.00	40.204	40.2037	6.0949	0.05	0.03	0.017	0.158	2.337	0.0
Enerji Tüketimi							Su Tüketimi		Sıkma Verimi																																																																																																																																																																																									
Test	max T (°C)	zaman (dak)	su giriş sıcaklığı (°C)	enerji (kWh)	düzeltilmiş enerji (kWh)	(kWh/kg)	toplam su (lt)	ana yıkama suyu (lt)	kuru yük (kg)	sıkma sonunda yük (kg)	kalan su (%)	max sıkma devri (d/dak)																																																																																																																																																																																						
1	58.41	195	17.0	1594	1594.0	266.1	54.11	7.18	5.99	9.38	56.51	1200																																																																																																																																																																																						
2	59.01	194	17.0	1547	1547.0	258.3	54.2	7.14	5.99	9.60	60.27	1200																																																																																																																																																																																						
3	58.90	196	17.0	1627	1627.0	270.3	54.2	7.19	6.02	9.68	60.80	1200																																																																																																																																																																																						
4																																																																																																																																																																																																		
5																																																																																																																																																																																																		
6																																																																																																																																																																																																		
7																																																																																																																																																																																																		
8																																																																																																																																																																																																		
9																																																																																																																																																																																																		
10																																																																																																																																																																																																		
Ortalama	58.8	195	17.0	1589.33	1589.4	264.883	54.2	7.2	6.00	9.55	59.19	1200																																																																																																																																																																																						
Std. Dev.	0.32	0.8	0.00	40.204	40.2037	6.0949	0.05	0.03	0.017	0.158	2.337	0.0																																																																																																																																																																																						
Tarih							Değerlendiren																																																																																																																																																																																											

Tablo B.10: Tank ve Kazandan Ozon Verme Deneyleri VTS Bilgileri

Deney Adı	T1 NTC (°C)	T1 Su Giriş (°C)	Süre (dk)	Enerji (Wh)	Ön Yık. (lt)	Ana Yık. (lt)	1.Dur (lt)	2.Dur (lt)	3.Dur (lt)	Top.Su (lt)
Ozonsuz_Ref_1	39.17	16.13	142	496	11.53	4.19	10.14	10.12	11.32	47.30
Ozonsuz_Ref_2	37.93	17.52	141	471	10.97	4.10	10.23	10.24	11.89	47.43
Ozonsuz_Ref_3	39.10	16.96	144	506	11.44	4.46	10.15	10.16	11.16	47.37
Ozonlu_1	39.71	15.96	145	475	11.28	4.02	10.52	9.98	11.06	46.86
Ozonlu_2	39.74	17.76	134	448	10.98	3.98	10.08	10.05	11.29	46.38
Ozonlu_3	39.74	15.72	137	438	11.18	4.04	10.41	10.00	11.56	47.19
Ozonlu_Tamb_1	39.34	16.93	142	456	11.56	4.02	10.25	10.18	11.16	47.17
Ozonlu_Tamb_2	39.48	16.98	141	439	11.14	4.05	10.22	10.52	11.47	47.40
Ozonlu_Tamb_3	39.49	16.93	137	458	11.14	3.98	10.46	10.06	11.33	46.97
Ozonsuz_Tamb_D3_1	39.35	16.41	153	519	12.72	4.11	11.69	11.67	12.72	52.91
Ozonsuz_Tamb_D3_2	39.51	19.43	136	453	-	4.22	11.58	11.64	12.76	40.20
Ozonsuz_Tamb_D3_3	39.53	19.33	158	477	12.72	4.09	11.65	11.44	12.65	52.55
Ozonlu_Tamb_D3_1	39.59	17.83	156	484	12.70	4.11	11.68	11.58	12.91	52.98
Ozonlu_Tamb_D3_2	39.44	16.86	156	498	13.06	4.22	11.73	11.68	12.91	53.60
Ozonlu_Tamb_D3_3	39.18	17.89	159	480	12.69	4.15	11.54	11.55	12.71	52.64

Tablo B.11: Tank ve Kazandan Ozon Verme Referans Deneyleri Yıkama Değerlendirme Formu

ARÇELİK A.Ş. ÇAMAŞIR MAKİNASI YIKAMA DEĞERLENDİRMESİ													
Lab:		Deney No:				Proje No:							
Marka:		Program:				Kalibrasyon No:							
Model:		Gerilim:				Kalibrasyon Tarihi:							
Yıkama Performansı (EMPA 199 / wfk / ARÇELİK - Parti no / Tarih :)													
Test		şarap	kakao	kan	k.siyahı / m.yağı	.....	.....	.....	.....	.....	.....	Toplam	
1	Xave	80.696	64.336	83.353	41.346							269.731	
2	Xave	81.073	63.316	83.140	41.200							268.729	
3	Xave	81.530	67.280	85.113	42.226							276.149	
4	Xave												
5	Xave												
6	Xave												
7	Xave												
8	Xave												
9	Xave												
10	Xave												
Ortalama		X	81.100	64.977	83.869	41.591						271.536	
Std. Sap.			0.418	2.058	1.083	0.555						4.026	
Referans													
Test		şarap	kakao	kan	k.siyahı / m.yağı	.....	.....	.....	.....	.....	.....	Toplam	
1	Xave	85.444	65.766	87.524	41.756							280.490	
2	Xave	85.675	66.060	87.786	41.918							281.439	
3	Xave	84.300	65.706	88.700	42.402							281.108	
4	Xave	85.666	67.140	88.084	42.758							283.648	
5	Xave	86.014	66.424	87.784	41.684							281.906	
6	Xave												
7	Xave												
8	Xave												
9	Xave												
10	Xave												
Ortalama		X	85.420	66.219	87.976	42.104						281.718	
Std. Sap.			0.658	0.588	0.451	0.461						1.196	
Yıkama Performansı İndeksi					0.964			Yıkama Performansı Sınıfı			D		
		Enerji Tüketimi				Su Tüketimi			Sıkma Verimi				
Test	max T (°C)	zaman (dak)	su giriş sıcaklığı (°C)	enerji (kWh)	düzeltilmiş enerji (kWh)	(kWh/kg)	toplam su (lt)	ana yıkama suyu (lt)	kuru yük (kg)	sıkma sonunda yük (kg)	kalan su (%)	max sıkma devri (d/dak)	
1	39.2	142	17.0	496.00	496.010	165.337	47.3	4.2	3.00	5.05	68.17	1200	
2	37.9	141	17.0	471.00	471.010	157.528	47.4	4.1	2.99	5.00	67.06	1200	
3	39.1	144	17.0	506.00	506.010	169.802	47.4	4.5	2.98	4.87	63.42	1200	
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
Ortalama		38.7	142	17.0	491.00	491.010	164.222	47.4	4.3	2.99	4.97	66.22	1200
Std. Dev.		0.70	1.7	0.00	18.028	18.0281	6.2123	0.07	0.19	0.010	0.090	2.481	0.0
Tarih							Değerlendiren						

Tablo B.12: Tank ve Kazandan Ozon Verme Deneyleri Yıkama Değerlendirme Formu

ARÇELİK A.Ş. ÇAMAŞIR MAKİNASI YIKAMA DEĞERLENDİRMESİ													
Lab:		Deney No:				Proje No:							
Marka:		Program:				Kalibrasyon No:							
Model:		Gerilim:				Kalibrasyon Tarihi:							
Yıkama Performansı (EMPA 199 / wfk / ARÇELİK - Parti no / Tarih :)													
Test		şarap	kakao	kan	k.siyahı / m.yağı	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	Toplam
1	Xave	81.383	62.330	83.600	41.246								268.559
2	Xave	80.876	62.480	83.133	40.870								267.359
3	Xave	81.493	63.080	82.843	40.676								268.092
4	Xave												
5	Xave												
6	Xave												
7	Xave												
8	Xave												
9	Xave												
10	Xave												
Ortalama	X	81.251	62.630	83.192	40.931								268.003
Std. Sap.		0.329	0.397	0.382	0.290								0.605
Referans													
Test		şarap	kakao	kan	k.siyahı / m.yağı	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	Toplam
1	Xave	85.444	65.766	87.524	41.756								280.490
2	Xave	85.675	66.060	87.786	41.918								281.439
3	Xave	84.300	65.706	88.700	42.402								281.108
4	Xave	85.666	67.140	88.084	42.758								283.648
5	Xave	86.014	66.424	87.784	41.684								281.906
6	Xave												
7	Xave												
8	Xave												
9	Xave												
10	Xave												
Ortalama	X	85.420	66.219	87.976	42.104								281.718
Std. Sap.		0.658	0.588	0.451	0.461								1.196
Yıkama Performansı İndeksi				0.951				Yıkama Performansı Sınıfı				D	
		Enerji Tüketimi				Su Tüketimi		Sıkma Verimi					
Test	max T (°C)	zaman (dak)	su giriş sıcaklığı (°C)	enerji (kWh)	düzeltilmiş enerji (kWh)	(kWh/kg)	toplam su (lt)	ana yıkama suyu (lt)	kuru yük (kg)	sıkma sonunda yük (kg)	kalan su (%)	max sıkma devri (d/dak)	
1	39.7	145	17.0	475.00	475.009	156.769	46.9	4.0	3.03	5.04	66.17	1200	
2	39.7	134	17.0	448.00	448.009	148.347	46.4	4.0	3.02	5.00	65.40	1200	
3	39.7	137	17.0	438.00	438.009	144.082	47.2	4.0	3.04	5.25	72.70	1200	
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
Ortalama	39.7	138	17.0	453.67	453.676	149.733	46.8	4.0	3.03	5.09	68.09	1200	
Std. Dev.	0.02	5.7	0.00	19.140	19.1398	6.4558	0.41	0.03	0.010	0.137	4.010	0.0	
Tarih							Değerlendiren						

Tablo B.13: Tank ve Kazandan Ozon Verme Deneyleri, Su Almada Motor Hareketinin Olduğu Referans Deneyler İçin Yıkama Değerlendirme Formu

ARÇELİK A.Ş. ÇAMAŞIR MAKİNASI YIKAMA DEĞERLENDİRMESİ												
Lab:		Deney No:				Proje No:						
Marka:		Program:				Kalibrasyon No:						
Model:		Gerilim:				Kalibrasyon Tarihi:						
Yıkama Performansı (EMPA 199 / wfk / ARÇELİK - Parti no / Tarih :)												
Test		şarap	kakao	kan	k.siyahı / m.yağı							Toplam
1	Xave	81.013	62.676	83.510	42.713							269.912
2	Xave	81.953	65.210	84.613	39.806							271.582
3	Xave	83.050	66.846	85.036	44.130							279.062
4	Xave											
5	Xave											
6	Xave											
7	Xave											
8	Xave											
9	Xave											
10	Xave											
Ortalama	X	82.005	64.911	84.386	42.216							273.519
Std. Sap.		1.020	2.101	0.788	2.204							4.873
Referans												
Test		şarap	kakao	kan	k.siyahı / m.yağı							Toplam
1	Xave	85.444	65.766	87.524	41.756							280.490
2	Xave	85.675	66.060	87.786	41.918							281.439
3	Xave	84.300	65.706	88.700	42.402							281.108
4	Xave	85.666	67.140	88.084	42.758							283.648
5	Xave	86.014	66.424	87.784	41.684							281.906
6	Xave											
7	Xave											
8	Xave											
9	Xave											
10	Xave											
Ortalama	X	85.420	66.219	87.976	42.104							281.718
Std. Sap.		0.658	0.588	0.451	0.461							1.196
Yıkama Performansı İndeksi				0.971				Yıkama Performansı Sınıfı				C
		Enerji Tüketimi					Su Tüketimi		Sıkma Verimi			
Test	max T (°C)	zaman (dak)	su giriş sıcaklığı (°C)	enerji (kWh)	düzeltilmiş enerji (kWh)	(kWh/kg)	toplam su (lt)	ana yıkama suyu (lt)	kuru yük (kg)	sıkma sonunda yük (kg)	kalan su (%)	max sıkma devri (d/dak)
1	39.4	153	17.0	519.00	519.010	171.008	52.9	4.1	3.04	5.10	67.87	1200
2	39.5	136	17.0	453.00	453.010	152.017	40.2	4.2	2.98	4.95	65.94	1200
3	39.5	158	17.0	477.00	477.010	160.070	52.6	4.1	2.98	5.15	72.65	1200
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
Ortalama	39.5	149	17.0	483.00	483.010	161.032	48.6	4.1	3.00	5.06	68.82	1200
Std. Dev.	0.10	11.6	0.00	33.407	33.4065	9.5321	7.24	0.07	0.032	0.104	3.454	0.0
Tarih							Değerlendiren					

Tablo B.14: Tank ve Kazandan Ozon Verme Deneyleri, Su Almada Motor Hareketinin Olduğu Deneyler İçin Yıkama Değerlendirme Formu

ARÇELİK A.Ş. ÇAMAŞIR MAKİNASI YIKAMA DEĞERLENDİRMESİ												
Lab:		Deney No:				Proje No:						
Marka:		Program:				Kalibrasyon No:						
Model:		Gerilim:				Kalibrasyon Tarihi:						
Yıkama Performansı (EMPA 199 / wfk / ARÇELİK - Parti no / Tarih :)												
Test		şarap	kakao	kan	k.siyahı / m.yağı							Toplam
1	Xave	83.036	68.763	84.796	43.343							279.938
2	Xave	81.966	62.760	82.490	42.503							269.719
3	Xave	82.233	66.910	84.983	40.233							274.359
4	Xave											
5	Xave											
6	Xave											
7	Xave											
8	Xave											
9	Xave											
10	Xave											
Ortalama	X	82.412	66.144	84.090	42.026							274.672
Std. Sap.		0.557	3.074	1.389	1.609							5.117
Referans												
Test		şarap	kakao	kan	k.siyahı / m.yağı							Toplam
1	Xave	85.444	65.766	87.524	41.756							280.490
2	Xave	85.675	66.060	87.786	41.918							281.439
3	Xave	84.300	65.706	88.700	42.402							281.108
4	Xave	85.666	67.140	88.084	42.758							283.648
5	Xave	86.014	66.424	87.784	41.684							281.906
6	Xave											
7	Xave											
8	Xave											
9	Xave											
10	Xave											
Ortalama	X	85.420	66.219	87.976	42.104							281.718
Std. Sap.		0.658	0.588	0.451	0.461							1.196
Yıkama Performansı İndeksi				0.975				Yıkama Performansı Sınıfı				C
Enerji Tüketimi												
Test	max T (°C)	zaman (dak)	su giriş sıcaklığı (°C)	enerji (kWh)	düzeltilmiş enerji (kWh)	(kWh/kg)	toplam su (lt)	ana yıkama suyu (lt)	kuru yük (kg)	sıkma sonunda yük (kg)	kalan su (%)	max sıkma devri (d/dak)
1	39.6	156	17.0	484.00	484.010	160.268	53.0	4.1	3.02	5.06	67.38	1200
2	39.4	156	17.0	498.00	498.010	163.819	53.6	4.2	3.04	5.15	69.41	1200
3	39.2	159	17.0	480.00	480.010	158.944	52.6	4.2	3.02	5.04	66.89	1200
4												
5												
6												
7												
8												
9												
10												
Ortalama	39.4	157	17.0	487.33	487.343	161.010	53.1	4.2	3.03	5.08	67.89	1200
Std. Dev.	0.21	1.6	0.00	9.452	9.4517	2.5210	0.49	0.06	0.012	0.060	1.335	0.0
Tarih							Değerlendiren					

EK C

“Ozone Applications” firması ürün kataloğu [46]



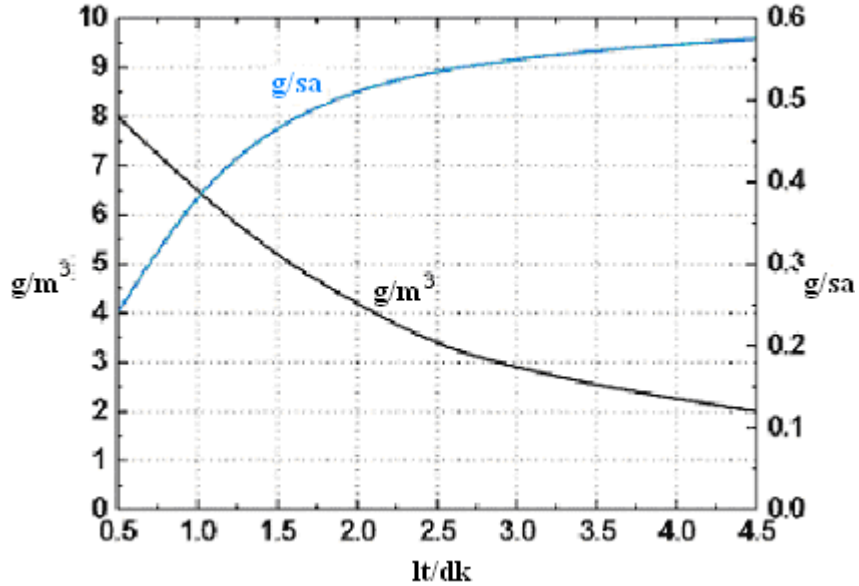
Özellikler

- Duvara monte edilebilir
- Entegre hava pompalı
- Havadan 500mg/h, oksijenden 1000mg/h ozon
- Difüzer içermektedir
- Hızlı kurulum
- Az bakım
- Korozyon önleyici paslanmaz çelik kabin
- 110V/60Hz güç ünitesi - 50W

Uygulama Şekli - Entegre edilmiş pompa yardımıyla hava corona tüplerine basılır. Hava pompası 8ft derinliğindeki suya hava basabilmektedir.

Ozon Üretimi - 4 lt/dk lık hava akışında, ayarlanabilir 10-500-mg/h ozon üretebilmektedir.

HAVA İÇİN PERFORMANS EĞRİSİ



Soğutma – kendinden soğutmalı kabin

Çevre hava şartları $\pm 40^{\circ}\text{C}$, max. 85% R.H.

Hava Çıkışı – 1/4” geçme bağlantı

Boyutlar - 355mm Yükseklik x 178mm Genişlik x 101mm Derinlik) alüminyum bazlı, duvara monte için delikleri olan paslanmaz çelik kabin.

ÖZGEÇMİŞ

Kemal Erdem YURTPINAR, 1980 yılında İstanbul’da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Nihat Erim İlköğretim Okulu’nda, liseyi Kabataş Erkek Lisesi’nde tamamladı. 1998 yılında girdiği İTÜ Makina Fakültesi, Makina Mühendisliği Bölümü’nden 2003 yılında mezun oldu ve yüksek lisans öğrenimine başladı. Halen İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsüne bağlı Makina Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Isı-Akışkan Yüksek Lisans Programı’nda yüksek lisans öğrenimine devam etmektedir.

2003 yılında, ARÇELİK A.Ş. ve İTÜ Geliştirme Vakfı arasında imzalanan anlaşma çerçevesinde, ARÇELİK A.Ş. ARGE bölümü Temizleme Teknolojisi Laboratuvarında proje yardımcısı olarak göreve başlayan Kemal Erdem Yurtpınar, buradaki görevine halen devam etmektedir.