

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÇAMAŞIR MAKİNELERİNDE DURULAMA PERFORMANSI ÖLÇÜM
METODU OLUŞTURMA YÖNTEMLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Merve GÜRSES

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı

Kimya Mühendisliği Programı

HAZİRAN 2014

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÇAMAŞIR MAKİNELERİNDE DURULAMA PERFORMANSI ÖLÇÜM
METODU OLUŞTURMA YÖNTEMLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Merve GÜRSES
(506111013)**

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı

Kimya Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Melek TÜTER

HAZİRAN 2014

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 506111013 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Merve GÜRSES**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**ÇAMAŞIR MAKİNELERİNDE DURULAMA PERFORMANSI ÖLÇÜM METODU OLUŞTURMA YÖNTEMLERİ**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Melek TÜTER**

İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Nuran DEVECİ AKSOY**

İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Sevil YÜCEL

Yıldız Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **5 Mayıs 2014**
Savunma Tarihi : **13 Haziran 2014**

Aileme,

ÖNSÖZ

Yüksek lisans çalışmamı yönlendiren, değerli tecrübeleri, görüş ve eleştirileri ile tez çalışmamı destekleyen çok değerli danışman hocam Sn. Prof. Melek TÜTER'e teşekkür ederim.

Yüksek lisans tez çalışmalarımın yürütülmesi için imkan sağlayan, Arçelik A.Ş Araştırma ve Geliştirme Merkezi'ne, Sn. Cem KURAL, Sn. Yalçın GÜLDALI ve Sn. Dr. Faruk BAYRAKTAR'a teşekkür ederim.

Tez çalışmamın her aşamasında bana destek olan ve deneyimlerini paylaşarak beni yönlendiren Sn. Zehra ÜLGER ve Sn. Burcu YAKARTAŞ'a tüm içtenliğimle teşekkürlerimi sunarım.

Tüm deneysel çalışmalarım süresince bana yardımcı olan ve dostluklarını esirgemeyen tüm Temizleme Teknoloji Ailesi'ne çok teşekkür ederim.

Beni her zaman yüreklendiren ve hayatımı mutlandıran yegane dostlarım Gizem ÇALIŞKAN, Fulya ÖNEN ve Esra BİLGİN'e en içten şükranlarımı sunarım.

Zor günlerimde varlığını asla unutturmayan hayat arkadaşım, kıymetli eşim Mehmet Buğra NAMLI'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tüm hayatım boyunca her daim yanımda olan, bugünlere gelmemde benden maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen çok kıymetli AİLEME en derin duygularıyla teşekkür eder, şükranlarımı sunarım.

Mayıs 2014

Merve GÜRSES
Tekstil Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
SEMBOL LİSTESİ	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ	xv
ŞEKİL LİSTESİ	xvii
ÖZET	xix
SUMMARY	xxi
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	5
2.1 Durulama Performans Ölçüm Standart Metotları	5
2.1.1 EN 60456 – Avrupa durulama performansı standart ölçüm metodu	5
2.1.2 Avustralya durulama performansı standart ölçüm metodu	6
2.1.3 ANSI/AHAM-Amerika durulama performansı standart ölçüm metodu.....	6
2.2 Çamaşır Deterjanları ve Genel İçerikleri	7
2.2.1 Yüzey aktif maddeler	8
2.2.2 Ağartıcılar	10
2.2.3 Optik ağartıcılar	11
2.2.4 Enzimler	12
2.2.5 Alkaliler	12
2.2.6 Yapıcı maddeler	12
2.2.7 Köpük önleyiciler	13
2.3 Çamaşır Deterjanı Formları	13
2.3.1 Toz deterjanlar	14
2.3.2 Sıvı deterjanlar	16
2.4 Durulama Performansı Ölçüm Parametreleri	19
2.4.1 Alkalinite analizi	19
2.4.2 İletkenlik analizi	20
2.4.3 UV-absorbans analizi	21
3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR	27
3.1 Materyal-Metot	28
3.1.1 Çamaşır makinesi algoritması ve yıkama prensibi	28
3.1.2 Çamaşır makinesi parametreleri ve çalışma koşulları	32
3.1.3 Ölçüm alınan numunelerin oluşturulması	34
3.2 Ölçüm Parametreleri ve Yöntemler	35
3.2.1 Alkalinite ölçümü	35
3.2.2 İletkenlik ölçümü	37
3.2.3 UV-absorbans ölçümü	39
4. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME	43
4.1 Alkalinite Ölçüm Sonuçları	43
4.2 İletkenlik Ölçüm Sonuçları	45

4.3 UV-Absorbans Ölçüm Sonuçları.....	46
4.4 UV-Absorbans Ölçüm Metodu İçin Ölçüm Yeterliliği Çalışmaları.....	48
4.4.1 Altı sigma	48
4.4.2 Toz deterjanlar için ölçüm yeterliliği	50
4.4.3 Sıvı deterjanlar için ölçüm yeterliliği.....	52
5. VARGILAR VE ÖNERİLER	55
KAYNAKLAR.....	57
EKLER	60
EK A.....	61
ÖZGEÇMİŞ	67

KISALTMALAR

AHAM	: Association of Home Appliance Manufacturers
AISE	: International Association for Soaps, Detergents and Maintenance Products
ANSI	: Approved American National Standard
AY	: Ana yıkama
CECED	: European Committee of Domestic Equipment Manufacturers
CENELEC	: European Committee for Electrotechnical Standardization
D	: Durulama
EN	: European Norm
FF	: Fenolftalein alkalinitesi
LAS	: Linear alkylbenzene sulfonate
MO	: Metil oranj alkalinitesi
PBIS	: 2-Phenyl-5-benzimidazole sulfonic acid
RPM	: Revolutions per minute
SDSD	: Soap & Detergent Manufacturers Association
STPP	: Sodyum tripolyfosfat
TO	: Toplam alkalinite
UV	: Ultraviyole
VTS	: Veri toplama sistemi
Wfk	: Cleaning Technology Research Institute
YAM	: Yüzey aktif madde

SEMBOL LİSTESİ

A	: Absorblanan ışık miktarı
Am	: Tekstilde kalan yıkama çözeltisi içerisindeki alkali miktarı
Ar	: Sıkma ile elde edilen sudaki alkaliliğin derişimi
I	: Çözeltiden çıkan ışık şiddeti
I₀	: Çözeltiye giren ışık şiddeti
M	: Şartlandırılmış tekstil yükünün yıkama öncesi ağırlığı
meq	: Mili eşdeğer
Mr	: Sıkma işlemi sonrasında ölçülen tekstil yükünün ağırlığı
μS	: Micro siemens
nm	: Nanometre
T	: Geçirilen ışık miktarı
Wr	: Sıkma ile elde edilen suyun alkaliliğinin artan derişimi
Wt	: Musluk suyunun alkaliliğinin derişimi
x	: İletkenlik ölçer üzerinde okunan iletkenlik değeri (μS)
y	: İletkenlik kalibrasyon grafiği yardımıyla belirlenen deterjan konsantrasyonu (mg/L)

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1 : Kıtalar bazında su tüketim tahminleri	2
Çizelge 1.2 : Dünyada bir kişi için arz edilen ve tüketilen günlük su	2
miktarı	2
Çizelge 2.1 : OTTO değerlendirme skalası	5
Çizelge 2.2 : Durulama performans ölçümüne yönelik standart metotlar	7
Çizelge 2.3 : Avrupa'da deterjan formlarının yüzdece dağılımı	14
Çizelge 2.4 : Amerika'da deterjan formlarının dağılımı	14
Çizelge 2.5 : Ticari toz deterjan içeriği	15
Çizelge 2.6 : Ticari sıvı deterjan içeriği	16
Çizelge 2.7 : Sıvı ve toz deterjanların içeriklerinin karşılaştırılması	18
Çizelge 3.1 : Çamaşır makinesi çalışma parametreleri ve ortam koşulları tablosu ..	33
Çizelge 4.1 : Altı sigma hata oranı tablosu	49

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Yüzey aktif maddelerin kimyasal gösterimi	9
Şekil 2.2 : Yüzey aktif maddelerin kir/leke çıkarma etkinliği	9
Şekil 2.3 : Anyonik yüzey aktif maddelerin yıllara göre değişimi	10
Şekil 2.4 : Optik ağartıcının tekstil yüzeyindeki çalışma mekanizması	11
Şekil 2.5 : Yapıcı maddelerin sudaki sertlik iyonlarını bağlaması	13
Şekil 2.6 : Işığın dağılımının şematik gösterimi	21
Şekil 2.7 : Küvet içerisindeki çözülden geçen ışık miktarı	22
Şekil 2.8 : Transmittans ve absorbans değerleri arasındaki ilişki	23
Şekil 2.9 : Absorbans ve madde konsantrasyonu arasındaki ilişki.....	23
Şekil 2.10 : Spektrofotometre iç yapısının şematik gösterimi	24
Şekil 2.11 : Spektrofotometre çalışma prensibinin şematik gösterimi	24
Şekil 3.1 : Çamaşır makinesinde yıkama çevrimi ve adımları.	28
Şekil 3.2 : Çamaşır makinesinde temel yıkama algoritması.....	29
Şekil 3.3 : Makineye alınan su miktarının zamana bağlı değişimi.	30
Şekil 3.4 : Su sıcaklığının zamana bağlı değişimi.	31
Şekil 3.5 : Tüketilen toplam elektrik enerjisi.....	31
Şekil 3.6 : Makinenin harcadığı toplam güç.	32
Şekil 3.7 : Deneysel çalışmalarda kullanılan çamaşır makinesi.	32
Şekil 3.8 : EN 60456 standart toz deterjan ve bileşenleri.....	33
Şekil 3.9 : EN 60456 standart leke şeridi.	34
Şekil 3.10 : Orbital çalkalayıcı.	35
Şekil 3.11 : Alkalinite ölçüm cihazı.	36
Şekil 3.12 : Manyetik karıştırıcı.	37
Şekil 3.13 : Standart toz deterjan için iletkenlik kalibrasyon doğrusu.	38
Şekil 3.14 : Ticari toz deterjan için iletkenlik kalibrasyon doğrusu.	38
Şekil 3.15 : İletkenlik ölçüm cihazı.	39
Şekil 3.16 : Standart ve ticari toz deterjanlar için absorbans kalibrasyon doğrusu. ..	40
Şekil 3.17 : Ticari sıvı deterjan için absorbans kalibrasyon doğrusu.	40
Şekil 3.18 : Spektrofotometre cihazına yönelik malzeme ve program.	41
Şekil 4.1 : Yükten ekstrakte edilen suların alkalinite ölçümleri.	43
Şekil 4.2 : Leke şeritlerinden ekstrakte edilen suların alkalinite ölçümleri.	44
Şekil 4.3 : Tahliye sularının alkalinite ölçümleri.....	44
Şekil 4.4 : Yükten ekstrakte edilen suların iletkenlik ölçümleri.....	45
Şekil 4.5 : Tahliye sularında iletkenlik ölçümleri.....	46
Şekil 4.6 : Yükten ekstrakte edilen suların UV-Absorbans ölçümleri.	47
Şekil 4.7 : Leke şeritlerinden ekstrakte edilen suların UV-Absorbans ölçümleri.	47
Şekil 4.8 : Tahliye sularının UV-Absorbans ölçümleri.	48
Şekil 4.9 : Altı sigma sapma değişkenliği	49
Şekil 4.10 : Altı sigma DMAIC yöntemi	50
Şekil 4.11 : Toz deterjanlar için UV-Absorbans ölçüm yeterliliği tablosu.	51
Şekil 4.12 : Toz deterjanlar için UV-Absorbans ölçüm yeterliliği grafikleri.	51

Şekil 4.13 : Toz deterjanlar için gerçek ve ölçülen değer karşılaştırması.	52
Şekil 4.14 : Sıvı deterjanlar için UV-Absorbans ölçüm yeterliliği tablosu.	53
Şekil 4.15 : Sıvı deterjanlar için UV-Absorbans ölçüm yeterliliği grafikleri.....	53
Şekil 4.16 : Sıvı deterjanlar için gerçek ve ölçülen değer karşılaştırması.	54
Şekil A.1 : Referans makineye ait algoritma.	62
Şekil A.2 : Leke şeritlerinin ölçüm konumları.	63

ÇAMAŞIR MAKİNELERİNDE DURULAMA PERFORMANSI ÖLÇÜM METODU OLUŞTURMA YÖNTEMLERİ

ÖZET

Günümüzde gelişen teknoloji ve artan dünya nüfusuna bağlı olarak enerji ve su gibi doğal kaynakların tüketimi hızla artmaktadır. Bu hızlı tüketime karşılık doğal kaynakların korunması, tüketimin azaltılması ve/veya kontrollü şekilde sağlanması, geri dönüştürülebilir sistemlerin oluşturulması ve sürdürülebilirliğin sağlanmasına yönelik çalışmalar önem kazanmaktadır. Bahsi geçen doğal kaynakların müşteri tarafından doğrudan tüketildiği beyaz eşya ürünü çamaşır makineleri için enerji, ses ve su tüketim seviyelerinin azaltılmasına yönelik Ar-Ge çalışmaları son günlerde sıklıkla gündeme gelmektedir. Beyaz eşya üreticileri, sürdürülebilirlik yaklaşımını koruyarak müşteri memnuniyetinin sağlanabilmesi amacıyla yüksek yıkama ve durulama performansı gösteren ancak düşük enerji ve su tüketimine sahip çamaşır makineleri geliştirmeyi hedeflemektedir. Ev tipi çamaşır makinelerinde yıllık su tüketiminin yaklaşık %60'lık kısmını yıkama çevriminin durulama adımı oluşturmaktadır. Ana yıkama ve durulama adımlarını da kapsayan yıkama çevrimi sonunda yıkama işlemi gerçekleştirilen tekstil üzerinde kalan deterjan miktarının belirlenmesine yönelik farklı kıtalar tarafından kullanılan farklı standart metotlar bulunmaktadır. Bu metotlar; Avrupa için alkalinite ölçümüne dayalı EN 60456 "Clothes washing machines for household use-Methods for measuring the performance", Amerika için LAS madde miktarı tayinine dayalı ANSI/AHAM-HLW-1 "Performance Evaluation Procedures For Household Clothes Washers" ve Avustralya için PBIS madde miktarı tayinine dayalı AS/NZS 2040.1 Performance of household electrical appliances –Clothes washing machines" standartlarında tarifli olan durulama performansı ölçüm metotlarıdır. Bu metotlara göre gerçekleştirilen durulama performansı ölçüm analizlerinin ise ölçüm yeterliliği açısından yetersiz kaldığı bilinmektedir. Bu tez çalışmasında, gerek düşük su tüketimi sağlayan çevre dostu ürünler ile doğaya katkıda bulunan gerekse yüksek yıkama ve durulama performansı sağlayarak müşteri memnuniyetini artıran yıkayıcı ürünlerin geliştirilmesinin sağlanması amacıyla tekrar edilebilirliği ve yeniden üretilebilirliği mevcut ölçüm metotlarına göre daha yüksek bir durulama performansı ölçüm metodu oluşturma yöntemleri ve alternatif ölçüm parametreleri incelenmiştir.

İncelenen ölçüm parametrelerinden biri olan alkalinite ölçümünde deterjan bileşenlerinden biri olan alkali maddelerin yıkama sonrası durulama suyu çözültüsü içerisindeki miktarının tayini esas alınmaktadır. Farklı durulama sayısına sahip programlarda; farklı deterjan tipleri ile gerçekleştirilen yıkama programları sonunda; tüm yükten ekstrakte edilen su, standart şeritten ekstrakte edilen sular ve tahliye sularında alkalinite ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

İncelenen bir diğer ölçüm parametresi olan iletkenliğin ölçümünde ise deterjan yapısında bulunan bileşenlerin suda çözünürken açığa çıkardıkları iyonların sulu çözültüler üzerinden alınan iletkenlik ölçüm değeri ile belirlenmesi temel alınmaktadır. Gerçekleştirilen bu tez çalışmasında, farklı sayıdaki durulama

sayısında sahip algoritmalar ile standart toz ve ticari toz deterjanlar için yıkama çevriminde kullanılan standart tekstil yükü ve standart leke şeritlerinden ekstrakte edilen durulama suyu çözeltileri üzerinden iletkenlik ölçümleri yapılmıştır.

Son zamanlarda ilaç ve gıda alanında madde tayinlerinde sıklıkla kullanılan UV-Absorbans ölçümü ise deterjan yapısını oluşturan temel ham maddelerden yüzey aktif bileşen tayini amacıyla incelenen bir diğer ölçüm parametresi olarak esas alınmıştır. Bu çalışmada farklı durulama sayısına sahip programlarda; farklı deterjan tipleri ile gerçekleştirilen yıkama programları sonunda; tüm yükten ekstrakte edilen su, standart şeritten ekstrakte edilen sular ve tahliye sularında UV-Absorbans ölçümleri gerçekleştirilmiştir.

Durulama performansı ölçüm parametrelerinden alkalinite metoduna yönelik gerçekleştirilen deneysel çalışmalarda, farklı durulama sayılarına sahip programları ayırt etmede; yükten ve standart boş şeritlerinden ekstrakte edilen suların yetersiz kaldığı görülmüştür. Tahliye sularında yapılan ölçümlerde; ana yıkama, 1. ve 2. durulama sonunda alkali madde miktarındaki azalmayı gösterebildiği ancak saçınık sonuçlar elde edildiği gözlenmiştir. Alkalinite ölçüm yönteminin sıvı deterjanlar için tamamen uygulanamaz olduğu belirlenmiştir. Ayrıca alkalinite ölçümünün sadece deterjan kaynaklı karbonat bileşiklerinin seviyesi hakkında bilgi verdiği ancak direkt olarak deterjan miktarı ile ilgili bilgi vermediği sonucuna ulaşılmıştır.

İletkenlik ölçümünün durulama performansı ölçümünde kullanılmasına yönelik gerçekleştirilen deneysel çalışmalarda, oluşturulan kalibrasyon eğrisinin kullanımı ile direkt olarak ölçülen örnekte bulunan deterjan miktarının hesaplanabildiği belirlenmiştir. Yıkama programı sonunda tüm yük üzerinden ekstrakte edilen sulara iletkenlik ölçümü ile; farklı durulama sayısına sahip programlar arasında farkın ölçülebildiği görülmüştür. Ancak; sıvı deterjanların yapısında bulunan bileşenlerin iletkenlik üzerinde etkisi olmaması nedeniyle bu ölçüm yöntemin sadece toz deterjanlar ile sınırlı olduğu belirlenmiştir.

UV-Absorbans ölçüm parametresinin durulama performansı ölçümünde kullanımının belirlenmesine yönelik gerçekleştirilen deneysel çalışmalarda; yük, leke şeridi ve tahliye sularında yapılan ölçümlerde; durulama sayılarına bağlı olarak deterjan miktarındaki azalmanın incelenebildiği görülmüştür. Testten önce farklı deterjan konsantrasyonlarında hazırlanan çözeltiler ile hazırlanan kalibrasyon eğrisinin kullanımı ile; örnekte bulunan deterjan miktarının direkt olarak hesaplanabildiği belirlenmiştir.

Yıkama sonunda tüm yük üzerinden ekstrakte edilen sular, leke şeritleri ve tahliye suları üzerinde gerçekleştirilen yüzey aktif madde, alkalinite ve iletkenlik ölçümleri sonucunda; bütün deterjan formlarının ortak bileşeni olan yüzey aktif madde analizinin en uygun ölçüm metodu olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre, yüzey aktif madde kaynaklı UV-absorbans değişimi ölçümüne dayanan metodun; toz ve sıvı deterjanlar için ölçüm yeterliliği incelenmiş ve toplam Gage R&R değerinin % 5'in altında olduğu belirlenmiştir. Diğer taraftan, makineden bağımsız olarak gerçekleştirilen bu testlerde bile tekstil üzerinde bulunan deterjanın tamamının ekstraksiyonunun mümkün olmadığı ve buna bağlı olarak gerçek değerden sapmalar meydana geldiği belirlenmiştir.

STUDY ON INVESTIGATION OF ADVANCED MEASUREMENT METHODS FOR RINSING PERFORMANCE OF DOMESTIC WASHING MACHINES

SUMMARY

Nowadays, natural sources of world like energy and water are getting decreased fast day by day according to increase of global population and usage of developing technology. Against to decreasing of natural sources, governments and global firms act carefully for controlling consumption of energy and water. These acts could be defined as decreasing and / or controlling of consumption, creating recoverable systems and set-ups for obtaining sustainability. According to these acts, studies on research and development are getting importance. On the side of household producers, development of washing machines which have specifications as more silent, less energy and water consumption, more effective washing and rinsing performance is the most important case to provide sustainability concept and customer satisfaction.

In addition, water consumption of domestic washing machines have ratio of 60 % that comes from rinsing step of total washing cycle. Generally, determination of amount of detergent in total washing cycle which include main wash cycle and rinsing cycles is based on some methods that are included by standards. These standards are; measurement of alkalinity based European Standard is named as EN 60456 “Clothes washing machines for household use-Methods for measuring the performance”, measurement of LAS based American Standard is named ANSI/AHAM-HLW-1 “Performance Evaluation Procedures For Household Clothes Washers” and measurement of PBIS material based Australian Standard is named as AS/NZS 2040.1 Performance of household electrical appliances –Clothes washing machines”. Analyses of rinsing performance tests are known incapable for ratio of capability for measurement systems. In this study, it is aimed to obtain new method for repeatable and reproducible measurement of rinsing performances.

According to study, one of the measurement parameter is alkalinity measurement that is based on defining alkalinity of washing solutions which are obtained from standard textile load weight of 8 kg in washing cycle, standard soiled swatches in washing cycles and drained water at the 1-5. rinsing steps. All these test steps applied for different types of detergents at three times. Then, the mean of these measurements used for obtaining graph analyses.

The other measurement parameter is conductivity measurement of solutions that is based on defining conductive ions in washing solutions which are obtained from standard textile load weight of 8 kg in washing cycle, standard soiled swatches in washing cycles and drained water at the 1-5. rinsing steps as same as alkalinity measurements. All these steps applied for standard and commercial powder detergents at three times. After these steps, the means of measurement datas are used to get analysis in graph format.

One other measurement parameter is measurement of UV-Absorbance which is recently used in food and drug industry to define materials in solutions. This measurement parameter is based on measure the amount of surfactant in detergent. Surfactant is the common component of all different kind of detergent types such as powder, compact powder, liquid, tablet etc. In this study, washing solutions which are obtained from standard textile load weight of 8 kg in washing cycle, extracted standard soiled swatches in washing cycles and drained water at the 1-5. rinsing steps are used to measure UV-Absorbance to determine the amount of LAS. All these test steps applied for different types of detergents at three times. Then, the mean of these measurements used for obtaining graph analyses.

The experiments which were investigated to measure alkalinity of washing solutions and drained waters of rinsing steps showed that the measurements of washing solutions which are obtained from standard textile load weight of 8 kg in washing cycle, extracted standard soiled swatches in washing cycles are not efficient to show the difference between different rinsing steps. The results of alkalinity measurement of drained water could show the difference between first and second rinsing steps. However, this alkalinity measurement could provide still variable results. On the other hand, alkalinity measurement is not suitable to define liquid detergents in the washing cycle. According to this study, alkalinity measurement is just usable for kind of detergents which are included carbonate components and this method could not define the amount of detergent in the washing solution.

Conductivity measurements are used to define rinsing performance in washing cycle. According to conductivity measurement studies, amount of the detergent could be defined by using the conductivity calibration curve which is formed before. Besides, conductivity measurement could show the direct relation with amount of detergent. The experiments which were investigated to measure conductivity of washing solutions and drained waters of rinsing steps showed that the measurements of washing solutions which are obtained from standard textile load weight of 8 kg in washing cycle, extracted standard soiled swatches in washing cycles are efficient to show the difference between different rinsing steps. However, it is determined this measurement parameter could not be effective for liquid detergents because of there would be any conductive components in liquid detergents.

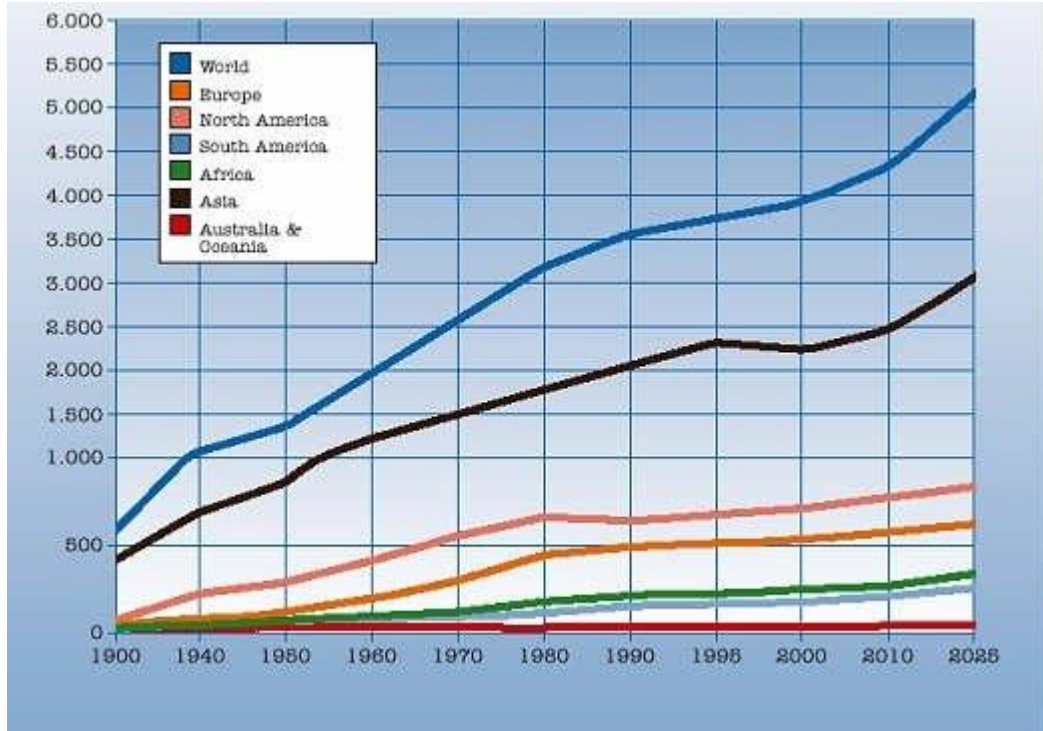
The measurement parameter of UV-Absorbance value is used to determined the amount of LAS component in detergents. According to experimental studies, washing solutions and drained waters of rinsing steps showed that the measurements of washing solutions which are obtained from standard textile load weight of 8 kg in washing cycle, extracted standard soiled swatches in washing cycles are efficient to show the difference between different rinsing steps. This measurement datas could be analysed on the UV-Absorbance / detergent concentration based calibration curve. Then, the amount of detergent for all kind of detergent types could be define by using this calibration curve directly.

In summary, in the thesis which is interested in the ability of measurement of rinsing performance, three measurement parameters are investigated based on standards and literature. The main aim of this study to compare the present measurement methods and define a new method which has higher ratio of 30% for repeatability and reproducibility for measurement system. UV-Absorbance measurements are showed that it is possible to obtain repeatable, reproducible and common method for all kind of detergent types. At the end of the study, Gage R&R analysis which is related with

6 Sigma approach is applied for UV-Absorbance measurement for powder and liquid detergents by two different operators. Hence, UV-Absorbance measurement method is the most effective method to determine the rinsing performance in domestic washing machines.

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Artan nüfusa bağlı olarak su ve enerji gibi tabii kaynakların tüketimi hızla artmaktadır. Bu kaynaklarının giderek azalması, çevrenin korunmasına yönelik getirilen yasal düzenlemeler ve su, enerji ihtiyacının giderek artması gibi sebeplerden dolayı teknolojilerin iyileştirilmesi, atık su oluşumunun en aza indirilmesi, suların arıtılması ve tekrar kullanımı gündeme gelmektedir [1]. Şekil 1.1, Çizelge 1.1 ve Çizelge 1.2’de görüldüğü gibi bir asırlık süre içerisinde artan dünya nüfusuna ve öngörülen ihtiyaçlara bağlı olarak farklı kıtalar üzerindeki yıllık su tüketiminin (milyar m3) yaklaşık 6,5 katına ulaşacağı ifade edilmektedir [2,3].



Şekil 1.1 : 1900-2025 yıllarında dünya üzerindeki bölgeler bazında su tüketim oranları [2].

Çizelge 1.1 : Kıtalar bazında su tüketim tahminleri [3].

Kıta (km ³ /yıl)	1900	1950	1990	2000	2010	2025
Avrupa	37,5	136	482	463	535	559
Kuzey Amerika	69,6	287	653	705	744	786
Afrika	40,7	55,8	203	235	275	337
Asya	414	843	2114	2357	2628	3254
Güney Amerika	15,1	49,3	152	182	213	260
Avustralya	1,60	10,4	28,5	32,5	35,7	39,5
Toplam	579	1382	3633	3973	4431	5235

Çizelge 1.2 : Dünyada bir kişi için arz edilen ve tüketilen günlük su miktarı [3].

Yıl	Arz Edilen Su Miktarı (L/kişi/gün)	Net Su Tüketimi (L/kişi/gün)
1950	1489	828
1970	1780	1020
1990	1883	1027
2010	1707	924
2025	1821	961

Dünya üzerinde bulunan doğal su kaynaklarının arz oranına karşın hızla artan nüfusa bağlı olarak kritik bir yükseliş gösteren su tüketim ihtiyacını karşılamak için geliştirilen çözüm, yeni kaynakların bulunması ve tüketime sunulması olmuştur. Bu stratejinin sonucu olarak ülkelerde büyük barajlar, kanallar vb. inşa edilmiştir.

Bununla birlikte; ihtiyaç duyulan suyun temin edilme ve kullanım sürecinde kaynakların israfı, tahrip olması, kirlenmesi gibi durumlar ortaya çıkmaktadır. Bu nedenlerden dolayı doğal kaynakların sürdürülebilir yönetimi için yeni stratejilerin geliştirilmesi gereği ortaya çıkmıştır. Talep yönetimi bu çerçevede geliştirilen yaklaşımlardan biridir [4].

Talep yönetimi; su kaynaklarının verimli, mantıklı ve sürdürülebilir kullanımını sağlayacak stratejilerin geliştirilmesi olarak tanımlanabilir. Talep yönetimi ile elde edilecek faydalar aşağıda sunulmaktadır [4,5]

- Su talebini sınırlayarak kaynakları korumak,
- Su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimini sağlamak,
- Kaynak tahsisinde eşitliği sağlamak,

- Su tüketimi ile elde edilen sosyal ve ekonomik çıktıları artırmak, su kaynaklarını verimli kullanmak bu faydalar arasında bulunmaktadır.

Talep yönetimi konusunda uluslararası deneyimlerin çıktıları ise aşağıdaki gibidir [4,6];

- Su tüketimindeki % 30 - % 50 oranında bir azalma yaşam kalitesinde bozulmaya neden olmamaktadır,
- Talebin azalması şebekenin büyütülmesi için ayrılan bütçenin önemli oranda azalmasını sağlamaktadır,
- Atık su oluşumu azaldığı için mevcut arıtma tesislerinin büyütülmesi/genişletilmesi gereği ortadan kalkmaktadır,
- Su sıkıntısı çeken bölgelerin su ihtiyacı tasarruf edilen su ile karşılanabilmektedir,
- Ücretlendirme talep yönetiminde etkili bir yöntemdir. Bununla birlikte yönetim teknik ve sosyal araçlarla da desteklendiğinde daha iyi sonuçların alınması mümkündür.

Bu yaklaşımdan hareketle, beyaz eşya sektöründe geliştirilen düşük enerji tüketimli çamaşır makinası, bulaşık makinası gibi ürünler çevreci ve doğa ile dost söylemine katkıda bulunarak sürdürülebilir yaşamı desteklemektedir. Enerji ve su gibi tabii kaynakların teknoloji alanında tüketiminin performans katkısını koruyarak azaltılması ya da geri dönüştürülebilir olarak kullanılması çevreci ve sürdürülebilir yaklaşım için oldukça önemli etkinlikleri oluşturmaktadır [7].

Kullanım süresince tekstil üzerinde oluşan leke / kir vs. uzaklaştırılmasında çamaşır makinesi yıkama programı ile birlikte etki eden en önemli parametrelerden biri deterjandır. Yıkama / leke çıkarma performansı üzerinde önemli bir etkiye sahip olan deterjanlar; farklı pazarlarda tüketiciye sıvı veya toz formlarda ulaştırılmaktadır. Yıkama performansı için kullanılan deterjanların; yıkamanın ilerleyen adımlarında tekstil üzerinden uzaklaştırılması amacıyla “durulama” işlemi uygulanmakta ve bu adımda yeterli “durulama performansı”nı sağlamak amacıyla; yüksek miktarda su tüketimi meydana gelmektedir.

Çamaşır makinalarında durulama performansı ölçümü yöntemlerine bakıldığında; Avrupa pazarında geçerli olan EN 60456 - Clothes Washing Machines For Household Use standardı; durulama performansı ölçümünde tekrarlanabilirlik,

yeniden üretilebilirlik ve makinalar arası durulama etkinliğinin ayırt edilmesi bakımından zayıf kalmaktadır. EN standardına ek olarak; Amerika ve Avustralya pazarlarına sunulan ürünlerin performanslarının belirlenmesi amacıyla kullanılan Amerika ve Avustralya standartlarının da durulama performansı ölçümünde; benzer şekilde yetersiz kaldığı bilinmektedir [8,9].

Mevcut standart yöntemlerde tanımlı durulama performansı ölçüm yöntemlerinin yetersiz kalması nedeniyle; makinaların durulama performanslarının geliştirilmesi amacıyla uygulanan yenilik ve algoritmaların etkisinin ölçümü sağlıklı yapılamamaktadır. Bu nedenle, yıkama sonunda tekstiller üzerinde kalan deterjan miktarının toz ve sıvı formdaki deterjanlar için ölçümünü sağlayabilecek; yeniden üretilebilirliği ve tekrar edilebilirliği yüksek bir metot geliştirilmesi ihtiyacı doğmaktadır.

Bu tez çalışmasında, çamaşır makinalarının durulama performansı ölçümünde kullanılacak tekrarlanabilirliği, yeniden üretilebilirliği ve fark ölçebilirliği yüksek standart metot geliştirilmesi amaçlanmıştır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1 Durulama Performans Ölçüm Standart Metotları

Çamaşır makinalarında durulama performansı ölçümünde kullanılan yöntemler aşağıda verilmiştir.

2.1.1 EN 60456 – Avrupa durulama performansı standart ölçüm metodu

CENELEC tarafında kabul gören mevcut EN 60456 standardı kapsamında şu anda kullanılmakta olan durulama performansı metodu; standart toz deterjan ile yapılan yıkama sonunda çamaşır yükünden ekstrakte edilen suda alkalinite ölçümüne dayanmaktadır. Metoda göre; yük üzerinde kalan alkali madde sıkma verimine göre hesaplanmakta ve Çizelge 2.1’de sunulan OTTO skalasına göre değerlendirilmektedir. Buna göre, yıkama sonrası yükten ekstrakte edilen durulama çözeltisi içerisinde bulunan alkali madde miktarı tayini ile elde edilen alkalinite değerinin (meq/kg), OTTO skalası üzerinde yer aldığı aralık belirlenerek durulama performansına yönelik skala değerlendirmesi yapılmaktadır [10].

Çizelge 2.1 : OTTO değerlendirme skalası [10].

Puanlama	Değerlik Aralığı
++	<50
+	50-100
0	100-150
-	150-200
--	>200

Ancak, alkalinite ölçümlerinin ortam ve günlük şartlardan etkileniyor olması nedeniyle laboratuvarlar arasında ölçüm farklılığı meydana gelmektedir. Deterjandan kaynaklanan karbonat bileşiklerinin sebep olduğu alkalinite ölçümüne dayanan bu metodun kullanımı; ayrıca sıvı deterjanların yapısında karbonat bileşenleri bulunmaması nedeniyle toz deterjanlar ile sınırlı kalmaktadır.

2.1.2 Avustralya durulama performansı standart ölçüm metodu

Avustralya pazarında bulunan çamaşır makinalarında durulama ve yıkama performansı ölçümünde kullanılan Avustralya Standardı'na göre durulama performansı ölçümünde; yıkama ortamına deterjan ile birlikte verilen *marker*'ın (PBIS), yıkama sonunda çamaşır yükü üzerinde kalan miktarı incelenmektedir. Bu amaçla yıkama sonunda yük üzerinden ekstrakte edilen suyun UV-absorbans değeri ölçülmekte ve ölçüm sonuçları dış ortamda standartta belirtilen konsantrasyon değerlerine uygun ve kontrollü olarak oluşturulan kalibrasyon eğrisine göre suda kalan *marker* miktarı hesaplanmaktadır. Bu metot, yıkama ortamına dışarıdan verilen bir kimyasalın neden olduğu absorbans değişimi ölçümüne dayanmaktadır. Standartta göre; PBIS konsantrasyonunun 2,25 mg/l 'nin altında kalması beklenmektedir [11].

2.1.3 ANSI/AHAM-Amerika durulama performansı standart ölçüm metodu

Ev tipi yıkayıcıların performans değerlendirmesinde kullanılan ANSI/AHAM Standardı'na göre durulama performansı ölçümleri; deterjanların ağırlıklı bileşeni olan yüzey aktif maddenin sebep olduğu UV- absorbans değişimine dayanmaktadır.

Metoda göre; AHAM standart toz deterjanı ile yapılan yıkama sonunda leke şeritlerinin beyaz (*blank*) numunesi üzerinde kalan deterjan ekstrakte edilmekte ve UV-absorbans değişimi (224 nm – 330 nm dalga boyları için) ölçülmektedir. Ölçüm sonuçları; farklı deterjan konsantrasyonlarına sahip çözeltilerin UV-absorbans değerleri ile oluşturulan kalibrasyon eğrisine göre değerlendirilerek; numune üzerinde kalan deterjan miktarı hesaplanmaktadır [12].

Bütün deterjanlarda ortak olarak kullanılan yüzey aktif maddenin ölçümüne dayanan bu metot; toz ve sıvı deterjanlar için ortak olarak kullanılabilirdiği ön görülmektedir.

Çizelge 2.2'de metotlar birbirleri ile kıyaslamalı olarak verilmektedir. Buna göre, farklı standartların farklı ölçüm numunesi, ölçüm parametresi ve temel alınan deterjan bileşenlerine bağlı olarak uygulanabilirliklerinin sınırları ifade edilmektedir.

Çizelge 2.2 : Durulama performans ölçümüne yönelik standart metotlar [10-12].

Yöntem	Ölçüm alınan numune	Ölçüm parametresi / cihaz	Temel alınan deterjan bileşeni
EN 60456 / Avrupa	Yükten ekstraksiyon	Alkalinite	Karbonat bileşenleri (alkali bileşenler)
ANSI AHAM / Amerika	Leke şeridinden ekstraksiyon	UV-Absorbans (UV-spektrofotometre)	LAS (anyonik YAM)
AS/NZS 2040.1:2005 / Avustralya	Yükten ekstraksiyon	UV-Absorbans (UV-spektrofotometre)	PBIS (marker)

2.2 Çamaşır Deterjanları ve Genel İçerikleri

Çamaşır makinalarında durulama performansı ölçümünde kullanılan standart yöntemlere ek olarak; deterjan ölçümünde kullanılabilecek diğer yöntemlerin de belirlenebilmesi amacıyla deterjanların yapıları ile ilgili literatür araştırması yapılmıştır.

Tekstil ürünleri kullanım sırasında gözle görülen ve görülmeyen kir, toz, leke, mikroorganizma gibi bir çok kaynak tarafından kirletilmektedir. Yıkama işleminin temel amacı ise tekstile zarar vermeden bu kirlilikleri tekstil üzerinden uzaklaştırmak, kullanım ve estetik özelliklerini geri kazandırmaktır. Yıkama işlemi makine ve program özellikleri, su kalitesi, kullanıcı alışkanlıkları gibi bir çok değişkenden etkilenmektedir. Yıkama değişkenleri içinde en önemli kriterlerden biri ise deterjandır. Deterjanın miktarı, içerik ya da formu yıkamada önemli rol oynamaktadır. Deterjan miktarının az olması kirleri temizleyen içeriğin azalması nedeniyle yıkama performansını azaltmakta ve yeterli beyazlık / parlaklığa ulaşılmasını engellemektedir. Aynı zamanda sert sularda yıkamalarda yüzey aktif maddelerden kaynaklı çökme olacağından mineral birikimine sebep olmakta, etkinliği azaltmakta ve operasyon maliyetini arttırmaktadır. Deterjan miktarının fazla olması ise boşuna atık olması, durulamayı zorlaştırması ve tekstil üzerinde deterjan birikimine sebep olmaktadır. Bu nedenle deterjan miktarı kritik olup az ya da çok olmamasına dikkat edilmelidir [13].

Deterjan miktarına ek olarak katı, sıvı, konsantre ya da tablet deterjan kullanımı da yıkamada çeşitlilik yaratmaktadır. Üretimdeki zorluk ve toz ya da sıvı halde bileşenlerin stabil tutulmasıyla ilgili problemlerden dolayı deterjan formuyla birlikte içeriği de farklılık göstermektedir. Genel olarak deterjan içeriğini oluşturan bileşenler; yüzey aktif maddeler, ağartıcılar, optik ağartıcılar, enzimler, sertlik bağlayıcılar, alkaliler, köpük önleyici, korozyon önleyici, parfüm ve diğer dolgu malzemeleri olarak sıralanmaktadır [13-17].

2.2.1 Yüzey aktif maddeler

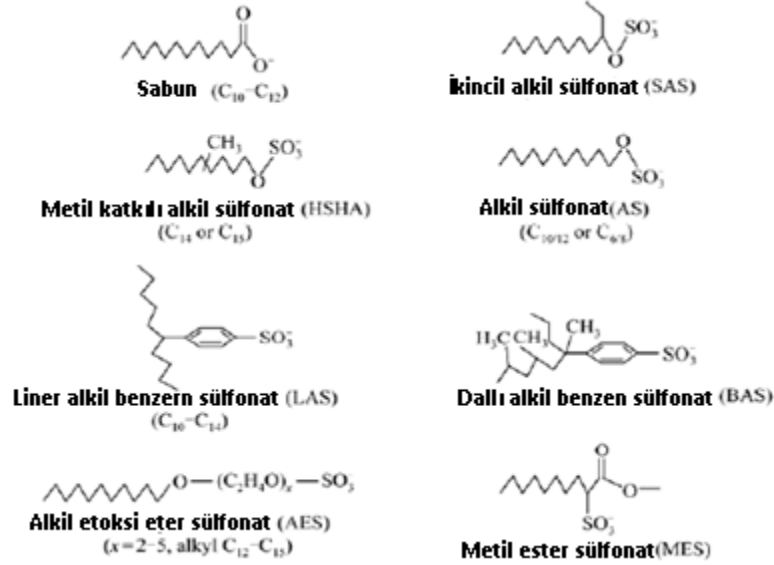
Bileşenler kendi arasında değerlendirildiğinde deterjanların temel bileşeni yüzey aktif maddelerdir. Yüzey aktif maddeler, suyun yüzey gerilimini düşürerek temizlik için gereken ıslanmayı sağlamaktadır. Kirlerin suda çözünen kısmının yüzeyden ayrılarak yıkama suyuna geçmesi ile oluşan boşluklarda kirler gevşmektedir. Suda çözünmeyen kirler ise yumuşayarak temizlenmeleri kolaylaşmaktadır.

Yüzey aktif maddeler, temel temizleme mekanizması olarak kirleri yapışmış oldukları yüzeylerden koparırlar. Deterjan molekülleri (miselleri) kirlerin etrafını kuşatırlar. Kirler toplanıp küresel bir hal almaya başlayınca yüzeye temas eden kısımları azalır. Bu yüzeylere yüzey aktif maddeler yerleşerek kirlerin koparılması kolaylaştırılır. Mekanik etkinin de yardımıyla kirler daha ufak parçalara ayrılır ve yıkama suyunda tutulurlar. Böylece temizlik işlemi gerçekleşmiş olur. Yüzey aktif maddelerin bir diğer görevi de kiri yıkama suyu içinde askıda tutarak tekrar çökmesini önlemektir. Bu kirler su ile birlikte ortamdan uzaklaştırılır.

Kirler temelde üç şekilde su içinde taşınırlar. Bunlardan ilki çözelti ile taşınmadır. Bu çözeltiler, bekletmekle ayrılmayan eşit dağılmış (homojen) karışımlardır. Tuz, şeker gibi maddeler suyla temaslarında iyonlarına ayrışır ve suyun içinde tamamıyla çözünür. Çözünmüş kirlerin tekrar yüzeye çökmesi söz konusu değildir. Kirlerin süspansiyon ile taşınmasında ise suda çözünmeyen katı maddenin çok toz haline getirilerek su içerisinde iyice karıştırılması sonucu saydam olmayan, eşit dağılmamış (heterojen) kararsız yapıda süspansiyon karışımı elde edilir. Emülsiyon ile taşınmada ise su ve yağ gibi birbiri içinde çözünmeyen iki sıvı birlikte çalkalandığında saydam olmayan heterojen bir karışım oluşmaktadır. Bu karışım kendi halinde bırakıldığında er veya geç iki tabaka halinde ayrılır. Yıkama suyu içinde süspansiyon (pigment türü kirler) ve emülsiyon (yağ bazlı kirler) halinde taşınan kirler kendi başlarına kararsızdır ve tekrar yüzeye çökebilirler.

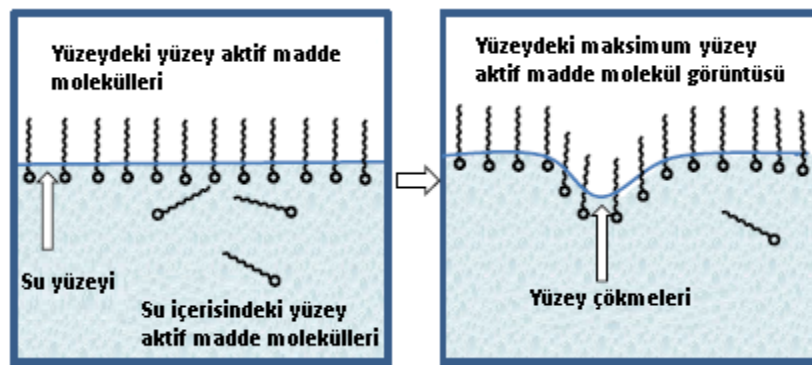
Bunları kararlı ve sürekli hale getirmek için kullanılan maddelere emülgatör adı verilir. Yüzey aktif maddeler aynı zamanda emülgatördürler [14].

Yüzey aktif maddeler suda çözüldüklerinde hidrofil uçlarının ortaya çıkarttığı iyonlarına göre dört ana gruba ayrılmaktadır; anyonik, katyonik, noniyonik ve amfoterik yüzey aktif maddelerdir. Piyasada bulunan ticari toz ve sıvı deterjanların içerisinde bulunan yüzey aktif madde çeşitlerinin kimyasal gösterimi Şekil 2.1’de sunulmaktadır.



Şekil 2.1 : Yüzey aktif maddelerin kimyasal gösterimi [14].

Tüm yüzey aktif maddelerin yüzeyler üzerinden kir / leke çıkarma etkinliği Şekil 2.2’deki gibi ifade edilmektedir.



Şekil 2.2 : Yüzey aktif maddelerin kir/leke çıkarma etkinliği [13].

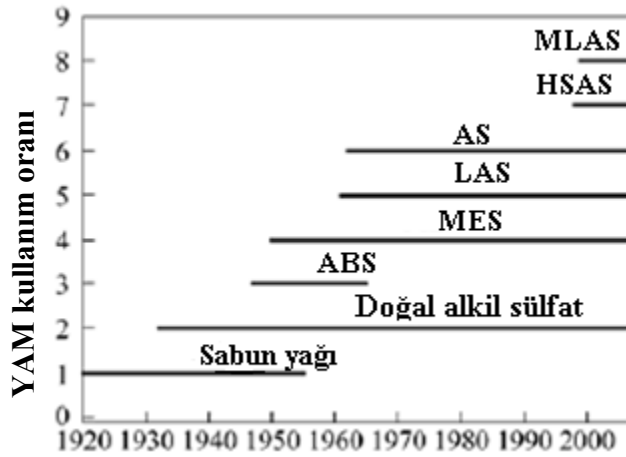
Katyonik yüzey aktif maddeler temizleme güçlerinin zayıf olması ve kumaşa/kire adsorpsiyon/desorpsiyon sorunları nedeniyle, amfoterik yüzey aktif maddeler ise karışık aşamalarda üretildikleri için çamaşır deterjanlarında tercih edilmemektedir.

Anyonik yüzey aktif maddeler düşük maliyet ve üretim kolaylığı nedeniyle sıvı ve katı çamaşır deterjanlarında en çok kullanılan yüzey aktiflerdir. Su sertliğinden olumsuz etkilenerek çökelti oluşturmakta ve yüksek oranda köpük oluşumuna sebep olmaktadır.

Noniyonik yüzey aktif maddeler ise su sertliğinden etkilenmemeleri, yağlı lekelerle karşı yüksek etkinlik göstermeleri, düşük sıcaklıklarda da çalışabilmesi ve anyonik yüzey aktiflere göre daha az köpürmesi nedeniyle çamaşır deterjanlarında tercih edilmektedir. Ancak pahalı olmaları ve uzun süreli reaksiyonlar sonucu etki göstermeleri nedeniyle kullanımları kısıtlıdır.

Özellikle kısa yıkama programlarının yaygın olduğu Kuzey Amerika gibi bölgelerde tercih edilmemektedir. Buna karşı Batı Avrupa gibi bölgelerde kullanımları yaygınlaşmakta ve sıvı deterjan formüllerine esas ya da tek yüzey aktif madde olarak dahil edilmektedir.

Tekstil yıkama ve temizleme etkinliklerinde bahsi geçen avantajları sağlaması nedeniyle ağırlıklı olarak tercih edilen anyonik yüzey aktif maddelerin geçmiş yıllardan 2000'li yılların başına dek farklı formülasyonlarla gelişimi ve deterjanlar içerisinde kullanımı ile pazara sunumu Şekil 2.3'te grafik ile ifade edilmektedir [14].



Şekil 2.3 : Anyonik yüzey aktif maddelerin yıllara göre değişimi [14].

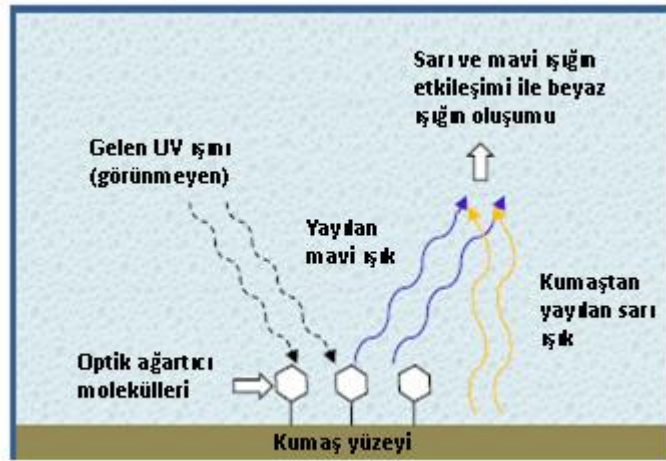
2.2.2 Ağartıcılar

Ağartıcılar; lekelerin renginin kimyasal yollarla uzaklaştırılmasında görev almaktadır. Farklı içerikli ağartıcıların arasından en uygununun seçilmesinde önemli kriterler; formülasyonda stabil olması; enzim, parlaticılar ve parfüm gibi diğer bileşenlerle uyumlu olması, yıkama boyunca stabilitesini kaybetmemesi ve tekstil ürünü ile çamaşır makinesine zarar vermemesidir [15]. Günümüz teknolojisinde

sadece toz ve tablet deterjanlarda kullanılmaktadır. Stabilite sorunları nedeniyle sıvı deterjanlarda kullanımı kısıtlıdır.

2.2.3 Optik ağartıcılar

Deterjanlar içerisinde kullanılan optik beyazlatıcılar organik bileşikler olup yapılarında ışık ile kolaylıkla uyarılabilen p elektron sistemleri bulunmaktadır. Bu sistemler konjuge çift bağ içeren aromatik ve heterosiklik bileşiklerdir. Optik beyazlatıcılar düz, uzun zincir yapısında olup, hemen hemen hepsi 300-400nm dalga boyundaki ultraviyole ışığı absorbe etmektedirler. Diğer taraftan, lif yapısına bağlı olarak life fikse olmasını sağlayan bağlayıcılar da içermektedirler. Çeşitli liflere uygulanan optik beyazlatıcılar birbirinden farklıdır [16].



Şekil 2.4 : Optik ağartıcının tekstil yüzeyindeki çalışma mekanizması [16].

Şekil 2.4'te sunulan şematik gösterimde tekstil yüzeyine ulaşan UV ışınlarının, tekstil yüzeyine absorbe edilen optik ağartıcılar aracılığı ile sarı ve mavi ışığın birleşimi sonucunda tekstil yüzeyinin beyaz görünme mekanizması ifade edilmektedir. Floresan beyazlatıcı maddeler belli bir dalga boyundaki ışığı absorblayıp başka bir dalga boyuna yansıtan floresan molekülleridirler. Bundan dolayı, floresan normalde sarı olan materyalin beyazlık derecesini arttıran mavi ışıktır. Floresan beyazlatıcı maddeler absorpsiyon ve maksimum floresans, kuantum verimleri ve materyale olan afiniteleri ile karakterize edilebilirler. Optik beyazlatıcılar veya floresan beyazlatıcı maddeler renksiz veya hafif renkli organik bileşiklerdir. Materyale çözelti halinde uygulanırlar ve ultraviyole ışığı absorblarlar. Birçok absorblanmış enerjiyi 400-500 nm aralığındaki mavi floresan ışık olarak yansıtırlar. Materyal tüm dalga boylarındaki ışığı yansıtarak yüzeyin insan gözü

tarafından beyaz görünmesini sağlamaktadır. Örneğin, doğal lifler, içerdikleri kirlilikler nedeniyle görünür spektrumun mavi bölgesindeki birçok ışığı genellikle absorblamaktadır. Bundan dolayı, doğal lifler sarımsı bir görünüme sahip olmaktadır [16,17].

2.2.4 Enzimler

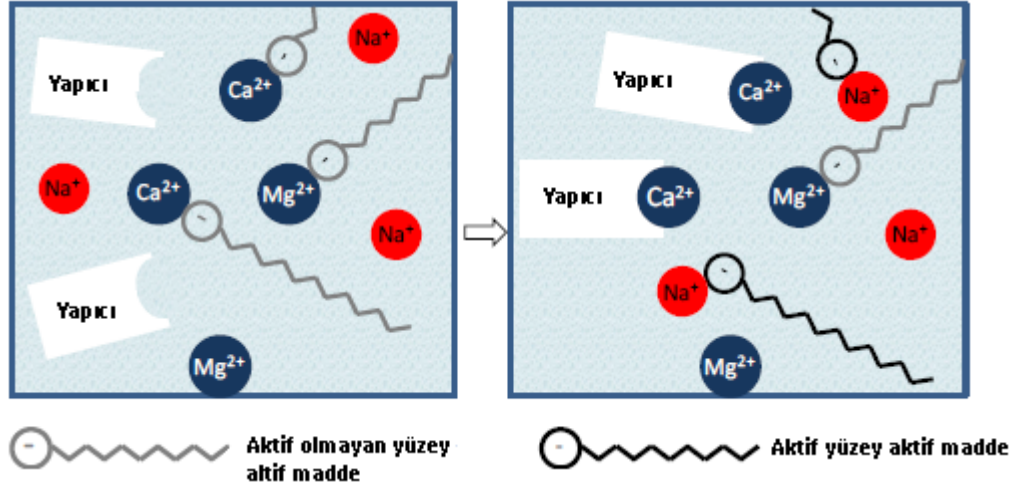
Enzimler, belli lekelerin parçalanmasında seçici olarak görev alan protein molekülleridir. Toz ve sıvı deterjanlarda temel olarak yağ içerikli lekeleri parçalayan lipazlar, protein içerikli lekeleri parçalayan proteazlar ve karbonhidrat içerikli lekeler için de amilaz enzimleri kullanılmaktadır. Ancak proteaz enziminin enzimlerin protein yapısına zarar verebileceği için sıvı formülasyonlarda stabilizasyonunda sorunlarla karşılaşmaktadır [8,15].

2.2.5 Alkaliler

Alkaliler, yüzeyin ve suyun (-) yüklenmesine sebep olarak kir ve yüzeyin birbirini itmesini sağlamaktadır. Ayrıca pamuk ve keten gibi elyafların genişlemesine ve kabarmasını, böylece elyafın içine nüfus eden kirlere suyun temasını sağlamaktadır. Yağ bazlı kirlerin yağ asitlerini sabuna dönüştürmektedir. Alkalinite arttıkça temizleme performansı da artmaktadır. Deterjanda kullanılan başlıca alkaliler sodyum hidroksit, sodyum karbonat ve sodyum silikattır [8,13].

2.2.6 Yapıcı maddeler

Sert su, yüzey aktif maddelerin performansını düşürmekte, bu da yıkamayı olumsuz yönde etkilemektedir. Performans düşüşünü tolere etmek için deterjanlarda yüksek miktarlarda yüzey aktif madde kullanılmakta ancak buna bağlı olarak su tüketimi artış göstermektedir. Bu sorun su ve kirdeki Ca ve Mg gibi sertlik iyonlarının yapıcı maddeler ile tutulmasıyla giderilmektedir. Şekil 2.5'te görüldüğü üzere yapıcı maddeler, suda sertlik yaratan Ca(+2) ve Mg(+2) katyon iyonları bağlayarak suyun yumuşamasına böylelikle yüzey aktif maddelerin işlevlerini sağlayabilmesine olanak tanımaktadır [18].



Şekil 2.5 : Yapıcı maddelerin sudaki sertlik iyonlarını bağlaması [18].

En yaygın kullanılan yapıcılar sodyum tripolifosfat (STPP), Ca ve Mg iyonlarının bağlanmasında, çözünmeyen kirlerin dağılması / süspansiyon oluşturmasında hızlı ve etkili olmaktadır. Toz formda kullanımı kolay ve ucuzdur. Ancak fosfatların mikroorganizma büyümesini arttırıcı etkisi dezavantaj teşkil etmektedir. STPP ve alternatifi olan zeolitler; sıvı deterjan formülasyonlarında da kullanılabilmekte ancak özel bir sıvı matris yapısında dahil edilmeleri gerekmektedir.

2.2.7 Köpük önleyiciler

Çamaşır makinasında yıkamada uygulanan mekanik etkiyi azaltması, durulamayı zorlaştırması ve taşma gibi problemlere neden olması nedeniyle köpük oluşumu istenmemektedir. Bu nedenle deterjan formülasyonlarında ağırlıklı olarak silikon bazlı köpük önleyiciler kullanılmaktadır.

2.3 Çamaşır Deterjanı Formları

Yıkama ortamının en önemli parametrelerinden biri olan deterjanların; piyasada bulunan farklı form ve formülasyonları araştırılmıştır. Amerika'dan sonra Avrupa pazarında da su bazlı sıvı ve jel deterjanların hızla yaygınlaştığı bilinmektedir. Bu nedenle toz ve sıvı deterjan formları için ortak bir ölçüm parametresinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Çamaşır deterjanları genellikle toz / granül ya da sıvı formda olmaktadır. Deterjanın hangi formda olduğu üretim aşamasında kimyasalların deterjan içinde stabil tutulması ve kullanım aşamasında yıkama özelliklerini etkilemesi açısından önem taşımaktadır. Çamaşır yıkama alışkanlıkları kullanıcıdan kullanıcıya, ülkeden ülkeye

değişkenlik göstermekte; fırçalama / çitileme gibi elde yapılan sert mekanik işlemler ile makine üreticisinin tavsiye ettiği otomatik dozajlama sistemlerine kadar farklılık göstermektedir. Kullanıcı memnuniyeti ve maliyet gibi etkenler dolayısıyla son yıllarda sıvı deterjanlar, toz deterjanların önüne geçmektedir. Avrupa ülkelerinde ve Amerika'da yaygın olarak kullanılan deterjan formlarının pazardaki dağılımları Çizelge 2.3 ve Çizelge 2.4'te sunulmuştur [15,19]. Çizelgelerde görüldüğü gibi Avrupa ülkelerinde toz formundaki deterjanlar daha yaygın olarak kullanılmaktadır. Avrupa ülkelerinin aksine, Amerika pazarında ise tamamen sıvı deterjan kullanımı dikkat çekmektedir.

Çizelge 2.3 : Avrupa'da deterjan formlarının yüzdece dağılımı [15].

Deterjan formu	İngiltere	Almanya	Fransa	İtalya	İspanya
Toz	%47	%31	%18	%33	%39
Konsatre toz	%1	%26	%1	%0	%0
Toz tablet	%9	%2	%7	%0	%3
Sıvı	%23	%41	%65	%60	%57
Sıvı tablet	%20	%0	%9	%6	%1

Çizelge 2.4 : Amerika'da deterjan formlarının dağılımı [19].

Deterjan formu	Amerika
Sıvı deterjan	%79
Toz deterjan	%18
Diğer	%3

2.3.1 Toz deterjanlar

Toz deterjanlar; yapısındaki yüzey aktif madde miktarına bağlı olarak yüksek ve düşük yoğunluklu olarak iki formda bulunabilmektedir. Düşük yoğunluk toz deterjan üretiminde yüzey aktif madde miktarı %20'nin altında olup hazır bir karışım olarak son ürüne eklenmekte, herhangi bir işlem gerektirmemektedir. Yüksek yoğunluklu toz deterjanlarda ise yüzey aktif miktarı %25'in üzerinde olup üretimde ek bileşen basamaklar gerektirmektedir [20]. Ticari toz deterjanların içeriğinde bulunan kimyasal bileşenleri Çizelge 2.5'te sunulmuştur [21].

Çizelge 2.5 : Ticari toz deterjan içeriği [21].

Bileşen Adı	Fonksiyonu
Sodyum karbonat	Su sertliğini giderir
Sodyum alüminasilikat	Su sertliğini giderir
Sodyum sülfat	Dolgu malzemesi
LAS	Yüzey aktif madde
Alkil sülfat	Yüzey aktif madde
Sodyum perkarbonat	Dispergator
Su	Dolgu malzemesi
Sodyum poliakrilat	Dispergator
Silikat	Dolgu malzemesi
Oksi benzensülfonat	Ağartıcı
Etoksilat	Yüzey aktif madde
Polietilen glikol	Stabilizator
DTPA	Yapıcı malzeme
Parfüm	Esans
Proteaz	Protein bazlı enzim
Selülaz	Selüloz bazlı enzim
Silikon	Köpük önleyici

Yüksek ve düşük yoğunluklu toz deterjanlar genel olarak çeşitli leke ve kirlerin çıkarılmasında etkili olmaktadır. Ağartıcı içeriği ve sudaki sertlik gibi özellikleri iyileştiren yapısı (alkaliler, sertlik tutucular gibi) sayesinde tekstil ürününün beyazlatılmasında iyi sonuçlar vermektedir [22].

2.3.2 Sıvı deterjanlar

Sıvı deterjanlar; sodyum sülfat gibi dolgu maddesi bulundurmeyen, tüm bileşenlerin sulu bir çözelti ortamında bir arada tutulduğu deterjanlardır. Sıvı deterjanların kimyasal içeriklerine yönelik bilgi Çizelge 2.6’da verilmiştir [23]. Su bazlı olmaları nedeniyle yıkama ortamında çözünme sorununa sebep olmamakta ve tekstil üzerinde birikmemektedir [24].

Çizelge 2.6 : Ticari sıvı deterjan içeriği [23].

Bileşen Adı	Hacim Yüzdesi
Anyonik YAM	10-25
Noniyonik YAM	6-10
Sabun	4-6
Yapıcı madde	15-30
Çözücü	0-5
Alkol	0-5
Enzim	0-1,5
Optik ağartıcı	0,05-0,25
Stabilizatör	Eser miktar
Parfüm	Eser miktar
Su	30-50

Sıvı deterjanlar yıkama performansına bağlı olarak ağır bileşenli ve hafif bileşenli olarak ikiye ayrılmaktadır. Ağır bileşenli sıvı deterjanlarda başta yüzey aktif madde olmak üzere yapıcı maddeler ve enzim konsantrasyonu yüksek tutulmaktadır.

Bileşenlerin sıvı formda stabilite sorunlarına sebep olmaları nedeniyle genel bileşenlerin bir kısmı sıvı deterjanlarda bulunmamaktadır. Stabilizasyon sorunu nedeniyle sıvı deterjanda kullanılamayan bileşenlerden birisi ağartıcıdır. Oksijen bazlı ağartıcıların sıvı formdayken diğer bileşenlerle reaksiyona girmesi ve onları bozundurması nedeniyle sıvı deterjanlarda kullanılamamakta, ağartıcı olarak sadece

optik ağartıcılar kullanılmaktadır. Bu durum, şarap, çay, domates, dut lekesi gibi ağartılabilir lekelerin çıkarılmasında deterjanın etkinliğini düşürmektedir.

Bileşimde stabilizasyon zorluğu nedeniyle kullanılmayan bir diğer bileşen de proteaz enzimidir. Proteinlerin parçalanmasında rol oynayan proteaz enzimi, deterjan bileşimdeki diğer enzimleri hedef alarak bozunmalarına neden olmaktadır. Son yıllarda yapılan çalışmalarda proteaz enziminin bileşimde stabil tutulmasıyla ilgili çalışmalar yapılmaktadır. Enzimin geri dönüşümlü olarak inhibisyonunu sağlayacak ve yıkama ortamında tekrar aktive edecek ilavelerden faydalanılabilmektedir. Proteaz enziminin kullanılmaması ise kan, patates, peynir lekesi gibi protein içeriği yüksek lekelerle karşı performansı düşürmektedir.

Benzer şekilde stabilizasyon sorunları nedeniyle sıvı deterjan bileşiminde alkali maddeler de kullanılmamaktadır. Bu durum alkali ortamda çalışan lipaz enzimi gibi bileşenlerin düzgün aktivite gösterememesine, dolayısıyla düşük yıkama performansına sebep olmaktadır.

Buna karşılık, sıvı deterjanlar vücut kiri ve yağlı lekelerin çıkarılmasında yüksek performans göstermektedir. Deterjan formülasyonlarının temel bileşenleri ve bu bileşenlerin özelliklerine bağlı karşılaştırmalı değerlendirme aşağıda Çizelge 2.7'de sunulmuştur [21-24].

Çizelge 2.7 : Sıvı ve toz deterjanların içeriklerinin karşılaştırılması [21-24].

Temel Deterjan Bileşenleri	Sıvı Deterjan	Toz Deterjan	Karşılaştırma / Açıklama
Yüzey aktif maddeler	Anyonik ve noniyonik YAM	Anyonik ve noniyonik YAM	Sıvı deterjanlarda YAM miktarı daha yüksektir ve köpük oluşumu daha fazla görülmektedir.
Ağartıcılar	Optik ağartıcılar	Oksijen bazlı ağartıcı Optik ağartıcı	Ağartılabilir lekeler üzerine etkisi yüksektir Çamaşırların renk kalitesinin daha uzun süre korunmasını sağlamaktadır.
Alkali maddeler	Yok	Silikat, fosfat, karbonat	Alkali madde bulunmaması nedeniyle temizleme etkinliği düşüktür.
Dolgu malzemeleri	Su	Sodyum sülfat	Sıvı deterjanlar su bazlı olduğu için daha hızlı çözünmektedir.
Enzimler	Lipaz, amilaz	Proteaz, amilaz	Sıvı deterjanların protein bazlı lekelerle karşı etkinliği daha düşüktür .
Yardımcı maddeler	Parfüm, köpük inhibitörleri...	Parfüm, köpük inhibitörleri...	

2.4 Durulama Performansı Ölçüm Parametreleri

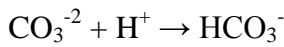
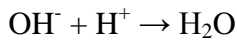
2.4.1 Alkalinite analizi

Bir suyun alkalinitesi, o suyun asitleri nötralize edebilme kapasitesi olarak tanımlanmaktadır. Alkalinite, öncelikle sudaki karbonat, bikarbonat ve hidroksil içeriğinin bir fonksiyonunu ifade etmektedir [25]. Doğal suların alkalinitesi, zayıf asitlerin tuzlarından ileri gelirken, bunların basında yer alan bikarbonatlar, alkalinitenin en önemli şeklini oluşturmaktadır. Bikarbonatlar karbondioksitin topraktaki bazı maddeler üzerindeki faaliyeti sonucu sularda oluşmaktadır. Doğal sularda ayrıca boratlar, silikatlar ve fosfatlar gibi diğer zayıf asit tuzları küçük miktarlarda bulunabilmektedirler [26].

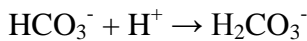
Yüzey sularında alkalinitenin kaynakları karbonat (CO_3^{-2}), bikarbonat (HCO_3^{-}), hidroksit (OH^-), zayıf asitler; borat (BO_3^{-3}), fosfatlar (PO_4^{-3} , HPO_4^{-2}) ve silikatlardır (SiO_4^{-4}) [27].

Alkalinite ölçümü için yapılan titrasyon da pH dönüm noktalarına göre iki tür alkaliteden söz edilebilmektedir [28].

Fenolftalein alkalinitesi (FF); suyun içinde OH^- ve CO_3^{-2} iyonları varsa, suyun pH'ı 10'un üzerindedir. Titrasyon sırasında fenolftaleinin dönüm noktası olan pH 8,3'e gelindiğinde örnek içinde aşağıdaki tepkimeler gerçekleşmektedir;



Metil oranj alkalinitesi (MO); pH = 8,3'den, pH = 4,5'e (yani metil oranjın dönüm noktasına) kadar gerçekleşen titrasyon sonucunda aşağıdaki tepkimeye göre bikarbonat, karbonik aside dönüşmektedir.



Toplam alkalinite, fenolftalein ve metil oranj alkalinitelerinin toplamı olarak ifade edilmektedir.

Örnek içindeki alkalinite türleri titrasyonda dönüm noktalarında harcanan asit miktarlarından belirlenmektedir [29].

Dönüm noktası pH'ına kadar potansiyometrik titrasyon yapılması durumunda ise;

Alkalinite, mg CaCO₃/l = (A x N x 50.000) / ml numune (A : Kullanılan standart asit, ml; N : Standart asidin normalitesidir.) ilişkisi ile belirlenebilmektedir.

Alkalinitenin bir başka ifadesi ise; mg CaCO₃/l = (A x t x 1000) / ml numune (A : Kullanılan standart asit, ml; t: Standart asidin alkalinite eşdeğeri, mg CaCO₃/ml) 'dir.

Alkalinite sonucu ise; "pH X'e kadar alkalinite: Y mg CaCO₃/l" şekilde ifade edilmektedir [30].

2.4.2 İletkenlik analizi

İletkenlik su kalitesinin ve saflığının belirlenmesinde kullanılan önemli parametrelerden birini oluşturmaktadır. İletkenlik, bir su numunesinin elektrik taşıyabilme özelliğinin sayısal ifadesi olmakla beraber sudaki iyonik türlerin konsantrasyonlarına, değerliklerine, taşınırılıklarına, kısmi konsantrasyonlarına ve ölçüm sıcaklıklarına bağlı olarak değişmektedir. İnorganik bileşikler iyi iletkenlik gösterirken, organik bileşikler çok zayıf bir akım geçiricilik kabiliyeti göstermektedir. Su içindeki H⁺ ve OH⁻ iyonlarından dolayı çok az bir iletkenlik bulunmaktadır ve bu, iletkenlik ölçeğinin başlangıcı olarak kabul edilmektedir [31].

İletkenlik ölçüm birimi µS/cm'dir. 1 µS/cm = 1 µmho/cm'dir. Elektriksel iletkenlik, suda iyonize olan maddelerin toplam konsantrasyonuna ve sıcaklığa bağlı olarak ifade edilmektedir. Yeni damıtılmış suyun iletkenliği, 0,5–2 micromhos/cm iken zamanla havadaki karbondioksitin absorblanması ile bu değer 2–4 micromhos/cm değerine ulaşmaktadır. İçme sularının iletkenliği 50 – 1500 µS/cm arasında değişebilmekte ve kirlilik arttıkça iletkenlik de artmaktadır. Bazı endüstriyel atıksularda iletkenlik 10000 µS/cm'in üzerine çıkabilmektedir [32].

İletkenlik yardımı sudaki çözülmüş madde miktarının değişimi ve suyun kimyasal analizinin kontrolü de yapılabilmektedir. İletkenliği ampirik faktörlerle çarparak (0,55–0,9) sudaki çözülmüş madde miktarı bulunabilmektedir. Su analiz raporunun kontrolünde iletkenliğin 1/100'ü ile meq/L olarak katyon ve anyon toplamının oranından faydalanılmaktadır. Kalsiyum, magnezyum değerleri toplamının, sodyum ve potasyum değerleri toplamından büyük olması halinde yukarıda verilen oran 80–100 sınırına getirilmelidir. Şayet sodyum, potasyum değeri toplamı, kalsiyum

magnezyum değerleri toplamından büyük ise oranın 90–110 sınırında olduğu ifade edilmektedir [33].

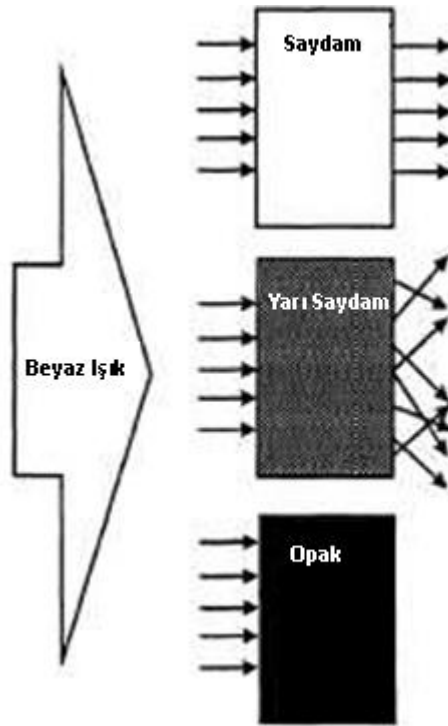
Deterjan yapısında bulunan bileşenlerin suda çözünürken açığa çıkardıkları iyonlar; iletkenlik değeri üzerinde etkili olmaktadır.

Özellikle toz deterjanların yapısında bulunan yüksek aniyonik yüzey aktif maddeler, alkali madde ve dolgu maddeleri gibi suda çözünürlüğü yüksek bileşenler suyun iletkenlik değeri üzerinde etkili olmaktadır. Dolgu maddesi olarak yüksek oranda su içeren sıvı deterjanların ise iletkenlik üzerindeki etkisi düşük olmaktadır [34, 35].

2.4.3 UV-absorbans analizi

Bir çözültiden geçen ışık miktarı, ışığın çözülti içinde kat ettiği yol ve çözülti konsantrasyonu ile logaritmik olarak ters orantılı, emilen ışık miktarı ise doğru orantılı olarak ifade edilmektedir.

İçerisinde organik moleküller bulunan bir çözültiden UV-görünür bölge ışınlarının geçmesi halinde, çözültinin bu ışınların bir kısmını seçimli olarak soğurması ile absorpsiyon; kalan ışınları ise çok az soğurur veya olduğu gibi geçirmesi durumunda ise Şekil 2.6’da sunulduğu gibi transmisyon olayları gerçekleşmektedir [36].



Şekil 2.6 : Işığın dağılımının şematik gösterimi [36].

Bir çözeltinin absorpsansı Lambert-Beer Kanunu'na göre Eşitlik 2.1'de verilen formül ile hesaplanmaktadır.

$$A = -\log T = -\log (I_t/I_0) \quad (2.1)$$

A: Absorplana ışık miktarı

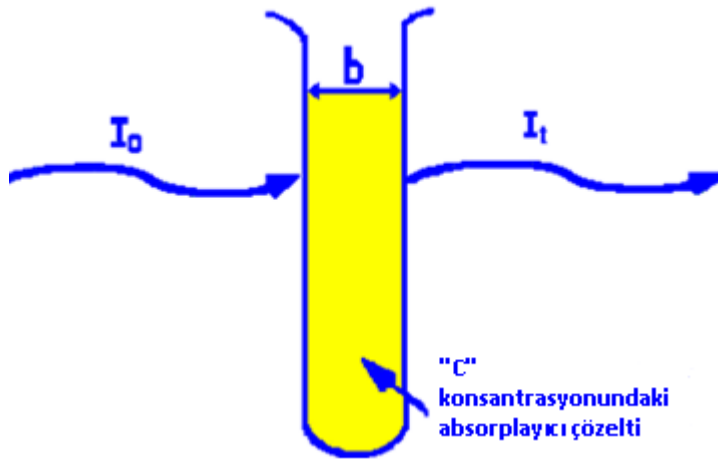
T: Geçirilen ışık miktarı

I_t : Çözeltiden çıkan ışık şiddeti

I_0 : Çözeltiye giren ışık şiddeti

Spektrofotometrelerde konsantrasyonu bilinen bir standart çözeltinin absorpladığı ışık miktarı (absorpsansı) ile konsantrasyonu bilinmeyen çözeltinin absorpladığı ışık miktarı karşılaştırılarak değerlendirme yapılmaktadır.

Şekil 2.7'de sunulan bir küvet içine konmuş renkli bir çözeltiden çıkan ışık şiddetinin (I_t), çözeltiye giren ışık şiddetinden (I_0) daha küçük olduğu ifade edilmektedir [37].



Şekil 2.7 : Küvet içerisindeki çözeltiden geçen ışık miktarı [38].

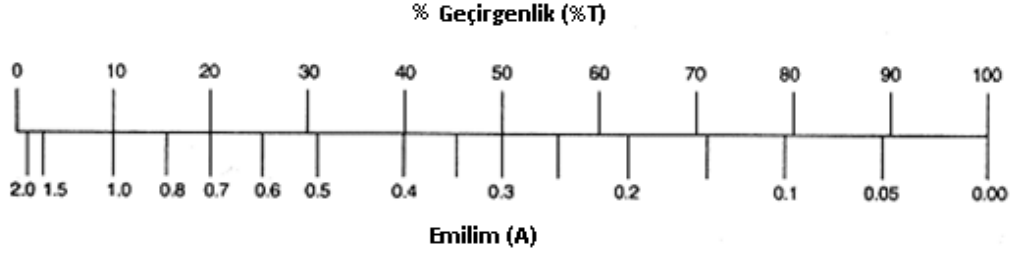
Eşitlik 2.2 ve Eşitlik 2.3'te belirtildiği gibi çözeltiden çıkan ışık şiddetinin çözeltiye giren ışık şiddetine oranı, transmittans (T) olarak tanımlanmaktadır. Transmittans, genellikle %Transmittans (%T) olarak ifade edilmektedir.

$$T = I_t / I_0 \quad (2.2)$$

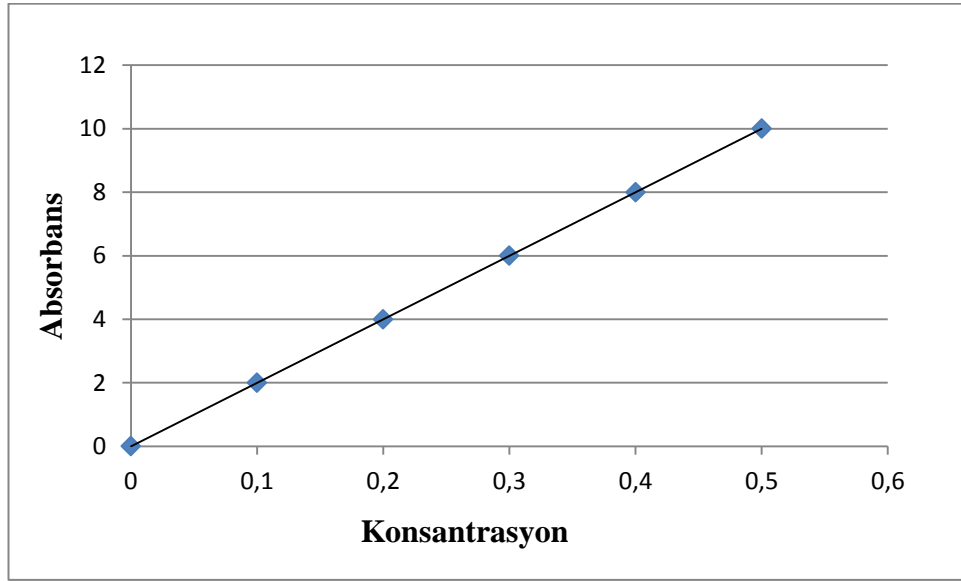
$$\%T = I_t / I_0 \times 100 \quad (2.3)$$

Transmittansın tersinin logaritması absorpsans (A) olarak tanımlanmaktadır ki bu, çözeltinin içinden geçen ışığın ne kadarının absorbe edildiğinin (soğurulduğunun) ifadesi olarak yer almaktadır. Bir çözeltide çözülmüş olan maddenin miktarı veya

konsantrasyonu ile %Transmittans (%T) arasında doğrusal olmayan bir ilişki olduğu halde Absorbans (A) arasında doğrusal bir ilişki bulunmaktadır. Şekil 2.8’de transmittans ve absorbans değerleri arasındaki ilişki sunulmaktadır. Şekil 2.9’da ise madde konsantrasyonu ile absorbans değeri arasındaki ilişkiyi ifade eden grafiksel gösterim sunulmaktadır [38].

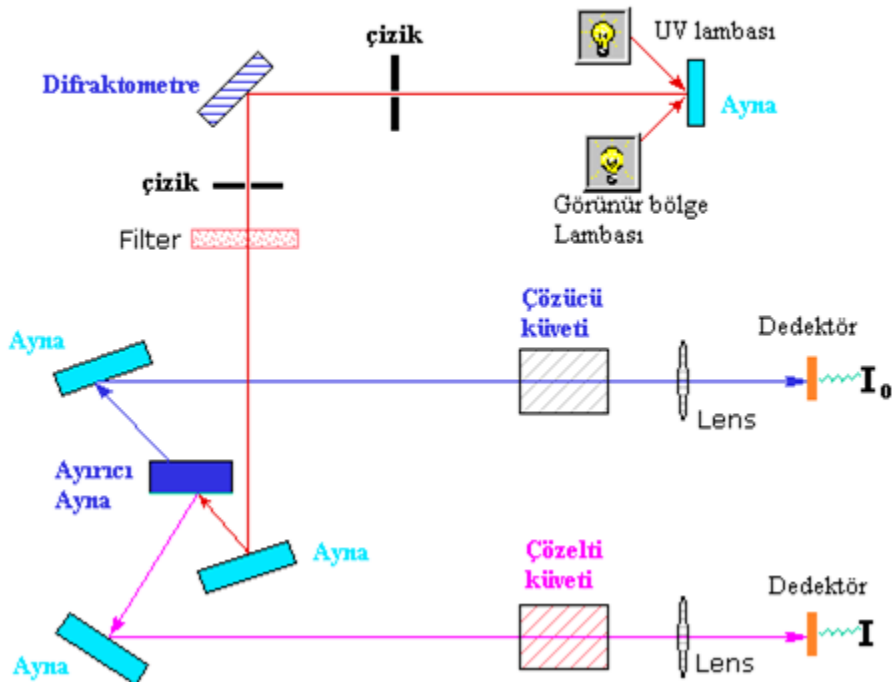


Şekil 2.8 : Transmittans ve absorbans değerleri arasındaki ilişki [38].

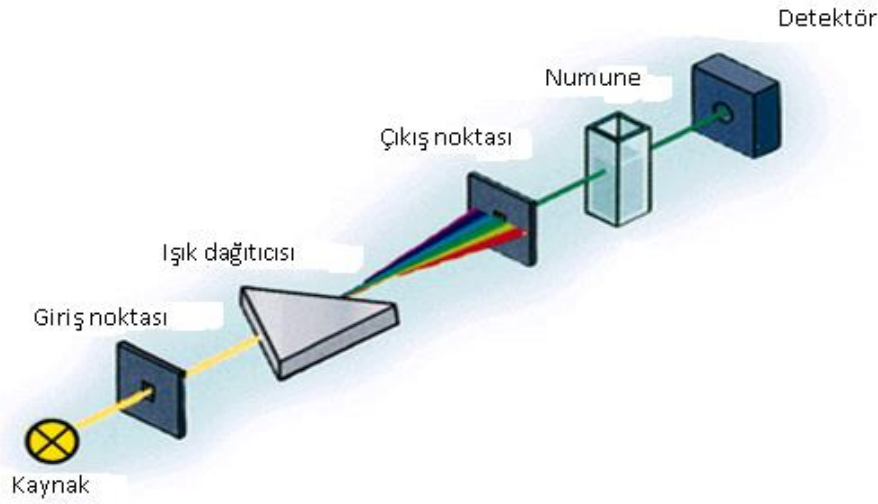


Şekil 2.9 : Absorbans ve madde konsantrasyonu arasındaki ilişki [38].

Çözelti içindeki bir maddenin miktarını veya konsantrasyonunu belirlemek amacıyla absorbans veya transmittans değerlerini UV veya görünür dalga boyunda belirleyen cihaza UV-VIS Spektrofotometre ismi verilmektedir. Spektrofotometrenin iç yapısı ve çalışma prensibi Şekil 2.10 ve Şekil 2.11’de sunulmaktadır [39].



Şekil 2.10 : Spektrofotometre iç yapısının şematik gösterimi [39].



Şekil 2.11 : Spektrofotometre çalışma prensibinin şematik gösterimi [39].

Bu şematik gösterime göre, spektrofotometre içerisinde bulunan ışık kaynağından çıkan ışınlar dalga seçici yardımıyla istenilen dalga boyuna ayrıştırılır, dalga seçiciden geçen ışın spektrofotometre içerisine yerleştirilen örnek kabına yönlendirilmektedir. Örnek kabından çıkan ışınlar bir dedektör yardımı ile toplanarak analiz edilmektedir [36,37].

Spektrofotometrelerde konsantrasyonu bilinen bir standart çözeltilinin absorpladığı ışık miktarı (absorbans, optik dansite) ile konsantrasyonu bilinmeyen çözeltilinin absorpladığı ışık miktarı karşılaştırılmaktadır.

Öte yandan, spektrofotometrelerde kullanılacak ışık, çözeltilinin kuvvetli absorpladığı dalga boyunda seçilmektedir. Örneğin kırmızı renkli sıvı için yeşil dalga boyunda (yeşil renkli sıvı için kırmızı dalga boyunda), mavi renkli sıvı için sarı dalga boyunda (sarı renkli sıvı için mavi dalga boyunda) ışık seçilimi yapılmaktadır [36-39].

3. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada, ev tipi çamaşır makinelerinde durulama performansı ölçümünde kullanılacak yeniden üretilebilirliği ve tekrar edilebilirliği yüksek aynı zamanda toz ve sıvı formlardaki deterjanlar için ortak olarak kullanılacak ölçüm metodu geliştirilmesine yönelik olarak mevcut standart ölçüm metotları ve alternatif ölçüm parametreleri incelenmiştir.

Bu amaçla öncelikle literatür bölümde bahsedilen standart test yöntemleri ve deterjanlara yönelik araştırmalar temel alınarak; farklı deterjan koşulları ve durulama sayılarına sahip yıkama programlarını kapsayan bir test planı oluşturulmuştur. Deterjan tipi, durulama sayısı, incelenen örnekler ve ölçümü yapılan parametreler aşağıda sunulmuştur;

- Deterjan tipi: Standart toz deterjan, ticari sıvı deterjan, ticari toz deterjan
- Durulama sayısı: 2 durulama, 3 durulama, 4 durulama ve 5 durulama
- İncelenen örnekler:
 - Tahliye Suları (Ana yıkama sonu tahliyesi, durulama adımları sonunda tahliye edilen sular)
 - Yıkama sonunda makineden çıkarılan tüm yük
 - Yıkama sonunda makineden çıkarılan boş – *blank* standart şeritler
- Ölçümü Yapılan Parametreler:
 - Alkalinite (EN 60456 Standardı)
 - İletkenlik (Alternatif ölçüm parametresi)
 - UV-Absorbans değişimi (AHAM – Amerika Standardı)

Çalışmanın son bölümünde ise yukarıda bahsi geçen deney planına göre gerçekleştirilen deneysel çalışmalar sonucunda farklı durulama sayılarına ve farklı örnek kaynaklarına göre deterjan konsantrasyonundaki farklılığı ortaya koyan ölçüm metodu “UV-Absorbans” ölçüm sistemi için 6 Sigma metodolojisine uygun olarak ANOVA-Gage R&R modülü yardımıyla ölçüm yeterliliği analizi yapılmıştır.

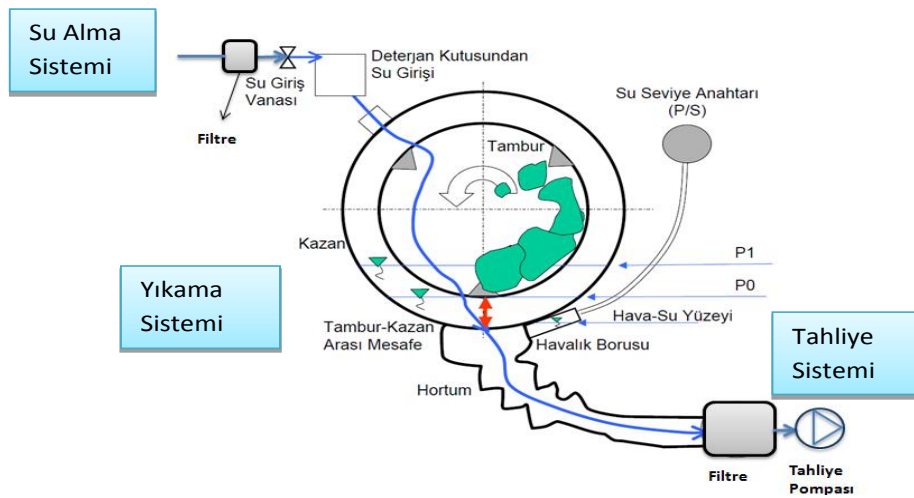
Bu bölümde kullanılan çamaşır makinesi parametreleri, çalışma koşulları, ölçüm alınan numunelerin tariflenmesi ve oluşturulması, ölçüm metotları ve bu metotlarda tarifli olarak kullanılan ölçüm cihazları ve deneysel yöntemin detayları sunulmaktadır.

3.1 Materyal-Metot

Gerçekleştirilen deneysel çalışmalarda, çamaşır makinesi, standart tekstil yükü, standart leke şeridi, standart baz toz deterjan, standart perborat, standart TAED, ticari toz deterjan, ticari sıvı deterjan, 0,1 N HCl, pipet gibi tek kullanımlık sarf malzemelerine ek olarak cam malzemeler (beher, şişe, tüp vs.) WTW inolab 720 pH ölçer, ORION 150 model iletkenlik ölçer, Metrohm Titrino 702 SM titrasyon cihazı, Heidolph MR 3001 ısıtıcılı manyetik karıştırıcı, IKA marka KS 260 BASIC model orbital karıştırıcı ve AS 260.1 model universal ataçmanı kullanılmıştır. Ayrıca, durulama çözeltilerinin UV-Absorbans değerlerinin belirlenmesi amacıyla Perkin Elmer marka Lambda 35 model UV/VIS spektrofotometre, Lambda 35 UV WinLab bilgisayar programı, Hellma Analytics marka Quartz küvetler kullanılmıştır.

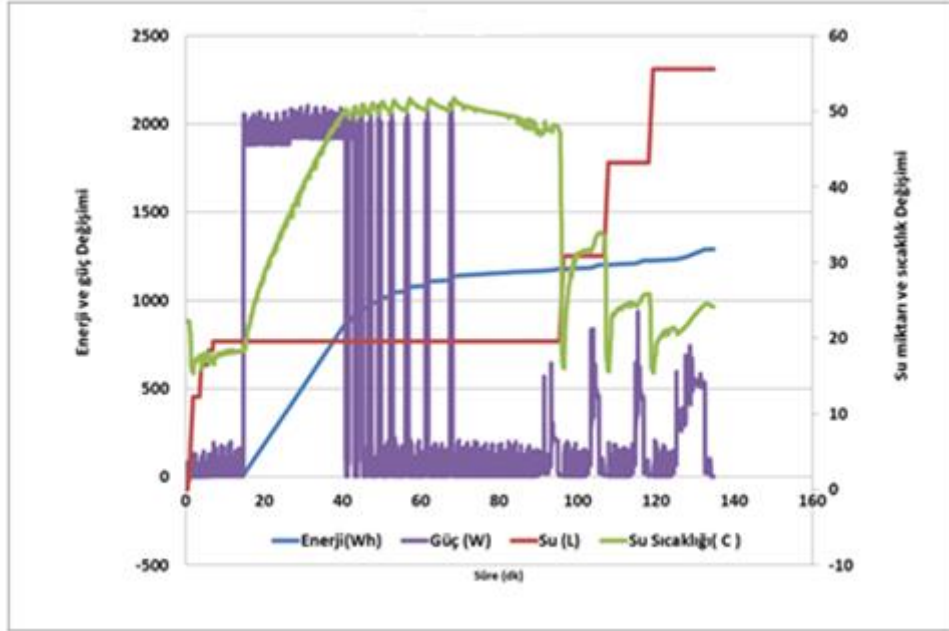
3.1.1 Çamaşır makinesi algoritması ve yıkama prensibi

Çamaşır makinasının çalışması esnasında su alma, yıkama, durulama ve sıkma adımlarından oluşmaktadır. Temel bir çamaşır makinesinin yıkama çevriminde gerçekleştirilen proses adımları Şekil 3.1’de sunulmaktadır [40,41].



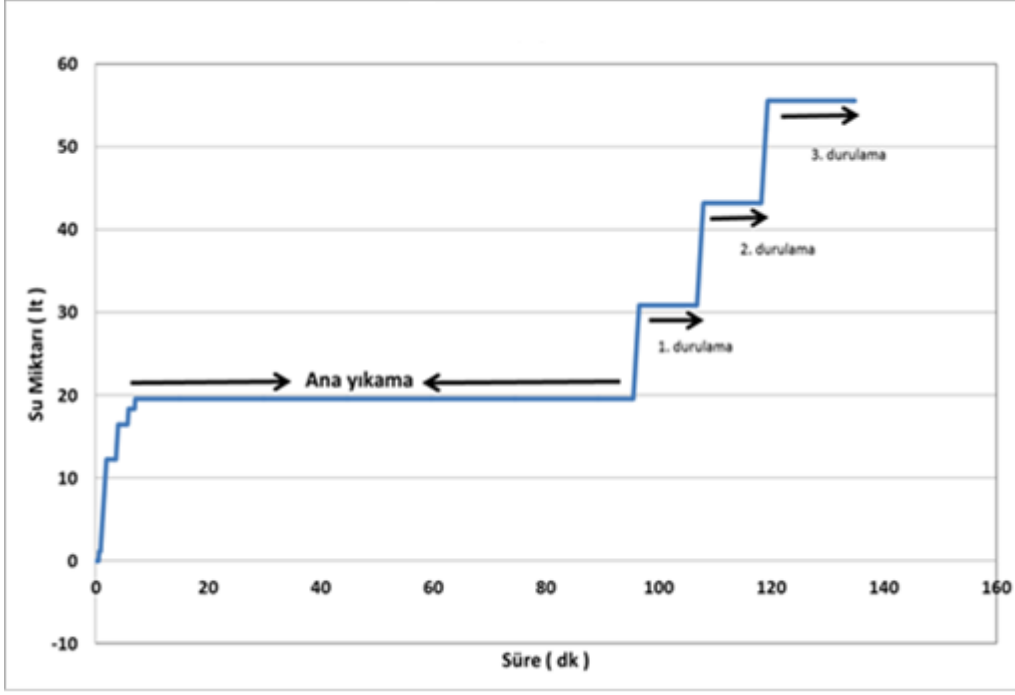
Şekil 3.1 : Çamaşır makinesinde yıkama çevrimi ve adımları [40,41].

Yıkama çevriminde gerçekleşen adımların gerçekleşme sırası ve süresi makinanın algoritmasını oluşturmaktadır. Deneylerde kullanılan çamaşır makinesine ait temel algoritma ve su sıcaklığı, enerji, su miktarı ve güç parametrelerinin zamana göre değişim grafikleri Şekil 3.2’de gösterilmektedir.



Şekil 3.2 : Çamaşır makinesinde temel yıkama algoritması.

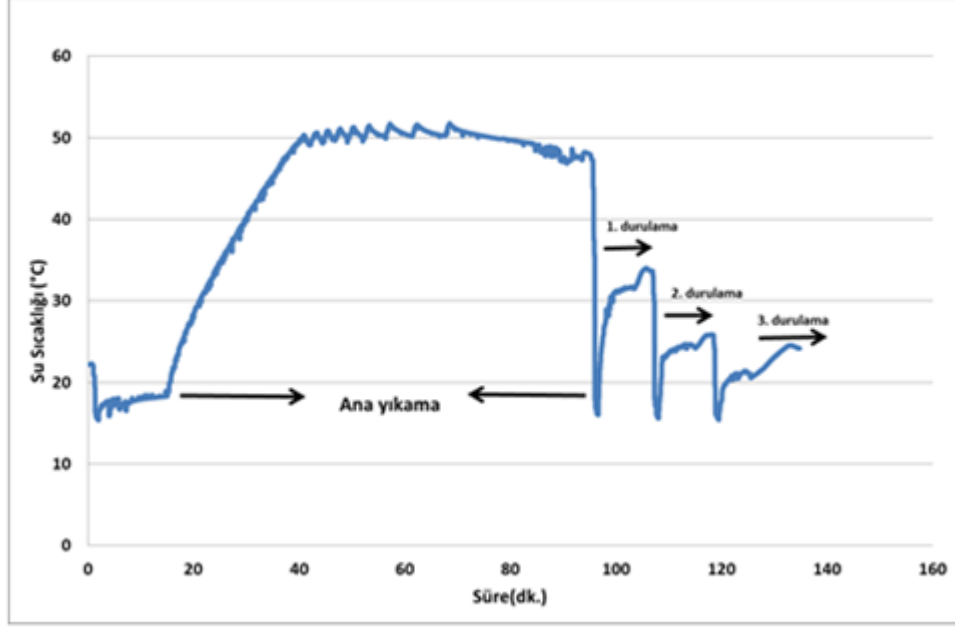
Makine çalıştırıldıktan sonra içerisinde bulunan yük durumuna göre su alımı gerçekleşmektedir. Buna göre öncelikle makineye kademeli olarak su alımı gerçekleştirilmektedir. Sonrasında ise ısıtıcının da devreye girmesiyle ana yıkama adımına geçilmektedir [41]. Çalışma sırasında 3 durulamalı bir algorithmaya sahip makineye alınan su miktarının zamana bağlı değişimini ifade eden grafik Şekil 3.3’te gösterilmektedir.



Şekil 3.3 : Makineye alınan su miktarının zamana bağlı değişimi.

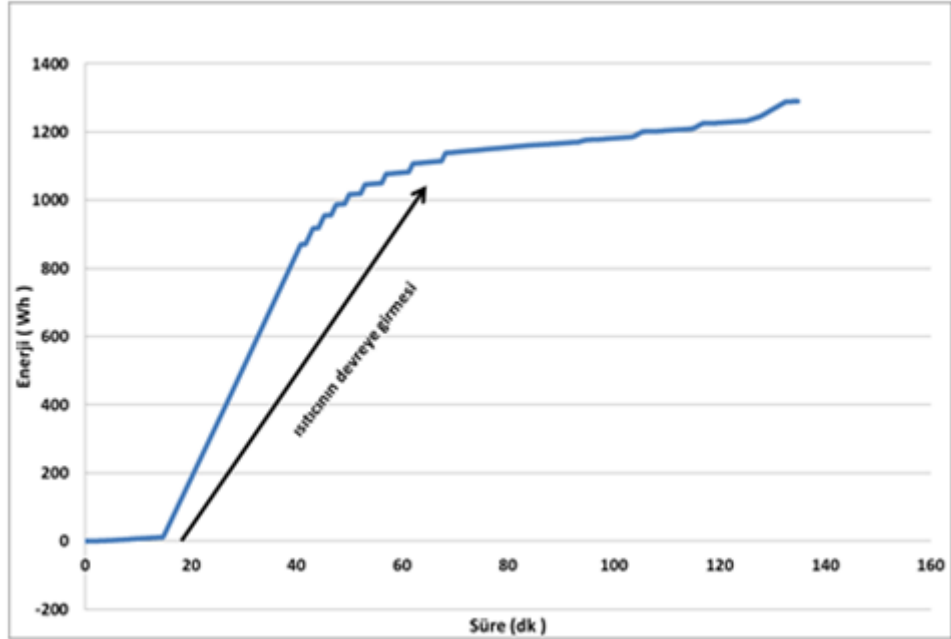
Ana yıkama için yaklaşık 20 litre su alınmaktadır ve yıkama adımı sırasında su alımı olmamaktadır. Yıkama işlemi sonrasında su tahliye edilmekte ve 1. durulama için şebekeden tekrar su alınmaktadır. 1. durulama işlemi sonrasında durulama suyu tahliye edilmekte ve 2. durulama için tekrar su alınmaktadır. Aynı işlem 3. durulama için de tekrar edilmektedir. Durulama işlemlerinin her biri için yaklaşık 12 litre su alımı yapılmaktadır.

Makineye alınan su soğuk yıkama sonrasında ısıtıcının devreye girmesiyle birlikte ısınmaya başlamaktadır. Yaklaşık 50°C civarına yükselen su sıcaklığının ısıtıcının sürekli devreye girip çıkmasıyla ana yıkama adımı boyunca bu sıcaklıkta kalması sağlanmaktadır. Isıtıcının devreden çıkmasıyla birlikte sıcaklık da düşmektedir. Çalışma sırasında makineye alınan suyun sıcaklığının zamana bağlı değişim grafiği Şekil 3.4'te gösterilmektedir.



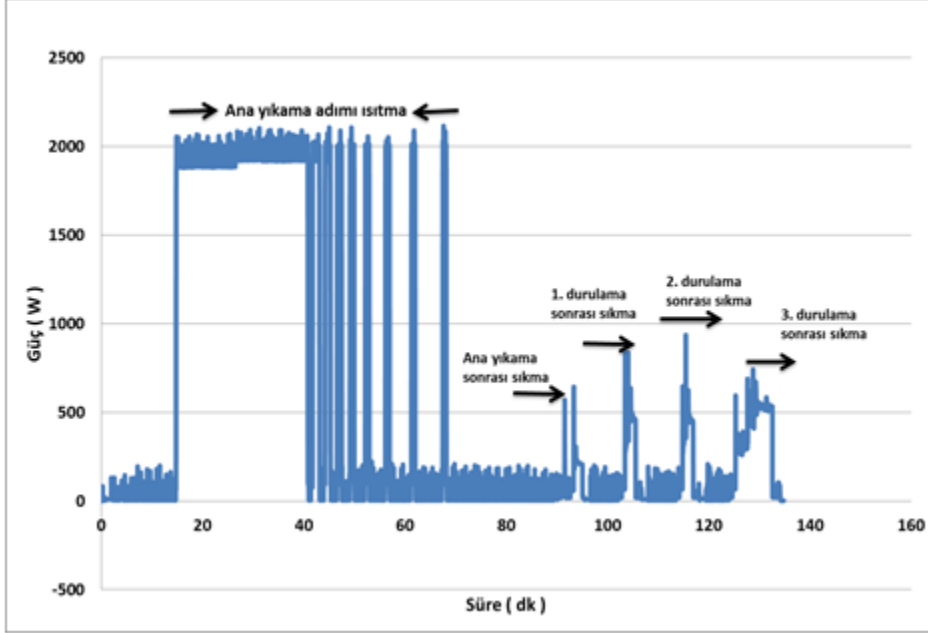
Şekil 3.4 : Su sıcaklığının zamana bağlı değişimi.

Makinenin çalıştırıldığı andan itibaren tüketilen toplam elektrik enerjisi Şekil 3.5'te gösterilmektedir. Enerjinin büyük bir kısmı ısıtıcının devrede olduğu süre içerisinde tüketilmektedir. Bunun dışında makine açma-kapama işlemi, yıkama motoru ve pompa motoru çalıştırılması için gereken enerji de toplam enerji tüketimini arttırmaktadır.



Şekil 3.5 : Tüketilen toplam elektrik enerjisi.

Makinenin çalıştırılması sırasında soğuk yıkama, ısıtıcının devreye girmesi, ana yıkama, durulama adımları, sıkma işlemi ve tahliye işlemi için harcanan toplam güç Şekil 3.6’da gösterilmektedir.



Şekil 3.6 : Makinenin harcadığı toplam güç.

3.1.2 Çamaşır makinesi parametreleri ve çalışma koşulları

Durulama performansı ölçümü amacıyla oluşturulan yıkama testlerinde Şekil 3.7’de sunulan Arçelik marka NOVA model çamaşır makinesi kullanılmıştır.



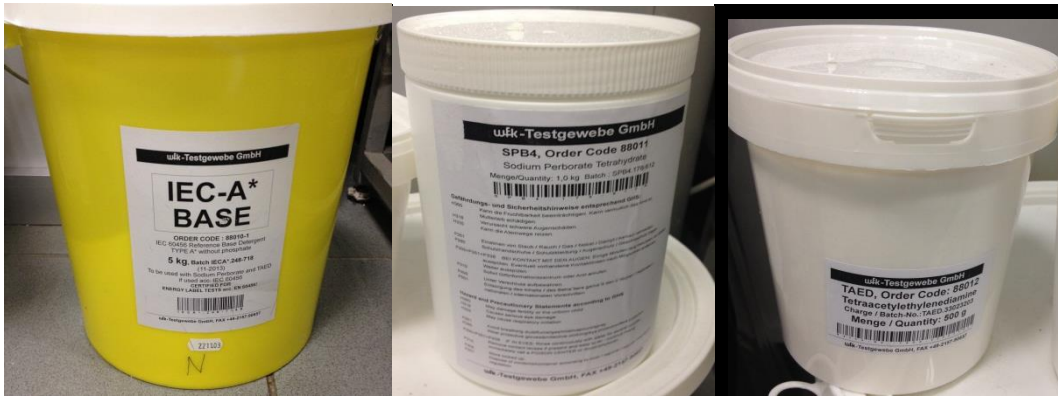
Şekil 3.7 : Deneysel çalışmalarda kullanılan çamaşır makinesi.

Yıkama testlerinde çamaşır makinesi üzerinde seçilen program bilgileri, sarf malzeme miktarları ve deneysel çalışmanın yürütüldüğü ortam koşullarına yönelik bilgiler Çizelge 3.1’de sunulmaktadır.

Çizelge 3.1 : Çamaşır makinesi çalışma parametreleri ve ortam koşulları tablosu.

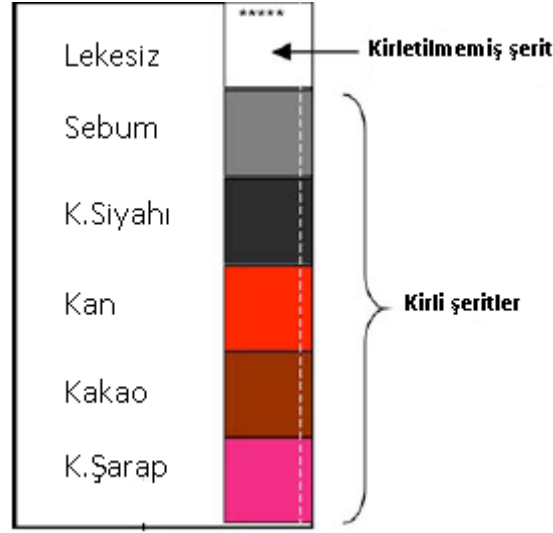
Parametre	Değer
Yıkama programı	Pamuklu 60°C
Deterjan tipi	Standart toz Ticari toz Ticari sıvı
Deterjan miktarı	Standart toz: 136 gr Ticari toz: 136 gr Ticari sıvı: 50 ml
Tekstil yükü	8 kg
Leke şeridi	8 adet
Yumuşatıcı	Yok
Ortam sıcaklığı	23±2
Giriş su sertliği	2,5±0,2 mmol/L

Ticari toz ve sıvı deterjanlar konsantre olarak tercih edilmiştir. Şekil 3.8’de baz ve diğer bileşenleri sunulan standart toz ve diğer deterjanlar, tüm yıkama standartlarında tanımlı olan aynı zamanda müşteriye önerilen şekilde yıkama çevrimine başlama anında deterjan çekmecesi gözünden yıkama ortamına beslenmiştir.



Şekil 3.8 : EN 60456 standart toz deterjan ve bileşenleri.

EN 60456 Avrupa Standardı'nda tanımlı olan %100 pamuklu tekstil yükü, deneysel çalışmalarda kullanılan çamaşır makinesinin tam kapasitesi olan 8 kg'a uygun şekilde hazırlanarak makineye yüklenmiştir. Avrupa Standardı'nda tanımlı olan ve deterjan kaynaklı köpürmeyi önlemek amacıyla kullanılan standart leke şeritleri ise Şekil 3.9'da gösterildiği gibi toplam tekstil yükü miktarına uygun şekilde (adet leke şeridi / kg tekstil yükü) toplam 8 adet olarak tekstil yüküne çakılmıştır.



Şekil 3.9 : EN 60456 standart leke şeridi.

Çamaşır makinesinin elektronik kartı üzerinde yapılan algoritmik değişiklikler ile mevcut 3 durulamalı yıkama programı; 1 durulamalı, 2 durulamalı, 4 durulamalı ve 5 durulamalı alternatif durulama sayıları ile hazırlanmıştır. Oluşturulan test koşullarındaki ölçümler üç tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir ve ölçüm sonuçlarının ortalamaları alınarak istatistiksel analizler gerçekleştirilmiştir.

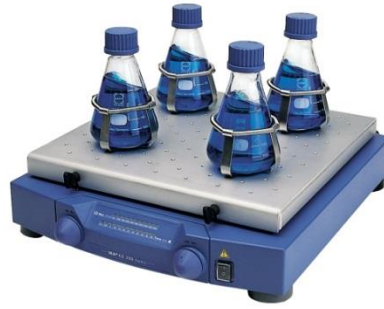
3.1.3 Ölçüm alınan numunelerin oluşturulması

Çamaşır makinesi yıkama çevrimi sonunda durulama performansı analizleri için kullanılan örnek numuneleri; AY, 1D, 2D, 3D, 4D, 5D tahliye suları, yıkama çevriminde kullanılan 8 kg'lık standart tekstil yükü üzerinden standart ekstraktör ile ekstrakte edilen ekstraksiyon çözeltisi ve Şekil 3.9'da sunulan standart leke şeridinin lekесiz kısmı üzerinden orbital karıştırıcı aracılığı ile ekstrakte edilen ekstraksiyon çözeltisi olarak belirlenmiştir.

Buna göre, tahliye suları beş durulamalı yıkama programının her durulama adımını takiben gerçekleşen sıkma adımı sonrasında yaklaşık 500 mL alınarak cam şişelerde kodlanarak ölçüm için saklanmıştır.

8 kg'lık standart tekstil yükünden 2800 rpm dönme devrine sahip standart ekstraktör yardımıyla alınan yaklaşık 500 mL hacmindeki durulama çözeltisi cam şişelerde kodlanarak ölçüm için saklanmıştır.

Son olarak, tekstil yüküne çakılarak yıkama ortamına verilen standart leke şeritlerinin lekesiz kısımlarında ekstrakte edilen durulama çözeltisi için çözücü olarak saf su, ekstraktör olarak Şekil 3.10'da gösterilen maksimum 500 rpm dönme devrine sahip orbital çalkalayıcı kullanılmıştır. 350 rpm'de 60 dakika çalkalanarak elde edilen 100 mL'lik ekstrakte durulama çözeltileri numaralandırılarak cam şişelerde ölçüm için saklanmıştır.



Şekil 3.10 : Orbital çalkalayıcı.

3.2 Ölçüm Parametreleri ve Yöntemler

Yıkama çevrimi sonrasında temin noktaları aracılığı ile elde edilen farklı ölçüm numuneleri ile literatür kısmında ayrıntılı olarak incelenen alkalinite ölçümü temelli EN 60456 Avrupa Standardı ve LAS ölçümü temelli ANSI / AHAM Amerika Standardı ile alternatif bir ölçüm parametresi olan iletkenlik ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Belirtilen standart ve alternatif ölçüm parametrelerine yönelik oluşturulan çalışma metotları ilerleyen bölümlerde ayrıntılı olarak incelenmektedir.

3.2.1 Alkalinite ölçümü

Bu çalışmada gerçekleştirilen alkalinite ölçümleri toplam alkalinite miktarının belirlenmesine yönelik olarak yapılmıştır. Yıkama çevrimi sonrasında çamaşır üzerinden ekstrakte edilen durulama suyu çözeltisinin, Şekil 3.11'de sunulan Metrohm marka Titrino 702 SM model titrasyon cihazı ile EN 60456 Avrupa Standardı'nda durulama performansı ölçüm metodunda tanımlı olan pH=4,5 dönüm noktası seçilerek analizleri tamamlanmıştır.



Şekil 3.11 : Alkalinite ölçüm cihazı.

Alkalinite ölçümlerinde izlenen genel prosedür aşağıdaki gibi özetlenmektedir.

- Yıkama çevrimi sonrası yükten sıkma devri yaklaşık 2800 rpm olan standart ekstraktörler aracılığı ile elde edilen ekstrakte durulama suyu çözeltisinden 100 mL alınır.
- Titrasyon cihazında pH=4 ve pH=7 standart çözeltileri ile kalibrasyon işlemi gerçekleştirilir.
- Titrasyon cihazında pH=4,5 set edilen ölçüm programı çağırılarak ölçüm işlemi başlatılır.
- Titrasyon cihazı numune çözeltisinin pH değeri 4,5'e ulaşıncaya dek çözelti içerisindeki alkali madde miktarına bağlı olarak ortama vereceği 0,1N hidroklorik asit miktarı ml cinsinden belirlenir. Bu işlemler çözelti Şekil 3.12'de sunulan manyetik bir karıştırıcı yardımıyla karıştırılırken gerçekleştirilir.
- Yıkama testlerinin yapıldığı tank-musluk suyu için de yıkama sonrası durulama çözeltisi ile benzer şekilde titrasyon cihazı yardımı ile alkalinite ölçümü gerçekleştirilir.

Bu ölçümlerde suyun alkalinite değeri mili eşdeğer / litre olarak ifade edilmektedir.

Bu ifadeye yönelik hesaplama Eşitlik 3.1'de sunulmaktadır.

$$A_r = W_r - W_t \quad (3.1)$$

A_r : Sıkma ile elde edilen sudaki alkaliliğin artan derişimi

W_r : Sıkma ile elde edilen suyun alkaliliğinin derişimi

W_t : Musluk suyunun alkaliliğinin derişimi

Baz yükü kg'ı başına milieşdeğer (meq) cinsinden, tekstil üzerinde kalan yıkama çözültisi alkali miktarı Eşitlik 3.2'deki bağıntı ile hesaplanmaktadır.

$$A_m = A_r (M_r - M) / M \quad (3.2)$$

A_m : Tekstilde kalan yıkama çözültisi içerisindeki alkali miktarı

M_r : Sıkma işlemi sonrasında ölçülen tekstil yükünün ağırlığı

M : Şartlandırılmış tekstil yükünün yıkama öncesi ağırlığı



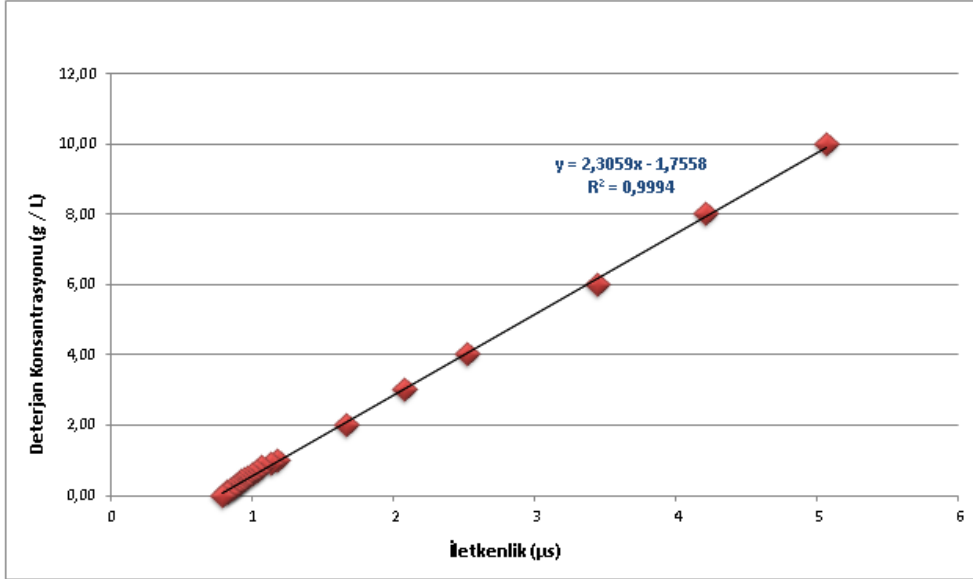
Şekil 3.12 : Manyetik karıştırıcı.

3.2.2 İletkenlik ölçümü

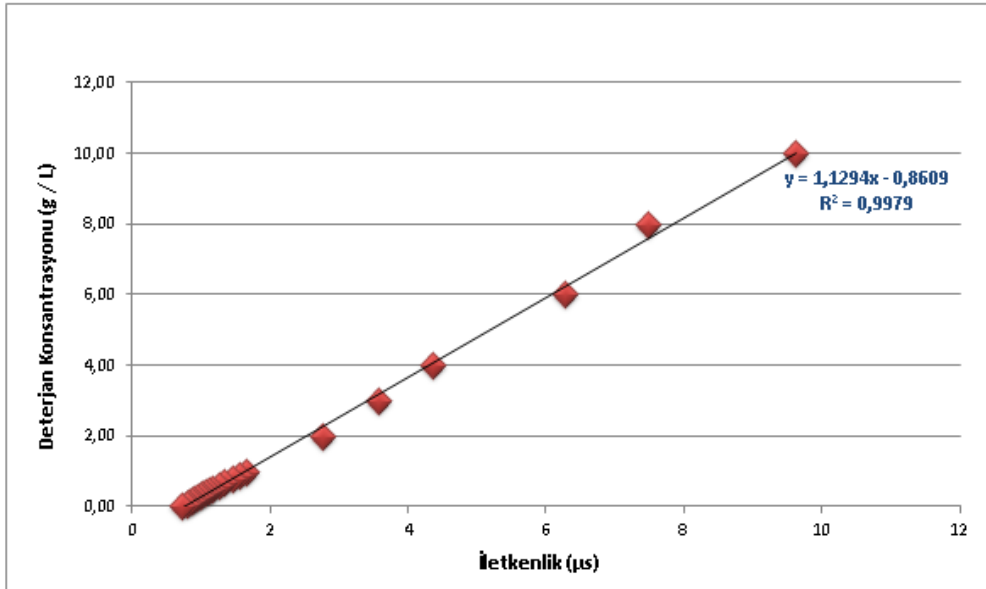
İletkenlik ölçümlerinde izlenen genel prosedür aşağıdaki gibi özetlenmektedir.

- Farklı konsantrasyonlarda (g/L) hazırlanan standart toz ve ticariz toz deterjanlara ait çözültülerinin Şekil 3.13 ve Şekil 3.14'te sunulduğu gibi iletkenlik değerleri oluşturularak bir kalibrasyon eğrisi oluşturulmaktadır.
- Bu kalibrasyon grafiklerinde deterjan konsantrasyonu ve iletkenlik verileri arasındaki ilişki regresyon değeri R^2 olarak ifade edilmektedir ve R^2 değeri 0,99 ve üzerine ulaştığında deterjan konsantrasyonu ve iletkenlik verileri

arasında güçlü bir ilişki vardır yorumu yapılabilir. Toz deterjanlar için oluşturulan her iki kalibrasyon grafiğinde de deterjan içermeyen saf suyun belirli değerde iletkenlik göstermesi nedeniyle deterjan konsantrasyonunun “0” olduğu noktada iletkenlik değeri okunmaktadır.



Şekil 3.13 : Standart toz deterjan için iletkenlik kalibrasyon doğrusu.



Şekil 3.14 : Ticari toz deterjan için iletkenlik kalibrasyon doğrusu.

- İletkenlik değeri ölçülecek örnekler; AY, 1D, 2D, 3D, 4D, 5D tahliye suları, 8 kg'lık tekstil yükünden ekstrakte edilen durulama çözeltileri üzerinden Şekil 3.15'te sunulan ORION 150 model iletkenlik ölçer cihazı yardımı ile iletkenlik ölçümleri alınmaktadır.



Şekil 3.15 : İletkenlik ölçüm cihazı.

- Bahsi geçen numuneler için ölçülen iletkenlik değerleri standart ve ticari toz deterjanlar için hazırlanan deterjan konsantrasyonu (g/L) – iletkenlik (μS) kalibrasyon grafiğinden elde edilen Eşitlik 3.3 ve Eşitlik 3.4'te yerine konarak örnekler için deterjan konsantrasyonları belirlenmektedir.

- Standart toz deterjan için $y = 2,3059x - 1,7558$ (3.3)

- Ticari toz deterjan için $y = 1,1294x - 0,8609$ (3.4)

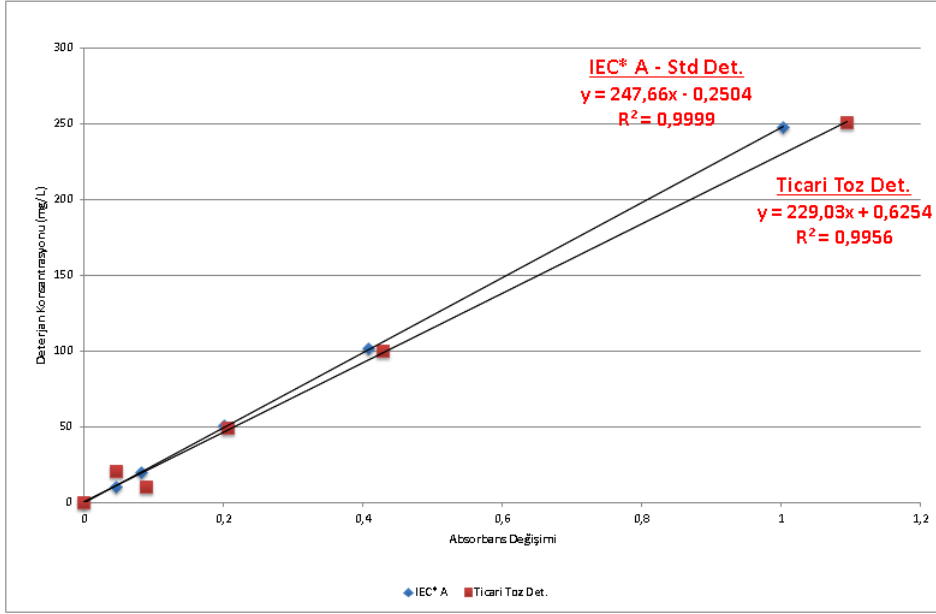
x: İletkenlik ölçer üzerinde okunan iletkenlik değeri (μS)

y: İletkenlik kalibrasyon grafiği yardımıyla belirlenen deterjan konsantrasyonu (g/L)

3.2.3 UV-absorbans ölçümü

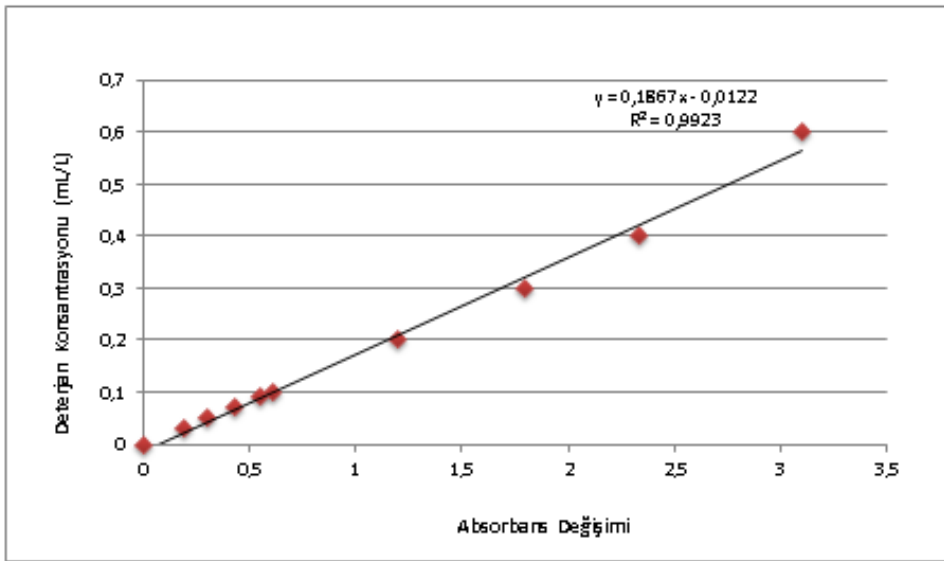
UV-Absorbans ölçümlerinde izlenen genel prosedür aşağıdaki gibi özetlenmektedir.

- Farklı konsantrasyonlarda (mg/L) hazırlanan standart toz , ticari toz ve ticari sıvı deterjanlara ait çözeltilerinin Şekil 3.16 ve Şekil 3.17'de sunulduğu gibi absorbans değerleri oluşturularak kalibrasyon eğrileri oluşturulur. Toz deterjanlar için oluşturulan kalibrasyon eğrisinde seçilen konsantrasyonlar; 10mg/L, 20mg/L, 50mg/L, 100mg/L, 250mg/L olarak ifade edilmektedir.



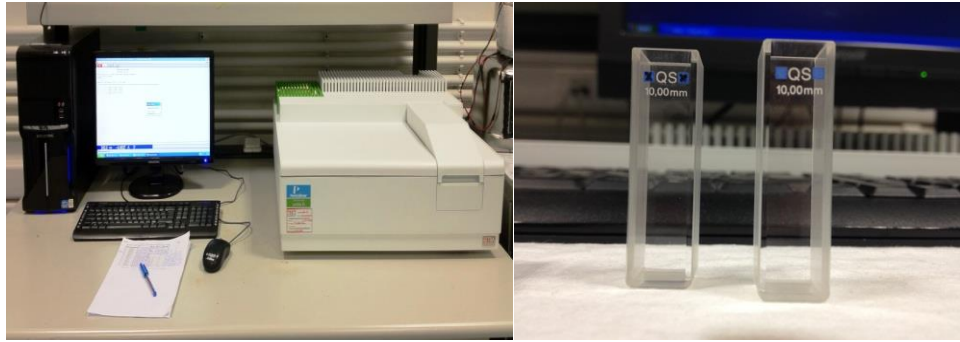
Şekil 3.16 : Standart ve ticari toz deterjanlar için absorbans kalibrasyon doğrusu.

- Toz ve sıvı deterjanların ortak bileşeni olan yüzey aktif madde ölçümüne dayalı olan bu metodun; sıvı deterjanlar için de kullanılabilirliğini sağlamak amacıyla sıvı deterjan içerisindeki LAS miktarına uygun kalibrasyon eğrisi çalışmaları gerçekleştirilmiştir.
- Sıvı deterjanlar için kalibrasyon eğrisi çıkarılmasında ise standart bir konsantrasyon tanımlı olmadığı için geniş bir konsantrasyon aralığında (0,03 – 0,6 mL/L) çalışmalar gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.17 : Ticari sıvı deterjan için absorbans kalibrasyon doğrusu.

- Bu kalibrasyon grafiklerinde deterjan konsantrasyonu ve absorbans verileri arasındaki ilişki regresyon değeri R^2 olarak ifade edilmektedir ve R^2 değeri 0,99 ve üzerine ulaştığında deterjan konsantrasyonu ve absorbans verileri arasında güçlü bir ilişki vardır yorumu yapılır.
- Absorbans değeri ölçülecek örnekler; AY, 1D, 2D, 3D, 4D, 5D tahliye suları, 8 kg'lık tekstil yükünden ekstrakte edilen durulama çözeltileri ve 8 kg'lık tekstil yükü üzerine çakılan standart leke şeritlerinin lekesiz kısımları üzerinden Şekil 3.18'de sunulan Perkin Elmer Lambda 35 model UV-Spektrofotometre cihazı ve Lambda 35 UV WinLab bilgisayar programı, Hellma Analytics marka Quartz küvetler yardımı ile UV-Absorbans ölçümleri alınır.



Şekil 3.18 : Spektrofotometre cihazına yönelik malzeme ve program.

- Bahsi geçen numuneler için ölçülen absorbans değerleri standart ve ticari toz ve ticari sıvı deterjanlar için hazırlanan deterjan konsantrasyonu (mg/L) – absorbans (A) kalibrasyon grafiğinden elde edilen Eşitlik 3.5 ve Eşitlik 3.6 ve Eşitlik 3.7'de yerine konarak örnekler için deterjan konsantrasyonları belirlenir.
- Standart toz deterjan için $y = 247,66x - 0,2504$ (3.5)
- Ticari toz deterjan için $y = 229,03x - 0,6254$ (3.6)
- Ticari sıvı deterjan için $y = 0,1867 - 0,0122$ (3.7)

x: Spektrofotometre üzerinde okunan absorbans değeri (A)

y: Absorbans kalibrasyon grafiği yardımıyla belirlenen deterjan konsantrasyonu

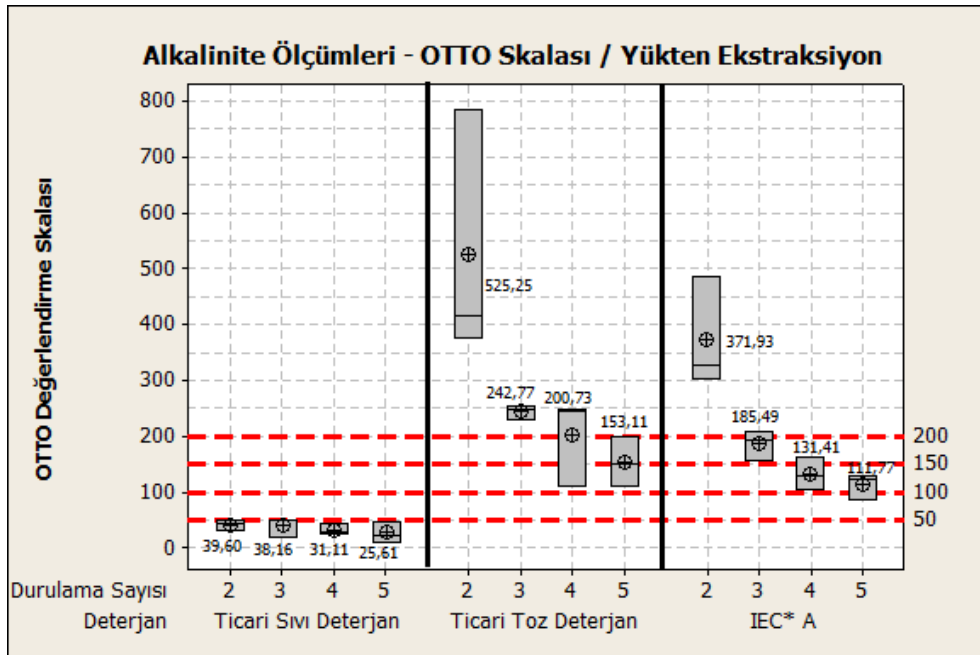
(mg/L – mL/L)

4. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

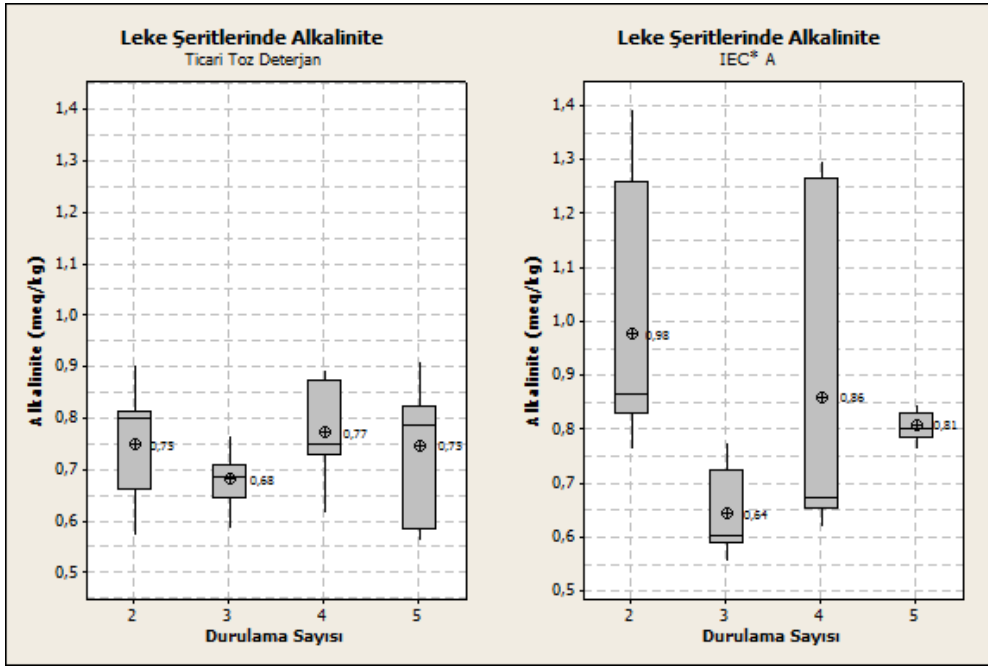
Ev tipi çamaşır makineleri üzerinde durulama performansı ölçümünde kullanılacak yeniden üretilebilirliği ve tekrar edilebilirliği yüksek aynı zamanda toz ve sıvı formlardaki deterjanlar için ortak olarak kullanılabilecek ölçüm metodu geliştirilmesine yönelik olarak mevcut standart ölçüm metotları ve alternatif ölçüm parametreleri deneysel çalışmalar ile incelenmiş ve elde edilen sonuçlar aşağıda paylaşılmıştır.

4.1 Alkalinite Ölçüm Sonuçları

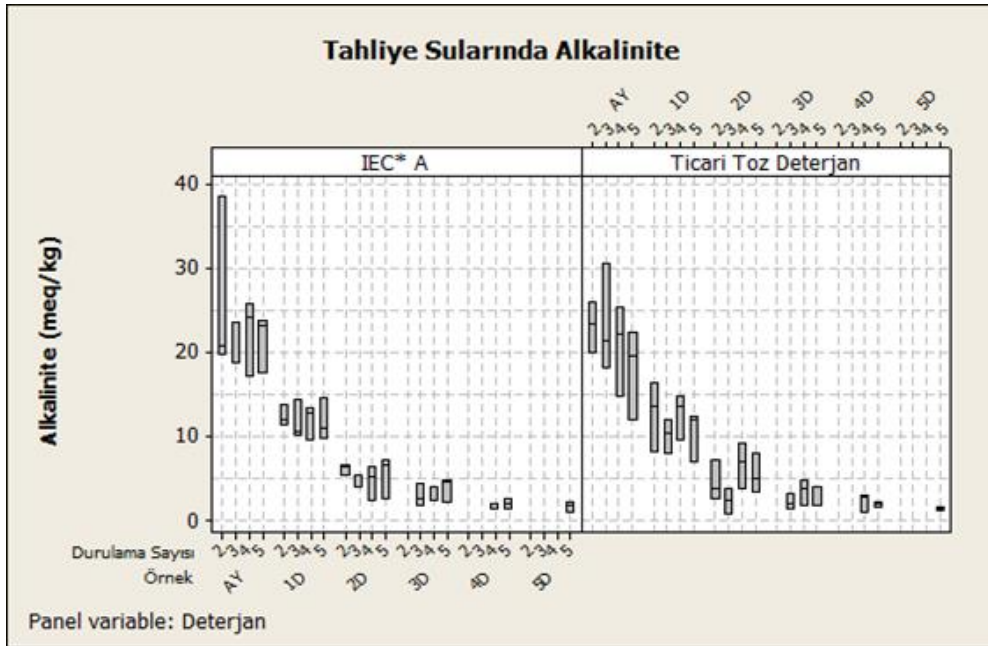
Farklı durulama sayısına sahip programlarda; farklı deterjan tipleri ile gerçekleştirilen yıkama programları sonunda; tüm yükten ekstrakte edilen su, standarttan şeritten ekstrakte edilen sular ve tahliye sularında gerçekleştirilen alkalinite ölçümü sonuçları sırasıyla aşağıda Şekil 4.1, Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'te sunulmuştur.



Şekil 4.1 : Yükten ekstrakte edilen suların alkalinite ölçümleri.



Şekil 4.2 : Leke şeritlerinden ekstrakte edilen suların alkalinite ölçümleri.



Şekil 4.3 : Tahliye sularının alkalinite ölçümleri.

Yukarıda sunulan grafikler incelendiğinde;

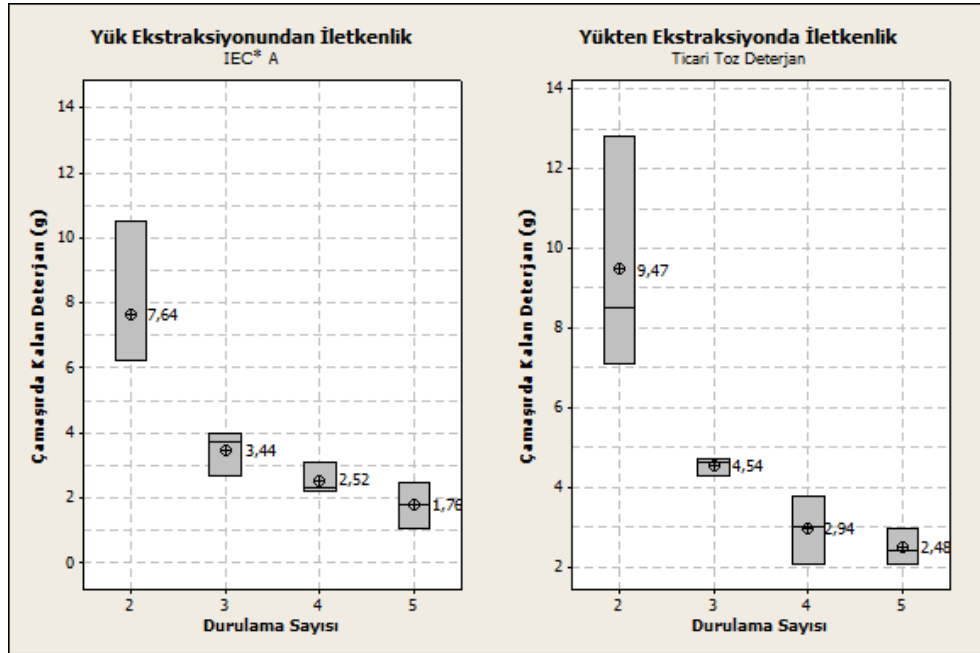
- Farklı durulama sayılarına sahip programları ayırt etmede; yükten ve standart boş şeritlerinden ekstrakte edilen suların yetersiz kaldığı görülmüştür.
- Tahliye sularında yapılan ölçümlerde; ana yıkama, 1. ve 2. durulama sonunda alkali madde miktarındaki azalmayı gösterebildiği ancak saçınık sonuçlar elde edildiği gözlenmiştir.

- Alkalinite ölçüm yönteminin sıvı deterjanlar için tamamen uygulanamaz olduğu belirlenmiştir.
- Ayrıca alkalinite ölçümünün sadece deterjan kaynaklı karbonat bileşiklerinin seviyesi hakkında bilgi verdiği ancak direkt olarak deterjan miktarı ile ilgili bilgi vermediği sonucuna ulaşılmıştır.

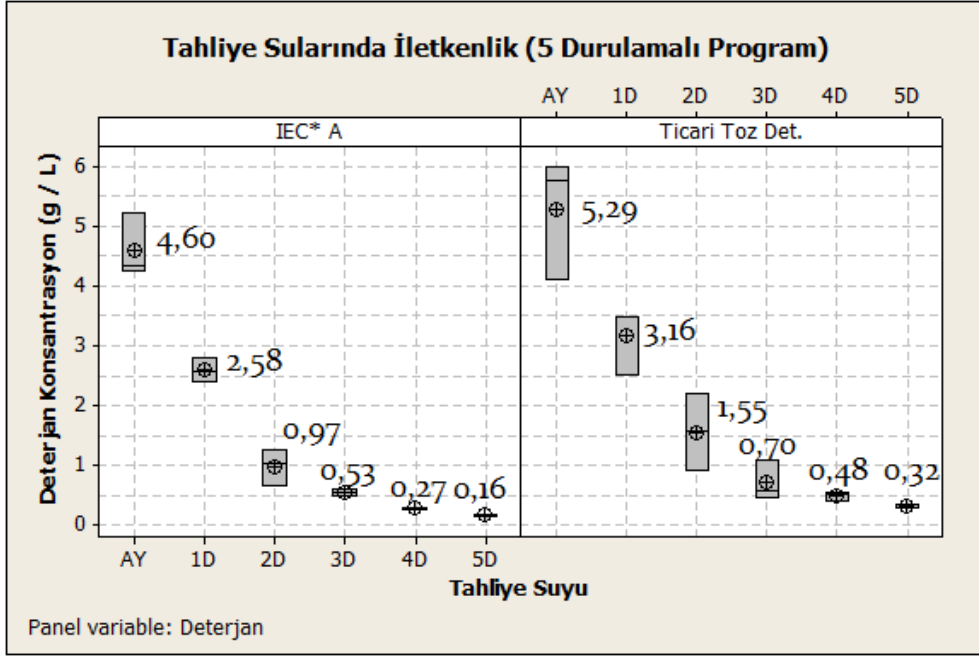
4.2 İletkenlik Ölçüm Sonuçları

Farklı durulama sayısına sahip programlarda; farklı deterjan tipleri ile gerçekleştirilen yıkama programları sonunda; tüm yükten ekstrakte edilen su ve tahliye sularında gerçekleştirilen iletkenlik ölçümü sonuçları sırasıyla aşağıda Şekil 4.4 ve Şekil 4.5'te sunulmuştur.

Standart boş şeritlerin yüzey alanının çok küçük olması nedeniyle; şeritlerden ekstrakte edilen sularda iletkenlik ölçümü mümkün olmamıştır.



Şekil 4.4 : Yükten ekstrakte edilen suların iletkenlik ölçümleri.



Şekil 4.5 : Tahliye sularında iletkenlik ölçümleri.

Yukarıda sunulan grafikler incelendiğinde;

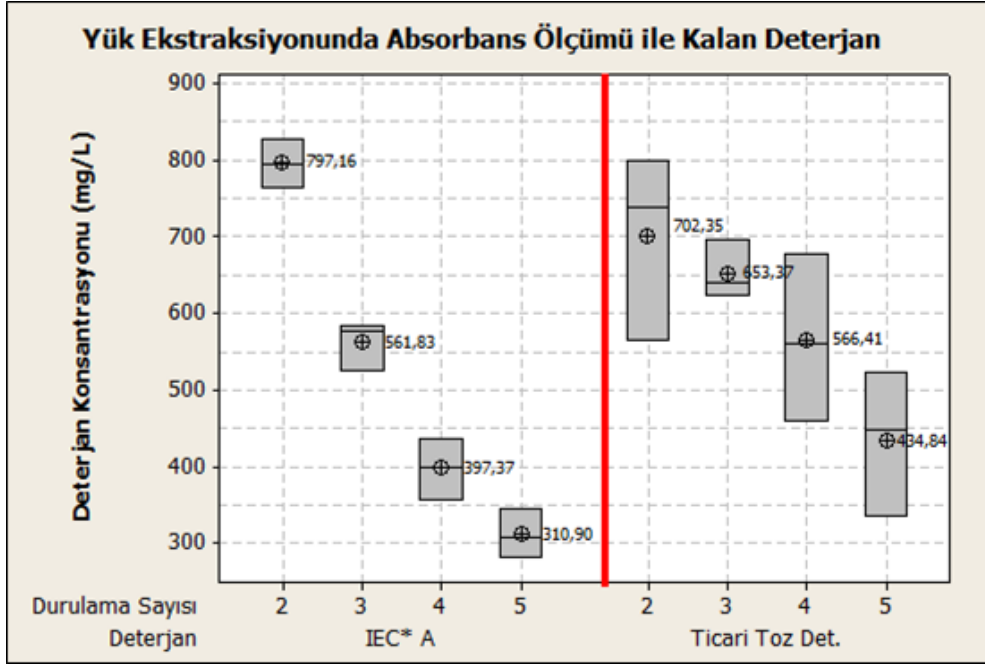
- İletkenlik ölçümlerinde; oluşturulan kalibrasyon eğrisinin kullanımı ile direkt olarak ölçülen örnekte bulunan deterjan miktarının hesaplanabildiği belirlenmiştir.
- Yıkama programı sonunda tüm yük üzerinden ekstrakte edilen sularda iletkenlik ölçümü ile; farklı durulama sayısına sahip programlar arasında farkın ölçülebildiği görülmüştür.
- Ancak; sıvı deterjanların yapısında bulunan bileşenlerin iletkenlik üzerinde etkisi olmaması nedeniyle bu ölçüm yöntemin sadece toz deterjanlar ile sınırlı olduğu belirlenmiştir.

4.3 UV-Absorbans Ölçüm Sonuçları

Alkalinite ve iletkenlik ölçümlerine benzer şekilde; farklı durulama sayısına sahip programlarda; farklı deterjan tipleri ile gerçekleştirilen yıkama programları sonunda; tüm yükten ekstrakte edilen su, boş standart şeritlerden ekstrakte edilen sular ve tahliye sularında UV-absorbans değişimi incelenmiştir.

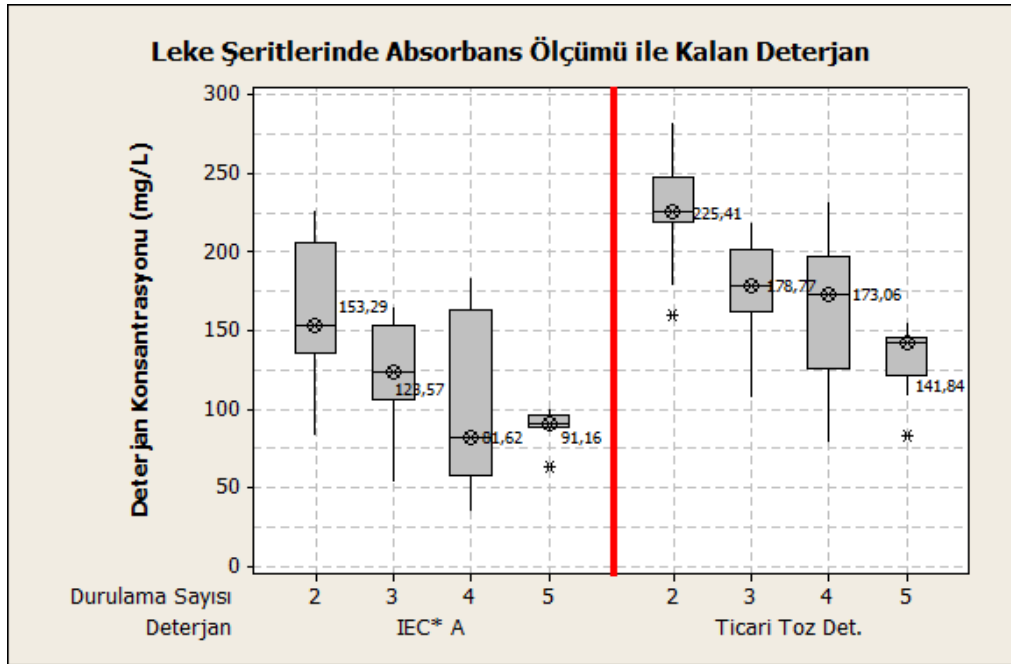
Bu ölçümlere ilişkin sonuçlar aşağıda Şekil 4.6, Şekil 4.7 ve Şekil 4.8’de sırasıyla sunulmuştur.

Yıkama sonunda yükten ekstrakte edilen sularda iki farklı dalga boyunda absorbanz ölçümü yapılmış ve kalibrasyon eğrisinden faydalanarak yük üzerinde kalan deterjan konsantrasyonu hesaplanmıştır.



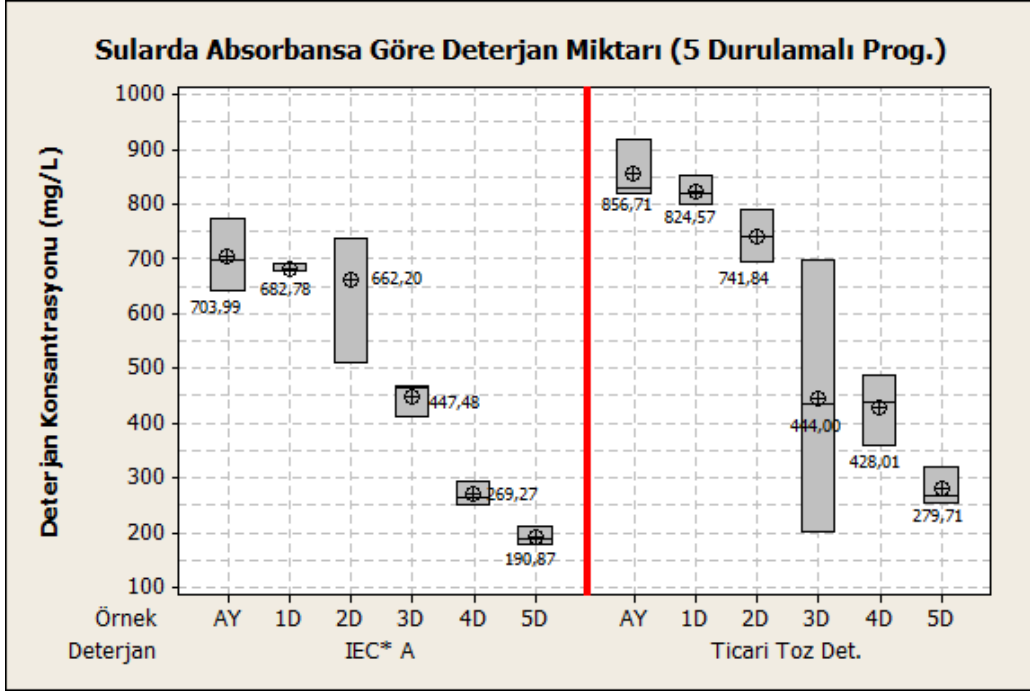
Şekil 4.6 : Yükten ekstrakte edilen suların UV-Absorbans ölçümleri.

AHAM standardında tanımlandığı şekilde; boş leke şeritlerinden ekstrakte edilen örneklerde absorbanz değişimi ölçülmüş ve kalibrasyon eğrisinden faydalanarak şerit üzerinde kalan deterjan miktarı (mg/L) hesaplanmıştır.



Şekil 4.7 : Leke şeritlerinden ekstrakte edilen suların UV-Absorbans ölçümleri.

Leke şeritleri ve yük ekstraksiyonuna ek olarak; tahliye sularındaki absorbands değişimine göre deterjan miktarı da incelenmiştir.



Şekil 4.8 : Tahliye sularının UV-Absorbans ölçümleri.

4.4 UV-Absorbans Ölçüm Metodu İçin Ölçüm Yeterliliği Çalışmaları

Bütün deterjan formları için uygulanabilir olması ve farklı deterjan içeriğine sahip yıkama suları arasında farkı ölçülebilir olması nedeniyle ayrıntıları yukarıda sunulan UV-absorbans ölçümlerine yoğunlaşmıştır. Bu kapsamda; standart leke şeritlerinden örnek ekstraksiyonunun makine / yıkamadan bağımsız olarak sıvı ve toz deterjanlar için ayrı ayrı ölçüm yeterliliğinin incelenmesi amaçlanmıştır.

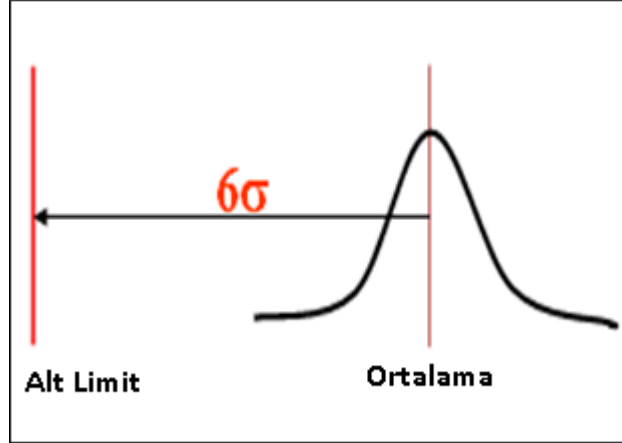
Oluşturulan ölçüm metoduna yönelik olarak gerçekleştirilen ölçüm yeterliliği çalışmalarında 6 Sigma metodolojisi kapsamında Minitab 16.0 programı ile istatistiksel analizler yapılmıştır.

4.4.1 Altı sigma

Altı sigma, mevcut problemleri çözmek ve altı sigma kalitesinde yeni ürün ve süreçler tasarlamak için oluşturulmuş bir proje yönetim yaklaşımıdır. Altı sigma en basit anlamda “kalite”yi ifade etmektedir; uzun dönemde milyon adette 3.4 hata oranını hedefleyen süreç yeterliliğinin istatistiksel olarak ölçümüdür [42]. Dünya çapında kalite lideri olarak bilinen şirketler (Toyota, Motorola, GM, Boeing, Sony,

ABB, Volovo, LG, BSH, Borusan, Arçelik gibi) tarafından iş felsefesi ve stratejisi olarak kullanılmaktadır.

Şekil 4.9 ve Çizelge 4.1’de sunulduğu gibi, Sigma standart sapmanın simgesidir, sapma değişkenliğinin istatistiksel ölçüsüdür. Müşteri ortalama çıktıyı fark etmez, değişkenlik ise doğrudan müşteriyi etkiler.

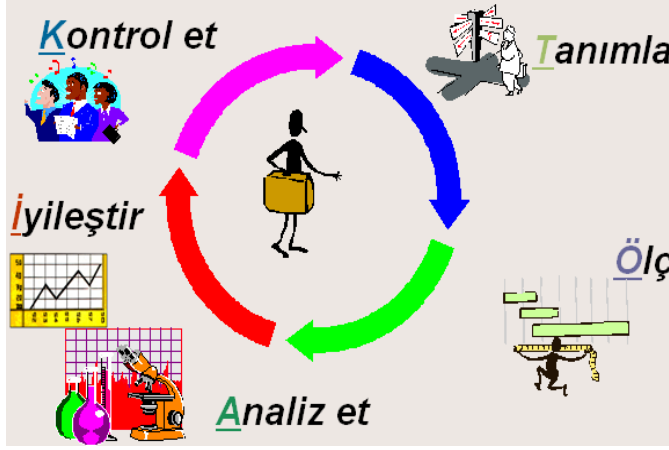


Şekil 4.9 : Altı sigma sapma değişkenliği [42].

Çizelge 4.1 : Altı sigma hata oranı tablosu [42].

Sigma düzeyi	Bir milyonda hata sayısı	Hata oranı
1	691462	%69
2	308538	%31
3	66807	%6,7
4	6210	%0,62
5	233	%0,023
6	3,4	%0,00034

Ana yöntem Şekil 4.10’da sunulan DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control) yöntemidir [42].



Şekil 4.10 : Altı sigma DMAIC yöntemi [42].

Arçelik'te 1999 yılından beri altı sigma metodolojisi kullanılmaktadır. Organizasyon içinde sarı kuşak, yeşik kuşak, kara kuşak ve uzman kara kuşak üyeler bulunmaktadır ve bir iş felsefesi olarak projelere sürekli uygulanmaktadır.

Bitirme çaşılması kapsamında altı sigma metodolojisi Minitab 16.0 programında tanımlamalar ve analizler yapılarak kullanılmıştır. Çalışmada öncelikle problem tanımı yapılmış, müşteri tanımlanarak bir proje formu hazırlanmıştır. Problem, evsel tipteki çamaşır makinelerinde kullanılması amacıyla tekrar edilebilirliği ile yeniden üretilebilirliği yüksek bir durulama performansı ölçüm metodu geliştirmek üzere ölçüm parametrelerinin incelenmesi ve farklı deterjan tiplerine hizmet edebilecek ölçüm metodunun belirlenmesidir.

Toz ve sıvı deterjan formları içerisinde ortak bileşen olarak bulunan LAS bileşenini belirlemeye yönelik olan UV-Absorbans ölçümüne dayalı metot esas alınarak toz ve sıvı deterjanlar için bu ölçüm metodunun aynı operatörler tarafından tekrar edilebilirliği ve farklı operatörler tarafından yeniden üretilebilirliği ANOVA-Gage R&R analizi ile incelenmiştir [42].

4.4.2 Toz deterjanlar için ölçüm yeterliliği

Tekstil üzerinde kalan standart toz deterjan miktarının UV- absorbans farkı ölçümü ile belirlenmesi metodunun ölçüm yeterliliği çalışmasında; 4 – 2 ve 1,4 g standart toz deterjan içeren boş leke şeritleri hazırlanmış ve leke şeritleri üzerinden ekstrakte edilen çözeltide bulunan deterjan miktarı 2 operatör tarafından 2 tekrarlı olarak ölçülmüştür. 5 leke şeridinin tekrarlı ölçümü ile gerçekleştirilen çalışmanın Gage R&R tablosu ve grafikleri aşağıda Şekil 4.11 ve Şekil 4.12'de sunulmuştur.

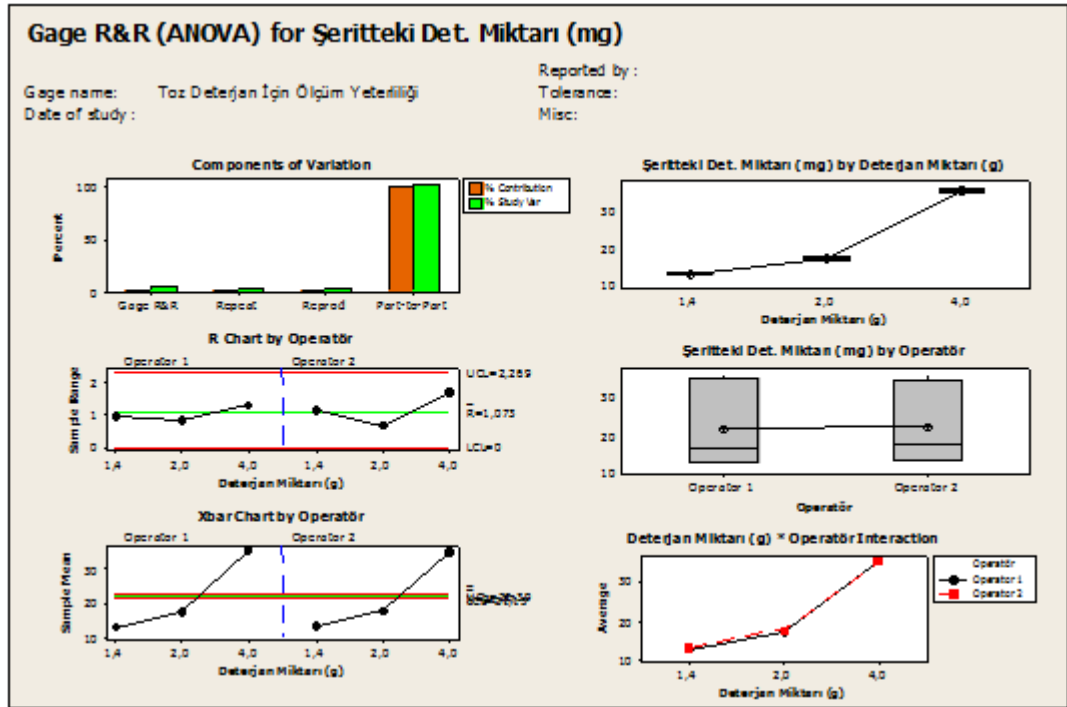
Gage R&R

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0,300	0,22
Repeatability	0,193	0,14
Reproducibility	0,108	0,08
Operatör	0,013	0,01
Operatör*Deterjan Mik	0,095	0,07
Part-To-Part	137,068	99,78
Total Variation	137,368	100,00

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	0,5480	3,2878	4,68
Repeatability	0,4390	2,6340	3,75
Reproducibility	0,3279	1,9677	2,80
Operatör	0,1126	0,6756	0,96
Operatör*Deterjan Mik	0,3080	1,8480	2,63
Part-To-Part	11,7076	70,2455	99,89
Total Variation	11,7204	70,3224	100,00

Number of Distinct Categories = 30

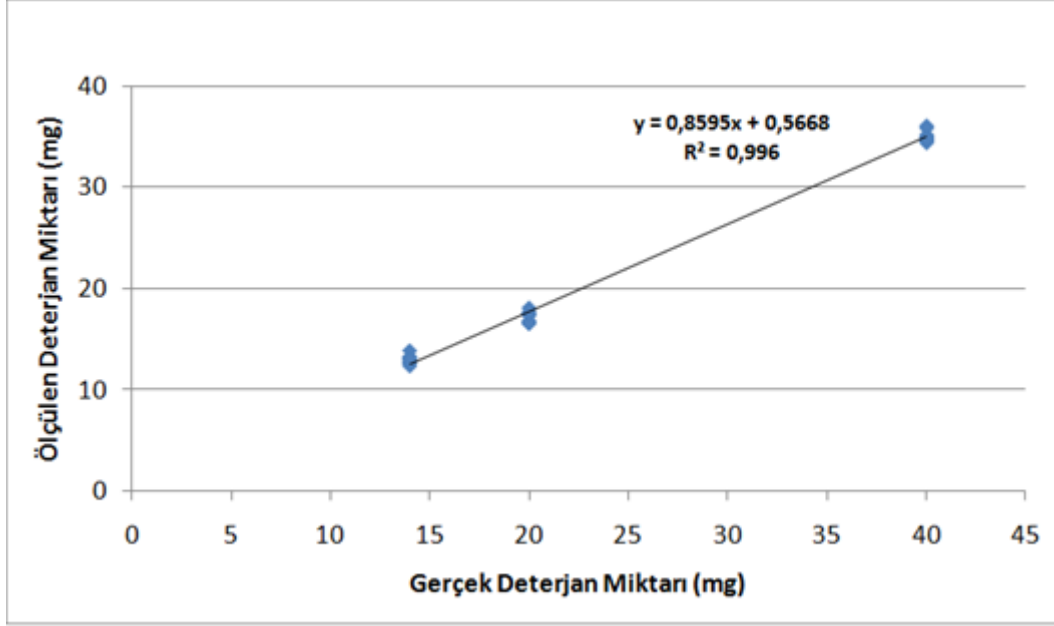
Şekil 4.11 : Toz deterjanlar için UV-Absorbans ölçüm yeterliliği tablosu.



Şekil 4.12 : Toz deterjanlar için UV-Absorbans ölçüm yeterliliği grafikleri.

Şekil 4.12'de sunulan tablo ve grafikler incelendiğinde; standart leke şeritleri ile kontrollü olarak hazırlanmış deterjanlı leke şeritleri üzerinde UV-absorbans ölçümünün %4,68 toplam Gage R&R değerine sahip olduğu görülmekte ve bu durumda ölçüm yönteminin kullanılabilir durumda olduğu söylenmektedir.

Ölçüm yeterliliği – Gage R&R değerlendirilmesine ek olarak; ölçülen deterjan miktarının gerçek deterjan miktarı ile karşılaştırılması ise; aşağıda Şekil 4.13'te sunulmaktadır.



Şekil 4.13 : Toz deterjanlar için gerçek ve ölçülen değer karşılaştırması.

Yukarıda sunulan tekstil üzerinde bulunan deterjan miktarının deneysel olarak ölçülen deterjan miktarı ile karşılaştırıldığı Şekil 4.13 incelendiğinde; ~ % 10'luk bir sapma ile ölçümün mümkün olduğu ve buna göre; yıkama sonucunda tekstil üzerinde kaldığı ölçülen deterjan miktarının gerçek miktarın ~ % 10 altında olacağı öngörülmektedir. Bu durumun tekstil üzerindeki örneğin ekstraksiyonu sırasında meydana gelen kayıplardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.4.3 Sıvı deterjanlar için ölçüm yeterliliği

Tekstil üzerinde kalan deterjan miktarının ölçümünde; farklı deterjan formları için uygulanabilir bir metodun temel alınması amaçlanmış ve bu nedenle tüm deterjanların ortak bileşeni olan yüzey aktif maddelerin ölçümüne odaklanılmıştır. Bu bölümde; yüzey aktif madde kaynaklı UV-absorbans değişimi ölçümünün sıvı deterjanlar için uygulanabilirliğinin belirlenmesi amacıyla ölçüm yeterliliği çalışmaları yapılmıştır. Çalışmada; 4 – 2 ve 1,4 ml ticari sıvı deterjan içeren boş leke şeritleri hazırlanmış ve leke şeritleri üzerinden ekstrakte edilen çözeltide bulunan deterjan miktarı 2 operatör tarafından 2 tekrarlı olarak ölçülmüştür. 5 leke şeridinin

tekrarlı ölçümü ile gerçekleştirilen çalışmanın Gage R&R tablosu ve grafikleri aşağıda Şekil 4.14 ve Şekil 4.15’de sunulmuştur.

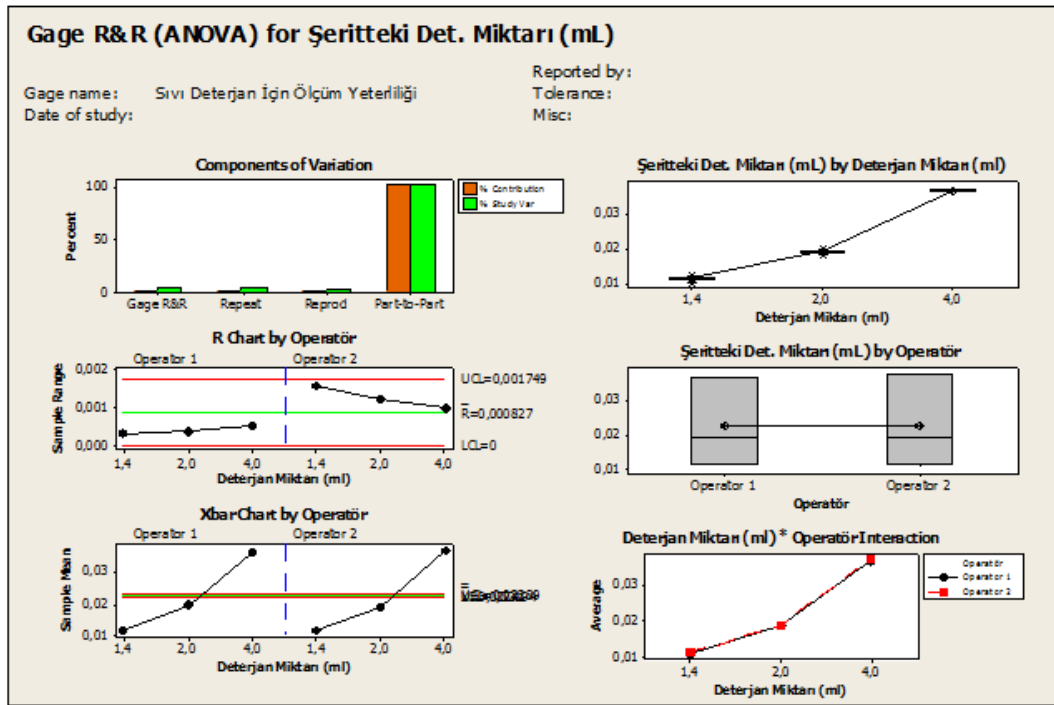
Gage R&R

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0,0000002	0,09
Repeatability	0,0000001	0,07
Reproducibility	0,0000000	0,02
Operatör	0,0000000	0,00
Operatör*Deterjan Mik	0,0000000	0,02
Part-To-Part	0,0001724	99,91
Total Variation	0,0001726	100,00

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 * SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	0,0003981	0,0023883	3,03
Repeatability	0,0003520	0,0021121	2,68
Reproducibility	0,0001858	0,0011151	1,41
Operatör	0,0000000	0,0000000	0,00
Operatör*Deterjan Mik	0,0001858	0,0011151	1,41
Part-To-Part	0,0131299	0,0787793	99,95
Total Variation	0,0131359	0,0788155	100,00

Number of Distinct Categories = 46

Şekil 4.14 : Sıvı deterjanlar için UV-Absorbans ölçüm yeterliliği tablosu.

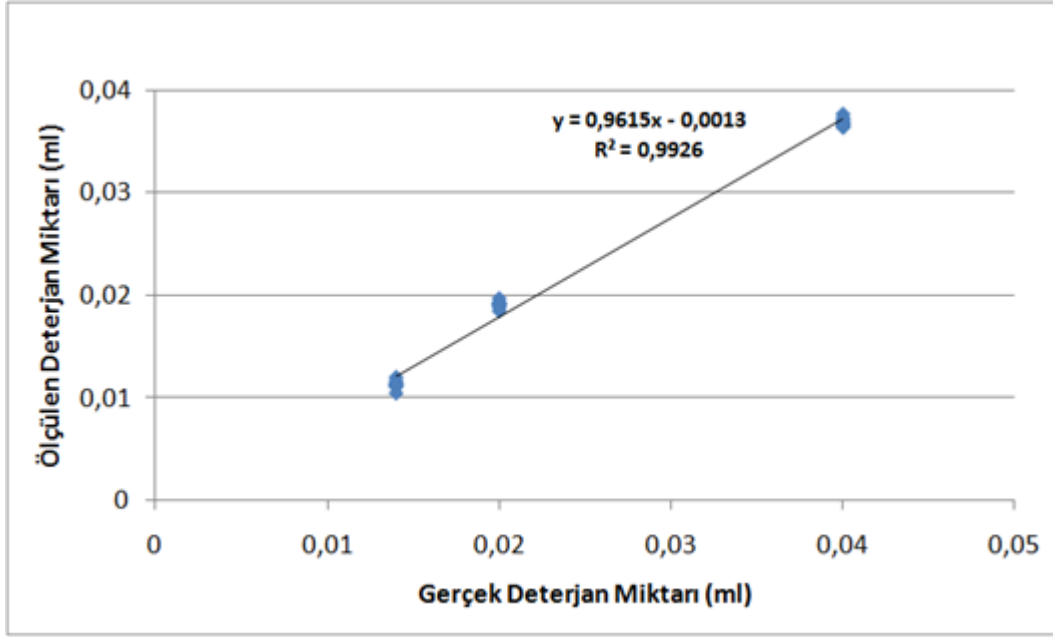


Şekil 4.15 : Sıvı deterjanlar için UV-Absorbans ölçüm yeterliliği grafikleri.

Yukarıda sunulan ölçüm yeterliliği analizleri incelendiğinde; ticari sıvı deterjan kullanılarak bilinen konsantrasyonlara sahip leke şeritlerinde UV-absorbans değişimi ölçümünün toplam Gage R&R değerinin %3,03 olduğu görülmektedir. Bu toplam

Gage R&R değerine göre; UV-absorbans değişimi ölçüm yönteminin sıvı deterjanlar için yeniden üretilebilirlik ve tekrar edilebilirlik bakımından uygulanabilir olduğu söylenebilmektedir.

Ölçüm yeterliliği – Gage R&R değerlendirilmesine ek olarak; ölçülen deterjan miktarının gerçek deterjan miktarı ile karşılaştırılması ise; aşağıda Şekil 4.16’da sunulmaktadır.



Şekil 4.16 : Sıvı deterjanlar için gerçek ve ölçülen değer karşılaştırması.

Tekstil üzerinde bulunan sıvı deterjan miktarının deneysel olarak ölçülen miktar ile karşılaştırıldığı yukarıdaki grafik incelendiğinde;

- Yüksek konsantrasyonlarda ~ % 6’lık bir sapma ile deterjan miktarı ölçümü mümkün olduğu,
- Ancak, bu değer düşük deterjan miktarları için (< 0,014 ml) % 20 seviyesine çıktığı belirlenmiştir.

Standart toz ve ticari sıvı deterjanlar ile makineden bağımsız olarak gerçekleştirilen ölçüm yeterliliği sonuçları incelendiğinde; LAS ölçüm yönteminin her iki deterjan formu için de % 5’in altında toplam Gage R&R değerlerine sahip olduğu görülmüştür. Diğer taraftan, makineden bağımsız olarak gerçekleştirilen bu testlerde bile tekstil üzerinde bulunan deterjanın tamamının ekstraksiyonunun mümkün olmadığı ve buna bağlı olarak gerçek değerden sapmalar meydana geldiği belirlenmiştir.

5. VARGILAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, çamaşır makinalarının durulama performansı ölçümünde kullanılacak tekrarlanabilirliği, yeniden üretilebilirliği ve fark ölçebilirliği yüksek standart metot geliştirilmesi amacıyla mevcut standart ölçüm metotları ve alternatif parametreler incelenmiştir.

Farklı durulama sayılarına sahip programları ayırt etmede; yükten ve standart boş şeritlerinden ekstrakte edilen suların yetersiz kaldığı görülmüştür. Tahliye sularında yapılan ölçümlerde; ana yıkama, 1. ve 2. durulama sonunda alkali madde miktarındaki azalmayı gösterebildiği ancak saçınık sonuçlar elde edildiği gözlenmiştir. Alkalinite ölçüm yönteminin sıvı deterjanlar için tamamen uygulanamaz olduğu belirlenmiştir. Ayrıca alkalinite ölçümünün sadece deterjan kaynaklı karbonat bileşiklerinin seviyesi hakkında bilgi verdiği ancak direkt olarak deterjan miktarı ile ilgili bilgi vermediği sonucuna ulaşılmıştır.

İletkenlik ölçümlerinde; oluşturulan kalibrasyon eğrisinin kullanımı ile direkt olarak ölçülen örnekte bulunan deterjan miktarının hesaplanabildiği belirlenmiştir. Yıkama programı sonunda tüm yük üzerinden ekstrakte edilen sularda iletkenlik ölçümü ile; farklı durulama sayısına sahip programlar arasında farkın ölçülebildiği görülmüştür. Ancak; sıvı deterjanların yapısında bulunan bileşenlerin iletkenlik üzerinde etkisi olmaması nedeniyle bu ölçüm yöntemin sadece toz deterjanlar ile sınırlı olduğu belirlenmiştir.

Yük, leke şeridi ve tahliye sularında yapılan ölçümlerde; durulama sayılarına bağlı olarak deterjan miktarındaki azalmanın incelenebildiği görülmüştür. Testten önce farklı deterjan konsantrasyonlarında hazırlanan çözeltiler ile hazırlanan kalibrasyon eğrisinin kullanımı ile; örnekte bulunan deterjan miktarının direkt olarak hesaplanabildiği belirlenmiştir.

Toz ve sıvı deterjanların ortak bileşeni olan yüzey aktif madde ölçümüne dayalı olan bu metodun; sıvı deterjanlar için de kullanılabilirdiği ancak ölçüm için uygun

kalibrasyon eğrisi çalışmaları gerçekleştirilerek en uygun olan deterjan konsantrasyon aralığı belirlenmiştir.

Yıkama sonunda tüm yük üzerinden ekstrakte edilen sular, leke şeritleri ve tahliye suları üzerinde gerçekleştirilen yüzey aktif madde, alkalinite ve iletkenlik ölçümleri sonucunda; bütün deterjan formlarının ortak bileşeni olan yüzey aktif madde analizinin en uygun ölçüm metodu olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Yüzey aktif madde kaynaklı UV-absorbans değişimi ölçümüne dayanan metodun; toz ve sıvı deterjanlar için ölçüm yeterliliği incelenmiş ve toplam Gage R&R değerinin % 5'in altında olduğu belirlenmiştir. Diğer taraftan, makineden bağımsız olarak gerçekleştirilen bu testlerde bile tekstil üzerinde bulunan deterjanın tamamının ekstraksiyonunun mümkün olmadığı ve buna bağlı olarak gerçek değerden sapmalar meydana geldiği belirlenmiştir.

Ölçüm metoduna yönelik olarak farklı markalardaki ticari toz ve sıvı deterjanlar ile çalışmaların tekrar edilmesi ve ölçüm yeterliliği için ikiden fazla operator ve üçten fazla deterjan konsantrasyon seviyesinde çalışılması önerilmektedir.

Öte yandan, bu çalışmada tekrar edilebilirliği ve yeniden üretilebilirliği yüksek şekilde oluşturulan durulama performansı ölçüm metodunun standart haline getirilmesi durumunda farklı çamaşır makinesi üreticileri tarafından farklı laboratuvarlarda aynı test prosedürünün güvenilir şekilde gerçekleştirilebileceği düşünülmektedir. Benzer şekilde, farklı durulama sayıları arasında durulama performansı farkını ortaya koyan bu metot aracılığı ile düşük su tüketimli yüksek durulama performansına sahip çamaşır makinelerine yönelik çalışmaların gerçekleştirilebileceği ön görülmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] **Jorgensen, B., Graymore, M. ve O'Toole, K.** (2009). Household water use behavior: An integrated model, *Journal of Environmental Management*, **91**, 227-236.
- [2] **Url-1** <http://www.wrsc.org/attach_image/global-water-consumption-1900-2025>, alındığı tarih: 15.03.2014.
- [3] **Shiklomanov, I.,A.** (2000). Appraisal and Assessment of World Water Resources, *Water International*, **25**, 11-32.
- [4] **Arlosoroff, S.** (1999). *Water Demand Management*, Proceedings of the International Symposium on Efficient Water Use in Urban Areas- Innovative Way of Finding Water for Cities, WHO Kobe Centre Conference Room.
- [5] **Ying, L., Zhensheng, L.** (2001). *Demand Management- To Ensure Sustainable Development of Water Resource in Changjiang River Basin*, XXIX IAHR Congress Proceedings: Theme A: Development, Planning and Management of Surface and Ground Water Resources, Beijing, China.
- [6] **Tate., D., M.** (1990). Water Demand Management in Canada: A state-of-the-Art Review, Social Sciences Series No:23, Inland Water Directorate Water Planning Management Branch, Ottawa, Canada.
- [7] **Url-2** <http://www.environment.nsw.gov.au/watersaving/productsappliances.htm>> alındığı tarih: 07.04.2014
- [8] **Wfk.** (2011). 45th International Detergency Conference
- [9] **CECED.** (2012). Durulama performansı çalışma grubu toplantı notları, Berlin, Almanya.
- [10] **EN-60456.** (2005). Clothes washing machines for household use-Methods for measuring the performance, *British Standard*.
- [11] **AS/NZS 2040.1.** (2005). Performance of household electrical appliances - Clothes washing machines, *Australia Standards*.
- [12] **ANSI/AHAM-HLW-1.** (2010). Performance Evaluation Procedures For Household Clothes Washers, *American Standards*.
- [13] **Johansson, I. ve Somasundaran, P.** (2007). Handbook for Cleaning/Decontamination of Surfaces, *Laundry Cleaning of Textiles, B.I.I.*, 57-99.
- [14] **Yu, Y., Zhao, J., Bayley, A. E.** (2008). Development of Surfactants and Builders in Detergent Formulations, *Chinese Journal of Chemical Engineering*, **16 (4)**, 517-527.
- [15] **Url-3** <<http://www.scienceinthebox.com/glossary>>, alındığı tarih: 07.04.2014.

- [16] **Liu, M. O., Lin, H. F., Yang, M. C., Lai, M. J., Chang, J. J., Liu, H. C.** ve diğ. (2006). Thermal and fluorescent properties of optical brighteners and their whitening effect for pelletization of cycloolefin copolymers, *Materials Letters*, **60**, 2132-2137.
- [17] **Schwuger, M. J., Liphard, M.** (1989). Fundamentals of Phosphate Substitution in Detergents By Zeolites: cobuilders and optical brighteners, *Studies in Surface Science and Catalysis*, **46**, 673-690.
- [18] **Url4**<http://www.accord.asn.au/public_information__submission/laundry_detergent_ingredient, alındığı tarih: 25.03.2014.
- [19] **Neff, J.** (2012). Tide Pods Winning \$7 Billion Detergent Wars By Redefining Value. Adres: <http://adage.com/article/news/tide-pods-winning-7-billion-detergent-wars-redefining/238779/>
- [20] **AISE ve SDS**. (2008). Comparative Life cycle Assessment of compacted with non-compacted heavy duty low suds powder detergent formulations in Turkey.
- [21] **Url5**<https://www.pg.com/productsafety/ingredients/household_care/laundry_fabric_care/Tide/Ultra_Tide_Powdered_Detergent_Original.pdf >, alındığı tarih: 01.04.2014.
- [22] **Boerefijn, R. B., Dontula, P. R., Kohlus, R.** (2006). Detergent Granulation, **14**, 673-700.
- [23] **McCoy, M.** (2002). Soaps and Detergents, *Chemical & Engineering News*, **21**, 21-28.
- [24] **Ingram, B. T., Heinzman, S. W.** (2001). Disintegrating Component and Detergent Composition Containing It, *P&G Patent*, No: WO0112767.
- [25] **Williams, A. J., Andersen, C. B., Lewis, G. P.** (2009). Evaluating the effects of sample processing treatments on alkalinity measurements, *Journal of Hydrology*, **377**, 455-464.
- [26] **Neal, C.** (2001). Alkalinity measurement within natural waters: towards a standardized approach, *Science of the Total Environment*, **265**, 99-113.
- [27] **Roche, M. P., Millero, F. J.** (1998). Measurement of total alkalinity of surface waters using a continuous flowing spectrophotometric technique, *Marine Chemistry*, **60**, 85-94.
- [28] **Moosbrugger, R. E., Wentzel, M. C., Ekama, G. A., Marais, G. R.** (1993). Alkalinity measurement: Part1-A 4 pH point titration method to determine the carbonate weak acid /base in an aqueous carbonate solution, *Water SA*, **19**, 11-21.
- [29] **Url-6** <<http://kahuna.sdsu.edu/~fatih/CEE555/characterization2.htm>>, alındığı tarih: 15.04.2014.
- [30] **Peker, İ.** (2007). Çevre Mühendisliği Kimyası, *Birsen Yayınevi*, 201-220.
- [31] **Bratov, A., Abramova, N., Ipatov, A., Merlos, A.** (2013). An impedimetric chemical sensor for determination of detergent residues, *Talanta*, **106**, 286-292.

- [32] **Morelli, J. J., Szajer, G.** (2000). *J. Surfactants Deterg.*, **3**, 539-552.
- [33] **Sak-Bosnar, M., Madunice-Cacic, D., Sakac, N., Galovic, O., Grabaric, Z.** (2006). *Tenside Surfactants Deterg.*, **43**, 82-87.
- [34] **Paria, S., Khilar, K. C.** (2004). A review on experimental studies of surfactant adsorption at the hydrophilic solid-water interface, *Advances in Colloid and Interface Science*, **110**, 75-95.
- [35] **Olsson, J., Ivarsson, P., Winqvist, F.** (2008). Determination of detergents in washing machine wastewater with a voltammetric electronic tongue, *Talanta*, **76**, 91-95.
- [36] **Momani, F. A. A., Örmeci, B.** (2014). Measurement of polyacrylamide polymers in water and wastewater using an in-line UV-vis spectrophotometer, *Journal of Environmental Chemical Engineering*, **2**, 765-772.
- [37] **Durchschlag, H., Tiefenbach, K. J., Gebauer, S., Jaenicke, R.** (2001). Spectroscopic investigations of detergents and protein-detergent complexes, *Journal of Molecular Structure*, **563-564**, 449-455.
- [38] **Durchschlag, H., Tiefenbach, K. J., Gebauer, S., Jaenicke, R.** (2000). In *Proceedings of the 5th World Surfactants Congress, Vol. 1, CESIO, Firenze*, 634-646.
- [39] **Url-7** <<http://w3.balikesir.edu.tr/~hnamli/oya/uvvis/cihazcalisma.php>>, alındığı tarih: 13.04.2014.
- [40] **MEGEP.** (2007). Elektrik elektronik teknolojisi, çamaşır makineleri, Ankara.
- [41] **ARY-5800E.** (1994). Arçelik otomatik çamaşır makinası eğitim el kitabı.
- [42] **Arçelik A.Ş. Ar-Ge Departmanı Yıkama Teknolojileri.** (2013). Sanayi ile yapılan görüşmeler.

EKLER

EK A: Çamaşır Makinesi Standardı (EN 60456:2005)

EK A

Çamaşır Makinesi Standardı (EN 60456:2005)

Bu standard, ev ve benzeri yerlerde kullanılan, ısıtma düzenleri bulunan veya bulunmayan, elektrikli çamaşır makinelerinin, müşterek çamaşır yıkama ve sıkma makinelerinin performanslarının ölçülmesi metodlarını kapsar.

ÖLÇÜMLER İÇİN GENEL ŞARTLAR

Ortam Sıcaklığı

Ölçümler boyunca odanın ortam sıcaklığı 23 ± 2 °C'da tutulmalıdır. Sıcaklık derecesi ölçme raporunda gösterilmelidir.

Kullanılacak Suyun Karakteristikleri

Bütün programlarda ($2,50\pm 0,20$) mmol/litre sertliğinde su kullanılmalıdır.

Besleme Suyunun Sıcaklığı

Soğuk su ile besleme 15 ± 2 °C

Sıcak su ile besleme için imalatçı tarafından gösterilen sıcaklık veya kullanma talimatı verilmemişse 60 ± 2 °C olmalıdır.

Beslenen suyun statik basıncı test boyunca 240 ± 50 kPa değerinde olmalıdır.

Deterjan

Deterjana ihtiyaç duyulan ölçümlerde belirtilen oranlarda referans deterjan kullanılır.

Referans Deterjan A

Yeni düzenlemeler için yeterli inceleme çalışmasından sonra fosfat içeren referans deterjan (Referans Deterjan A) formülünün çıkartılması planlanmıştır.

Referans Çamaşır Makinesi

Test edilen çamaşır makinesiyle paralel olarak bir referans çamaşır makinesi de çalıştırılmalıdır. Test edilen makinenin referans makineye bağlı performans ölçümünü gerçekleştirebilmek için her iki makineye de aynı prosedür uygulanmalıdır. Referans makineye ait algoritma Şekil A.1'de gösterilmektedir.

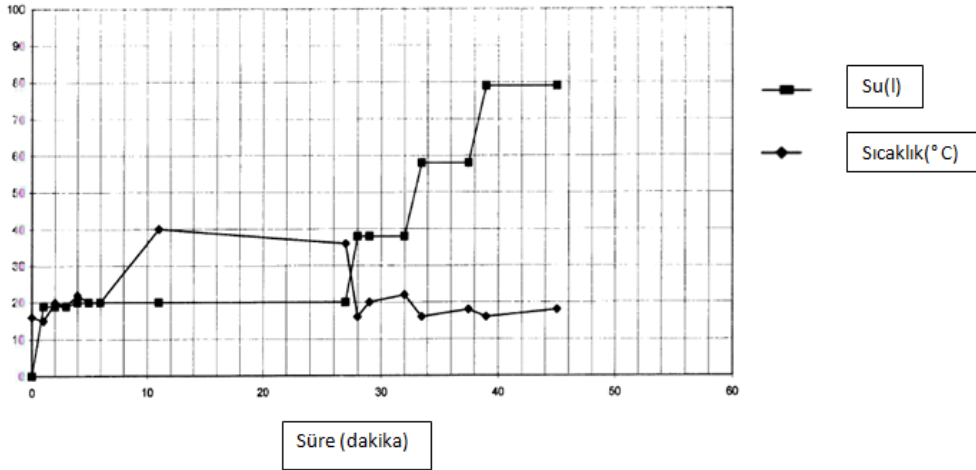
Çamaşır Yükleri

Pamuk bazlı yük: Çarşaf, yastık kılıfı ve el havlusu

Bakımı kolay tekstil bazlı yük: Erkek gömlekleri ve yastık kılıfı

Poliester tekstil bazlı yük

Tekstiller 80 çevrimden daha fazla kullanılmamalıdır.



Şekil A.1 : Referans makineye ait algoritma.

Leke Şeritleri

Kirletmenin farklı tipleri aşağıdaki karakteristiklerin ölçülmesini mümkün kılmalıdır:

- Protein pigmentlerinin çıkartılmasında kullanılan numune kan ile kirletilir.
- Organik pigmentlerinin çıkartılmasında kullanılan numune çikolata ve süt ile kirletilir.
- Ağartma etkisinde kullanılan numune kırmızı şarapla kirletilir.

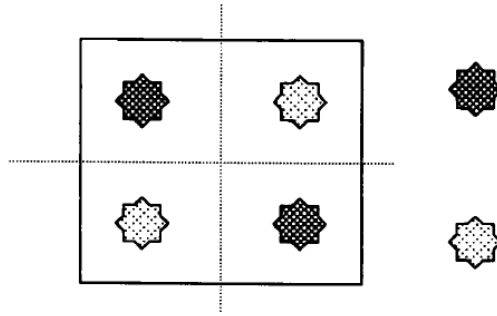
Yukarıda belirtilen lekeleri içeren şeritler havlulara eklenerek yıkama performansı test edilir.

YIKAMA PERFORMANSI

Bir çamaşır makinesinin yıkama performansı, test edilen makinede balast yükü ile birlikte yıkanmış farklı tipteki standard kirletilmiş numunelerin bir fotokolorimetre ile ölçülen yansıtma değeri ile karakterize edilir. Test edilen çamaşır makinesinin kir çıkartma performansı referans makinenin performansına bağlı olarak belirlenir.

Her bir yıkama çevriminden sonra bütün şeritler parıltılı duruma yer vermeyen bir metotla ütülenerek kurutulur. Ütüleme sıcaklığı ve süresi, numunenin başka herhangi bir değişikliğe uğramasını önleyecek biçimde olmalı, ütü taban sıcaklığı 130°C ile 150°C arasında olmalıdır.

Ölçmeler sırasında, yıkanan kirletilmiş numune ile aynı olan, ölçülen numuneyi destekleyen toplam dört tabaka ölçülür. Her yıkanan numune, her iki yüzünden Şekil A.2’de gösterilen konumlarda iki defa ölçülmelidir.



Şekil A.2 : Leke şeritlerinin ölçüm konumları.

Veri Analizi

Hesaplamalar farklı adımlarla gerçekleştirilir.

- a. Testlerde kullanılan n adet kirletilmiş kumaşın her biri için test çevrimi başına okunan ortalama değeri olarak verilen, her kir tipi i için ortalama yansıma değerleri x_i aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$x_i = \frac{\sum_{j=1}^n x_{ij}}{n} \quad (\text{A.1})$$

x_{ij} : her bir kirletilmiş kumaş için okunan ortalama yansıma değeri

n: test çevrimi başına kullanılan kirletilmiş kumaş sayısı

- b. her test çevrimindeki ortalama yansıma değerlerinin (Y değerleri) toplamı aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$C_k = \sum_{i=1}^m x_i \quad (\text{A.2})$$

x_i : (a) seçeneğinde hesaplanan her bir kir tipi için ortalama yansıma değeri

m: test çevrimi başına kullanılan kir tiplerinin sayısı

- c. bütün test çevrimleri için, dört kir çeşidinin her biri için yansıma değerleri toplamının ortalaması aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$C = \frac{\sum_{k=1}^w C_k}{w} \quad (\text{A.3})$$

C_k : (b) seçeneğinde hesaplanan her test çevrimindeki ortalama yansıma değerleri (Y değerleri) toplamı

w: test çevrimi sayısı

- d. standard sapma sc şöyle hesaplanır:

$$sc = \sqrt{\sum_{k=1}^w \frac{(C_k - C)^2}{w-1}} \quad (\text{A.4})$$

C_k : her test çevrimindeki ortalama yansıma değerlerinin (Y değerleri) toplamı

C: bütün test çevrimleri için, dört kir çeşidinin her biri için yansıma değerleri toplamının ortalaması

w: test çevrimi sayısı

SU ve ENERJİ TÜKETİMİ

Bu ölçmenin amacı; yıkama, durulama ve döner sıkıcı işlemleri sırasında tüketilen su ve enerji miktarının belirlenmesidir.

Program makine program sonunu gösterdiğinde ve kullanıcı yükü aldığı anda tamamlanır. Program sonu göstericisi yoksa ve makinenin kapısı işlem boyunca kilitli olduğunda, program kullanıcı yükü aldığı anda tamamlanır. Program sonu göstericisi yoksa ve makinenin kapısı işlem boyunca kilitli değilse, program güç tüketimi yatışkın hal koşuluna düştüğünde ve herhangi bir işlem gerçekleşmediğinde tamamlanır.

Çevrim süresince soğuk ve sıcak suların hacim ve sıcaklık değerleri ayrı ayrı ölçülür.

Enerjiyi ölçmek için, ısıtıcısı olmayan makineler su almadan önce yüklenmelidir.

Ölçülecek her çalışma çevrimi için en az beş tam deney yapılmalıdır.

Veri Analizi

Ölçülen değerlerin aritmetik ortalaması hesaplanır.

Su hacimleri litre olarak ve en yakın tam değere yuvarlanarak belirtilir.

Program süresi en yakın dakikaya yuvarlanır.

Elektrik enerjisi kWh olarak iki ondalık haneye yuvarlanır.

Soğuk besleme suyu enerji düzeltme faktörü: Soğuk suyun giriş sıcaklığı 15°C'den sapsa, soğuk su enerji düzeltme faktörü iç ısıtıcının çalıştığı ve/veya dışarıdan sıcak su aldığı durumlarda aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmalıdır:

$$W_c = (V_c * (t_c - 15))/860 \quad (\text{A.5})$$

W_c : soğuk su enerji düzeltme (kWh)

t_c : soğuk suyun °C olarak ölçülen giriş sıcaklığı

V_c : işlem sırasında kullanılan soğuk suyun hacmi 1/860 enerji eşdeğeri

Toplam enerji: Toplam enerji aşağıdaki şekilde belirlenir:

$$W_{total} = W_{et} + W_{ct} \quad (\text{A.6})$$

W_{et} : test boyunca ölçülen toplam elektrik enerjisi

W_{ct} : yukarıda hesaplanan toplam soğuk su enerji düzeltme

ENERJİ ETİKETİ SINIFLANDIRMASI

Çamaşır Makinesi için Enerji Etiketinde A (More Efficient) - G (Less Efficient) arasında sınıflandırmalar yer almaktadır. Bu sınıflandırmalar için ilgili direktifte tanımlanan sınıflandırma Çizelge A.1’de verilmiştir.

Çizelge A.1 : Çamaşır makinesi için enerji sınıflandırmaları.

SINIFLAR	Enerji tüketimi "C" (kWh / kg) (Standart 60°C Pamuklu programda EN 60456 standardına göre yapılan testte ölçülen)	Yıkama Performansı Endeksi "P" (Standart 60°C Pamuklu programda EN 60456 standardına göre yapılan testte ölçülen)
A	$C \leq 0.19$	$P > 1.03$
B	$0.19 < C \leq 0.23$	$1.03 \geq P > 1.00$
C	$0.23 < C \leq 0.27$	$1.00 \geq P > 0.97$
D	$0.27 < C \leq 0.31$	$0.97 \geq P > 0.94$
E	$0.31 < C \leq 0.35$	$0.94 \geq P > 0.91$
F	$0.35 < C \leq 0.39$	$0.91 \geq P > 0.88$
G	$0.39 < C$	$P < 0.88$

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Merve Gürses

Doğum Yeri ve Tarihi: Şişli-1988

Adres: Sümer Mah. Özgöller Sit. A/4 Blok Daire:42 Zeytinburnu / İstanbul

E-Posta: gursesmg@gmail.com

Lisans: İstanbul Teknik Üniversitesi / Tekstil Teknolojileri ve Tasarımı Fakültesi /
Tekstil Mühendisliği Bölümü