

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DETERJAN BİLEŞENLERİNİN TEMİZLEME AKTİVİTESİ ÜZERİNE
MEKANİK HAREKET VE SICAKLIK ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Servet EFE

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı

Kimya Mühendisliği Programı

MAYIS 2015

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DETERJAN BİLEŞENLERİNİN TEMİZLEME AKTİVİTESİ ÜZERİNE
MEKANİK HAREKET VE SICAKLIK ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Servet EFE
(506121030)**

Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı

Kimya Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Nuran Deveci AKSOY

Teslim Tarihi: 4 MAYIS 2015

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 506121030 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Servet EFE**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı **“DETERJAN BİLEŞENLERİNİN TEMİZLEME AKTİVİTESİ ÜZERİNE MEKANİK HAREKET VE SICAKLIK ETKİSİNİN İNCELENMESİ”** başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Nuran DEVECİ AKSOY**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Yüksel GÜVENİLİR**
İstanbul Teknik Üniversitesi
Prof. Dr. Belma KIN ÖZBEK
Yıldız Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **04 Mayıs 2015**
Savunma Tarihi : **28 Mayıs 2015**

Aileme,

ÖNSÖZ

Bu yüksek lisans tez çalışmasında, farklı özellikteki lekelerin temizlenmelerinde etkin rol oynayan deterjan bileşenlerinin temizleme aktivitesi incelenmiştir. Bu doğrultuda yapılan deney tasarımı çalışmasında, mekanik hareket ve sıcaklık parametrelerinin farklı sürelerde, temizleme oranı üzerindeki etkileri analiz edilmiştir.

Bu yüksek lisans çalışmalarını yöneten, yönlendiren, değerli görüş ve eleştirileri ile tez çalışmalarımı destekleyen çok değerli danışman hocam Sn. Prof. Dr. Nuran Deveci AKSOY'a teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans tez çalışmasının gerçekleşmesini sağlayan ve bunun için imkân ve olanaklarını sunarak bana destek olan Arçelik A.Ş. Çamaşır Makinesi İşletmesi Araştırma ve Geliştirme Merkezi'ne, Sistem Geliştirme Takım Lideri Sn. Hakan TATAR'a, bilgi ve tecrübelerini paylaşarak bana destek veren Sistem Geliştirme Takımı'nda birlikte çalıştığım takım arkadaşlarıma, deneysel çalışmaların planlanması ve gerçekleştirilmesi için bilgi paylaşımı ve kaynak konusunda desteklerini esirgemeyen Hayat Kimya A.Ş. Arge Merkezi'ne ve Sn. İdil YALINALP'e, deneysel çalışmalar için verdikleri desteklerden ötürü Sn. Ali KARACA ve Sn. Kadriye Uzuner KİRAZ'a teşekkürlerimi sunarım.

Hayatım boyunca her daim yanımda olan, bugünlere gelmemde benden maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen çok kıymetli AİLEME teşekkürlerimi sunarım.

Mayıs 2015

Servet EFE

Kimya Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
SEMBOL LİSTESİ.....	xvii
ÖZET.....	xix
SUMMARY	xxi
1. GİRİŞ VE AMAÇ	1
2. ÇAMAŞIR YIKAMA İŞLEMİ VE TEMEL UNSURLARI	3
2.1 Su Kalitesinin Yıkamaya Etkisi	3
2.2 Kir ve Lekeler.....	4
2.2.1 Kir ve leke kaynakları	4
2.2.2 Kir ve lekelerin temizlenme mekanizmaları	5
2.3 Tekstil Tipi ve Kalitesinin Yıkamaya Etkisi	8
2.4 Yıkama Ekipmanı.....	10
2.5 Deterjanın Yapısı ve Yıkama İşlemindeki Rolü	11
2.5.1 Yüzey aktif maddeler	12
2.5.2 Performans arttırıcı bileşenler	14
2.5.3 Ağartıcılar	15
2.5.4 Deterjan katkı maddeleri	16
3. LİTERATÜR ÇALIŞMALARI	21
4. DENEYSEL ÇALIŞMA	27
4.1 Test Malzemeleri ve Ekipmanlar	27
4.1.1 Yıkama işleminde kullanılacak çamaşırlar	27
4.1.2 Test makinesi, su ve deterjan özellikleri	30
4.1.3 Lekeli kumaşlar	31
4.1.4 Spektrofotometre	32
4.2 Testlerin Yapılışı	35
4.2.1 Testin başlatılması.....	39
4.2.2 Testin bitirilmesi	39
5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	41
6. VARGILAR VE ÖNERİLER	65
KAYNAKÇA	69
ÖZGEÇMİŞ.....	73

KISALTMALAR

A.I.S.E.	: International Association for Soaps, Detergents and Maintenance Products
CEI	: Commission internationale de l'éclairage
IEC	: International Electrotechnical Commission
MHY	: Mekanik Hareket Yüzdesi
NOBS	: Nonanol-oksibenzensülfonat
PEPT	: Positron Emission Particle Tracing
SED	: Spektral Enerji Dağılımı ($\text{W.cm}^{-2} \cdot \text{nm}^{-1}$)
TAED	: Tetraasetiletilendiamin
UV	: Ultraviole

ÇİZELGE LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 4.1 : Yük yaşlandırma takip çizelgesi.....	29
Çizelge 4.2 : Yük yaşı takip tablosu.	30
Çizelge 4.3 : IEC 60734 standardı, Metot B yönteminde kullanılan sertlik ve iletkenlik kimyasalları.....	31
Çizelge 4.4 : Testlerde kullanılan lekeler.	32
Çizelge 4.5 : Spektrometre özellikleri.	34
Çizelge 4.6 : Test koşulları.	36

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Yüzey aktif maddelerin leke çıkarma mekanizması (Mishra ve diğ., 2009).	6
Şekil 2.2 : Misel yapıları (Wikipedia, 2013).	7
Şekil 2.3 : Katı partiküllerin temizlenme mekanizması (Kissa, 1981).	7
Şekil 4.1 : Ölçüm alma noktaları.	35
Şekil 4.2 : Leke şeridi dikilmiş havluların katlama şekli (BS EN 60456:2011, 2011).	37
Şekil 4.3 : Leke bezlerinin havluya dikilişi sırası.	38
Şekil 4.4 : Farklı yüklerin çamaşır makinesine yerleştirilmesi (BS EN 60456:2011, 2011).	38
Şekil 4.5 : Lekeli kumaşlarının spektrofotometre ile ölçüm noktaları.	40
Şekil 5.1 : Tekrar sayısına göre test sonuçlarının karşılaştırılması.	42
Şekil 5.2 : Leke 1 için ana etki grafikleri.	43
Şekil 5.3 : Leke 1 için etkileşim grafikleri.	43
Şekil 5.4 : Leke 1 için maksimum temizlenme oranı koşulları.	44
Şekil 5.5 : Leke 1 için optimize edilmiş temizleme oranı.	44
Şekil 5.6 : Leke 6 için ana etki grafikleri.	45
Şekil 5.7 : Leke 6 için etkileşim grafiği.	45
Şekil 5.8 : Leke 6 için maksimum temizleme oranı koşulları.	46
Şekil 5.9 : Leke 6 için optimize edilmiş temizleme oranı.	46
Şekil 5.10 : Leke 2 için ana etki grafikleri.	47
Şekil 5.11 : Leke 2 için etkileşim grafikleri.	47
Şekil 5.12 : Leke 2 için maksimum temizleme oranı koşulları.	48
Şekil 5.13 : Leke 2 için optimize edilmiş temizleme oranı.	48
Şekil 5.14 : Leke 7 için ana etki grafikleri.	49
Şekil 5.15 : Leke 7 için etkileşim grafikleri.	49
Şekil 5.16 : Leke 7 için maksimum temizleme oranı koşulları.	50
Şekil 5.17 : Leke 7 için optimize edilmiş temizleme oranı.	50
Şekil 5.18 : Leke 3 için ana etki grafikleri.	51
Şekil 5.19 : Leke 3 için etkileşim grafikleri.	51
Şekil 5.20 : Leke 3 için maksimum temizleme oranı koşulları.	52
Şekil 5.21 : Leke 3 için optimize edilmiş temizleme oranı.	52
Şekil 5.22 : Leke 8 için ana etki grafikleri.	53
Şekil 5.23 : Leke 8 için etkileşim grafikleri.	53
Şekil 5.24 : Leke 8 için maksimum temizleme oranı koşulları.	54
Şekil 5.25 : Leke 8 için optimize edilmiş temizleme oranı.	54
Şekil 5.26 : Leke 4 için ana etki grafikleri.	55
Şekil 5.27 : Leke 4 için etkileşim grafikleri.	55
Şekil 5.28 : Leke 4 için maksimum temizleme oranı koşulları.	56
Şekil 5.29 : Leke 4 için optimize edilmiş temizleme oranı.	56

Şekil 5.30 : Leke 9 için ana etki grafikleri.....	57
Şekil 5.31 : Leke 9 için etkileşim grafikleri.....	57
Şekil 5.32 : Leke 9 için maksimum temizleme oranı koşulları.	58
Şekil 5.33 : Leke 9 için optimize edilmiş temizleme oranı.	58
Şekil 5.34 : Leke 5 için ana etki grafikleri.....	59
Şekil 5.35 : Leke 5 için etkileşim grafikleri.....	59
Şekil 5.36 : Leke 5 için maksimum temizleme oranı koşulları.	60
Şekil 5.37 : Leke 5 için optimize edilmiş temizleme oranı.	60
Şekil 5.38 : Leke 10 için ana etki grafikleri.....	61
Şekil 5.39 : Leke 10 için etkileşim grafikleri.....	61
Şekil 5.40 : Leke 10 için maksimum temizleme oranı koşulları.	62
Şekil 5.41 : Leke 10 için optimize edilmiş temizleme oranı.	62
Şekil 5.42 : Sıcaklık parametresine göre enerji tüketim değerleri.	63
Şekil 6.1 : Yüzey aktif maddeye duyarlı lekeler için optimum koşul.....	66
Şekil 6.2 : Enzimlere duyarlı lekeler için optimum koşul.	66
Şekil 6.3 : Ağartıcılara duyarlı lekeler için optimum koşul.....	67

SEMBOL LİSTESİ

E_{λ}	: Işık kaynağının SED değerleri
R_{λ}	: Reflektans değeri
$\bar{x}_{\lambda}, \bar{y}_{\lambda}, \bar{z}_{\lambda}$	: Standart gözlemci değerleri
X, Y, Z	: Tristimulus değerleri
k	: Normalizasyon faktörü
TO	: Temizleme Oranı
Y_{beyaz}	: Lekesiz kumaşın Y değeri
Y_{ys}	: Lekeli kumaşın yıkama sonrası Y değeri
$Y_{yö}$	: Lekeli kumaşın yıkama öncesi Y değeri

DETERJAN BİLEŞENLERİNİN TEMİZLEME AKTİVİTESİ ÜZERİNE MEKANİK HAREKET VE SICAKLIK ETKİSİNİN İNCELENMESİ

ÖZET

Tez çalışması kapsamında, farklı özellikteki lekelerin temizlenmelerinde etkin rol oynayan deterjan bileşenlerinin temizleme aktivitesi incelenmiştir. Bu doğrultuda yapılan deney tasarımı çalışmasında, mekanik hareket ve sıcaklık parametrelerinin farklı sürelerde, temizleme oranı üzerindeki etkileri analiz edilmiştir.

Sosyal yaşamın en temel gereksinimlerinden biri olan çamaşır temizliği, tarih boyunca insanlar tarafından farklı yöntemler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Modern dünyada bu işlem gelişmiş çamaşır makineleri ve çamaşır deterjanları kullanılarak gerçekleştirilmektedir.

Yıkama işlemi teknik olarak incelendiğinde, onlarca fiziksel ve kimyasal etkileşim sonucu kir ve lekelerin tekstil yüzeyinden uzaklaştırılması olarak tanımlanabilir. Yıkama işleminin başlıca unsurları, su, kir, tekstil, yıkama ekipmanı ve deterjandır.

Su, yıkama ortamında çözücü ve taşıyıcı ortam görevi görmektedir. Tekstil üzerinden yüzey aktif madde yardımıyla ayrılan kirler suyun taşıma etkisiyle çözelti içerisine taşınır. Suyun bu görevi yerine getirebilmesi, suyun özelliklerine bağlıdır. Suyun sertlik, iletkenlik değeri ve su miktarı, deterjanın temizleme özelliğini etkileyen faktörlerdir.

Kir ve lekeler farklı yapılara sahip olduğundan dolayı, temizlenme mekanizmaları da değişmektedir. Deterjan bileşiminde bulunan yüzey aktif maddeler, enzim ve ağartıcılar, farklı yapılardaki lekelerin temizlenmesinde rol oynar. Yağ bazlı lekeler, yüzey aktif madde ile temizlenirken, çay, kahve gibi lekeler ağartıcılar yardımıyla temizlenir. Enzimler ise, büyük moleküllü yağ, protein ve nişastayı parçalayarak yüzey aktif maddelerin lekeleri temizlemesine yardımcı olmaktadır.

Tekstiller, basit olarak doğal ve sentetik olarak sınıflandırılabilir. Doğal tekstiller, selülozik bitki kaynaklı pamuk ve keten; hayvansal kaynaklı tekstiller ise, yün ve ipek ipliklerden üretilir. Sentetik tekstiller, polyester, poliamid gibi polimer yapıdaki ipliklerden üretilir. Farklı yapıdaki tekstil tiplerinin; renk, parlaklık, dayanıklılık, su emme karakteristiği ve lekeler ile olan etkileşimleri farklılık göstermektedir.

Yıkama ekipmanı olarak, dünyanın farklı bölgelerinde önden ve üstten yüklemeli çamaşır makineleri kullanılmaktadır. Çamaşır makinesi programında yıkama performansını etkileyen başlıca faktörler yıkama süresi, su miktarı, mekanik hareket yüzdesi ve sıcaklık parametreleridir. Bu parametrelerin çamaşır miktarına göre optimize edilmiş olması gerekmektedir.

Deterjanlar, çok sayıda bileşenden oluşan kimyasal bir karışımdır. Deterjanın görevi, kirin tekstil üzerinden uzaklaştırılması ve yıkama çözeltisinde tutulmasıdır. Çamaşır deterjanları, yüzey aktif maddeler, performans artırıcılar, ağartıcılar ve katkı maddeleri başlıkları altında incelenebilir. Yüzey aktif maddeler ve ağartıcılar temizleme işleminde aktif olarak rol alır. Performans artırıcı bileşenlerin, su

sertliğinin giderilmesi ve kirin yıkama çözeltisinde tutularak tekstil üzerinde birikmesinin engellenmesi gibi görevleri vardır. Katkı maddeleri ise, enzimler, köpük düzenleyiciler, optik ağartıcılar gibi yıkamaya yardımcı bileşenleri içerir.

Daha önce yapılan literatür çalışmaları kapsamında, mekanik ve kimyasal etkilerin yıkama performansı üzerindeki etkisi incelenmesine rağmen, bu çalışmalar deterjan ile ilişkilendirilmemiş, belirli sayıda leke kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Tez çalışması kapsamında planlanan deney tasarımına göre, 3 mekanik hareket yüzdesi parametresi, 4 sıcaklık parametresi koşullarında, 7 farklı noktada örnekler alınarak farklı temizlenme mekanizmalarına sahip lekeli kumaşların temizlenme oranları belirlenmiştir.

Test verileri Minitab programı ile analiz edilerek, yüzey aktif madde, ağartıcı ve enzimlere duyarlı lekelerin analiz sonuçları ayrı ayrı yorumlanmıştır. Bu doğrultuda, mekanik hareket yüzdesinin %80 değerinin üzerinde yıkama performansına etkisinin az olduğu görülmüştür. Daha düşük mekanik hareket yüzdesinin uygulanması, çamaşır makinesinin kullanım ömrünün uzamasını, enerji tüketimi ve tekstile verilen yıpranma etkisinin azalmasını sağlayacaktır. Sıcaklık parametresi için 40 °C'den sonra, temizleme oranına etkisinin azalarak arttığı görülmüştür. Daha düşük sıcaklıklarda yıkama yapılması, enerji tasarrufu açısından oldukça önemlidir. Deneysel çalışma için tasarlanan yıkama programları dikkate alınırsa, 60 °C yerine 40 °C'de yıkama yapıldığında ortalama enerji tasarrufu oranı %40 değerlerine ulaşabilmektedir. Tüm lekeler için temizleme oranı üzerindeki en etkili parametre süredir. Sürenin etkisi de azalarak artma eğilimindedir, ancak test planı aralığında tüm lekeler için en uzun süre parametresinde belirgin şekilde daha iyi temizleme oranı elde edilmiştir.

INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF MECHANICAL ACTION AND TEMPERATURE ON THE CLEANING ACTIVITY OF DETERGENT INGREDIENTS

SUMMARY

In this thesis, the cleaning activity of the detergent ingredients playing an active role to remove stains having different cleaning mechanism is examined. In the scope of the experimental design, the effects of mechanical action percentage and temperature with different washing time on cleaning performance are analyzed.

At the first section of thesis, history of washing and the aim of this study are mentioned.

The second part of thesis involves main theoretic information about washing process.

Laundry washing which is one of the fundamental requirements of social life has been carried out by people with different methods throughout history. This process is carried out using advanced technology washing machines and detergents in the modern world.

Washing process can be defined as removal of soil and stains from textile surface with several chemical and physical interactions. The main elements of the washing process are water, soil-stains, textile, cleaning equipment and detergent.

Water plays an important role as both a solvent and a transport medium. Soil particles which are removed by surfactants are moved into the washing solution by the effect of water flow. Water amount, hardness, conductivity are the factors affecting the cleaning ability of the detergent.

Cleaning mechanism of stains are different because stains have different physical and chemical characteristic. Surfactants, bleaching agents and enzymes in the detergent composition are main groups for the removal of different type of stains. For example, oil based stains are removed by surfactants. Tea and coffee stains are bleachable stains. Enzymes help to surfactant to remove stains by cracking big oil, starch and protein molecules.

Textiles can be simple classified as natural and synthetic. Natural textiles are cotton and linens, which are based on cellulose. Synthetic textiles are produced by polymer fibers such as polyester and polyamide. Textiles have different color, brightness, strength, water suction and stain interaction characteristic.

Washing equipments which are simple classified as front-loader and top-loader are being used in different regions of the world. Washing program parameters such as water amount, mechanical action percentage and temperature should be optimized to achieve the best cleaning performance.

Detergent is a chemical mixture of numerous components. Main function of detergent is to remove stains from the textile surface and to keep them inside the washing solution. Laundry detergent composition can be classified as surfactants, builders, bleaching agents and additives. Surfactants and bleaching agents play active roles for cleaning. Builders are the chemicals that are used for enhancing the cleaning performance of detergents by removing water hardness ions and preventing soil redeposition. Additives are other chemicals to improve the result of washing process such as enzymes, foam regulators, optical brighteners and perfumes.

The third section of thesis involves literature search for chemical and mechanical actions of washing machines, cleaning mechanisms of different type of detergents, cleaning effects of detergent ingredients such as surfactants, bleaching agents and consumer habits about laundry washing.

At the fourth section of thesis, experimental design studies are explained. Experiments are planned to determine the effects of mechanical action percentage, temperature and time on the cleaning performance. 10 different stains are used in order to determine cleaning performance of the main detergents ingredients. There are 5 different stain types sensitive to different detergent ingredients. 2 stains are available for each group which are surfactants, protease enzyme, amylase enzyme, mannanase enzyme and bleaching agent. Level of mechanical action percentage, temperature and time factors are determined as 3, 4 and 7, respectively.

Test procedures and test materials such as loads, stains and detergent are prepared carefully to minimize deviation of test results and prevent mistakes during performance tests. Washing machine program parameters are adjusted for performance tests. Spectrophotometer is used to measure tristimulus Y values of stains. Using these data, cleaning performance are calculated. The results are analyzed by Minitab statistic program. Models are determined for each stain type. The best and optimum conditions to achieve the best cleaning performance are determined regarding life time of a washing machine, textile damage and energy consumption.

At the fifth section of thesis, test results for each stain are discussed, respectively.

According to Minitab analysis of test results;

- There is not a significant difference between test repetitions for all stains.
- The best conditions for the stain 1 and 6 that are sensitive to surfactant are 60 °C, %95 and 7; 40 °C, %95 and 7, respectively. Optimum conditions are 50 °C, %50 and 7; 40 °C, %80 and 7, respectively.
- The best conditions for the stain 2 and 7 that are sensitive to protease enzyme are 60 °C, %95 and 7; 50 °C, %95 and 7, respectively. Optimum conditions are 50 °C, %50 and 7; 50 °C, %80 and 7, respectively.
- The best conditions for the stain 3 and 8 that are sensitive to amylase enzyme are 50 °C, %95 and 7; 60 °C, %95 and 7, respectively. Optimum conditions are 40 °C, %50 and 7; 50 °C, %50 and 7, respectively.
- The best conditions for the stain 4 and 9 that are sensitive to mannanase enzyme are 60 °C, %80 and 7; 50 °C, %95 and 7, respectively. Optimum conditions are 50 °C, %80 and 7; 30 °C, %80 and 7, respectively.

- The best conditions for the stain 5 and 10 that are sensitive to bleaching agent are 60 °C, %95 and 7; 60 °C, %80 and 7, respectively. Optimum conditions are 60 °C, %50 and 7; 60 °C, %50 and 7, respectively.
- The mean and standard deviation values of energy consumption for the time of 7 are calculated for each temperature to estimate energy saving potential.

At the sixth section of thesis, overall results for each stain group are mentioned. After the obtained information from this study, suggestions are given to understand cleaning mechanism of detergents deeply for future studies.

The best cleaning performance values for almost all stains are achieved at the temperature of 50 °C and more, the mechanical action percentage of %95 and the longest time parameter of 7. These are the best values but optimum values are different. The more mechanical action is applied, the less lifetime washing machine components have. When mechanical action percentage and temperature increase, textile damage increases. A significant reduction for cleaning performance is not observed when temperature is decreased from 60 °C and 50 °C. Energy saving rate is calculated as %19,7 when 50 °C temperature is selected instead of 60 °C.

The summary of test result is given below.

It is determined that time is an important parameter for all stains.

The mechanical action of %80 is suggested for the stains which are sensitive to surfactant and enzymes. %50 can be used for the stains which are sensitive to bleaching agent.

The most important parameter for the stains, which are sensitive to bleaching agent, is temperature. The effect of temperature on cleaning performance decreases at higher than 40 °C for other stains.

For the future studies, the parameters of water amount, detergent amount and textile types can be taken into account to determine effects on cleaning performance. Beside of cleaning performance, textile damage effect can be measured at future studies.

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Temizlik, insan hayatının en temel gereksinimlerinden biridir. Çamaşır yıkama ise, tarih boyunca bu gereksinimin vazgeçilmez bir parçası olmuştur. İnsanlar çamaşırlarını yıkamak için çok farklı yöntemler kullanmışlardır.

Milattan önce 2500, milattan sonra 476 yılları arasında sabun kullanılmaya başlanmıştır. Önceki zamanlarda da çamaşır temizliği için yalnızca su kullanılmıştır. Romalılar, halkın ortak olarak kullandığı çamaşır yıkama alanlarını kullanmışlardır.

Çamaşırlar, üzerlerine basılarak, kil ve amonyak içeren su kullanılarak temizlenmiştir. Orta çağda, Avrupa'da yaşayan insanlar suya karşı olan batıl inançlarından dolayı temizliğe gereken önemi vermemişler ve çamaşırlarını ancak birkaç ayda bir yıkayarak kullanmışlardır. Rönesans döneminin başında, bu inançların devam etmesine karşın, sonrasında kişisel bakım ve hijyene önem verilmemesinin birçok hastalığa yol açtığı anlaşılmıştır. Şehirlerde büyük çamaşırhanelerin yanında, çamaşır yıkama işlemi evlerde de yapılmaya başlanmıştır. 18.yy'da kişisel temizlik toplumsal statünün göstergesi olmuştur. 1850'den sonra ilk mekanik çamaşır makineleri kullanılmaya başlanmıştır. 20.yy'da hijyen konusu insanlar için çok daha önemli bir hale gelmiştir. Elektriğin icadı ve üretim teknolojilerindeki gelişmeler, 1916 yılında ilk sentetik deterjanın ortaya çıkarılmasında önemli rol oynamıştır. Bu yüzyılda çamaşır makinesi ve kurutma teknolojisindeki gelişmeler, sentetik deterjan ve tekstil sektöründe de gelişmeyi paralelinde getirmiştir.

Elektrikle çalışan ilk çamaşır makinesi, 1908 yılında Amerika'da üretilmiştir. 1950'li yıllarda ısıtıcı ve yüksek devirde dönerek sıkma özelliği çamaşır makinesine eklenmiştir. 1960'lı yıllarda yıkama, durulama ve sıkma işlemini aynı tambur içerisinde yapabilen dikey eksenli makineler üretilmiştir. Bu olayı, aynı özelliklere sahip yatay eksenli makinelerin üretimi izlemiştir. 20.yy'ın son yıllarında daha az su ve enerji kullanarak daha düşük sıcaklıklarda yıkama işlemi gerçekleştiren elektromekanik kontrole sahip çamaşır makineleri geliştirilmiştir. Bu makineler ipek,

y n ve diğ r hassas tekstil tiplerine uygun yıkama programları sahip makineler olarak geliştirilmiştir.

Çamaşır makinesi sektöründeki gelişmelere paralel olarak, özellikle 2. Dünya Savaşı sırasında, ordunun ihtiyaçlarını karşılamak için deterjan sektöründe birçok gelişme yaşanmıştır. 1950'lerde sabun bazlı temizlik ürünlerinin yerini petrol yan ürünleri, bitkisel ve hayvansal yağ türevlerinin kullanıldığı sentetik deterjanlar almıştır. İlk yüzey aktif madde ve performans artırıcı bileşenler içeren sentetik deterjan Amerika'da tanıtılmıştır. Performans artırıcı kimyasallar, düşük sıcaklıklarda ve sert sularda yüzey aktif maddelerin kir çıkarma etkinliklerini arttıran bileşenlerdir. 1964'te biyobozunur özelliğe sahip olmayan bir yüzey aktif madde olan dallanmış yapıdaki alkil benzen sülfonat yerine, bu maddenin biyobozunur özelliğe sahip eşleniği olan lineer alkil benzen sülfonat deterjanlarda kullanılmaya başlanmıştır (P&G, t.y.).

Yakın geçmişimize baktığımızda ise çamaşır makineleri ve deterjanların yapısında önemli değişimler olduğu görülmektedir. Daha az su ve enerji harcayan makinelerin yanında daha az miktar ile daha etkin leke çıkarma etkisine sahip çamaşır deterjanları geliştirilmiştir. Son yıllarda makine üreticilerinin ve deterjan geliştiren firmaların birlikte çalışmaları daha verimli bir şekilde çamaşır yıkama işleminin gerçekleştirilmesi için yeni nesil, yüksek verimli çamaşır makineleri ve deterjanların (konsantre tip) ortaya çıkmasını sağlamıştır.

Günümüzde, çamaşır makinesi ve deterjan üreticileri çevre dostu, sürdürülebilir teknolojiler geliştirebilmek için çalışmalar yapmaktadırlar. Her iki sektörün de hedefi maksimum temizleme performansını sağlayacak ürünler ortaya koymaktır. Doğal kaynakları minimum düzeyde tüketerek optimum yıkama performansının elde edilmesi için yıkama işleminin vazgeçilmez iki unsuru olan çamaşır makineleri ve deterjanlar şüphesiz birbiri ile uyumlu olarak çalışmalıdırlar. Yapılacak olan bu çalışma kapsamında, leke çıkarma işleminde etkin rol alan deterjan bileşenlerinin, farklı sıcaklık, mekanik hareket yüzdesi ve süre koşullarındaki temizleme performansları incelenecektir. Bu çalışmanın sonucunda, optimum koşullarda çalışan bir çamaşır makinesi programı geliştirilmesi amaçlanmaktadır.

2. ÇAMAŞIR YIKAMA İŞLEMİ VE TEMEL UNSURLARI

Yıkama işlemi, onlarca fiziksel ve kimyasal etkileşim sonucu meydana gelen oldukça karmaşık bir işlemdir. Çamaşır yıkama ise, düşük çözünürlükteki maddelerin yüzey aktif madde çözeltileri kullanılarak, suda çözünen maddelerin ise suda çözölürme yoluyla tekstil yüzeyinden uzaklaştırılması olayıdır.

Yıkama işleminin başlıca unsurları su, kir, tekstil, yıkama ekipmanı ve deterjandır. Yıkama performansı tekstilin özelliklerine, kir tipine, yıkama suyunun kalitesine, yıkama ekipmanının özelliklerine ve deterjanın içeriğine oldukça duyarlıdır (Smulders, 2002).

2.1 Su Kalitesinin Yıkamaya Etkisi

Suyun yıkama işlemindeki en önemli rolü çölücü özelliğidir. Böylece, hem deterjanın hem de kirin yapısındaki suda çölünebilen moleküllerin çölünmesini sağlar. Suyun tekstil yüzeyini daha kolay ıslatabilmesi için, yüzey gerilimi deterjan bileşiminde bulunan yüzey aktif maddeler yardımıyla düşürölür.

Su sertliğı, yıkama performansını etkileyen bir diğler parametredir. Su sertliğı, 1 litre su içerisindeki kalsiyum ve magnezyum iyonlarının toplamı olarak ifade edilir. Genellikle iyon miktarı mmol cinsinden ifade edilir. Su sertliğı, farklı ölkelerde, hatta aynı ölkede farklı bölgelerde dahi büyük farklılıklar gösterebilmektedir.

Su kalitesinin düşük olması yıkama performansı ve çamaşır makinesi üzerinde olumsuz sonuçlara yol açabilmektedir. Kalsiyum ve magnezyum iyonları, karbonat bileşikleri olarak veya deterjanın içerisindeki bazı maddelerle bileşik oluşturup çökelerek çamaşır makinesinin ısıtıcısı ve farklı komponentleri üzerinde olumsuz etkiler yaratabilmektedir. Ayrıca, çamaşırılar üzerinde leke oluşumuna sebep olabilmektedir. Su içerisinde bulunan demir, bakır ve mangan gibi metal iyonları deterjanın ağartıcı bileşenini olumsuz etkilemektedir. Deterjan içerisine eklenen metal kompleksi oluşturan bileşenler veya iyon değıştiricilerle metal iyonlarının olumsuz etkileri önlenmektedir (Smulders, 2002).

Avrupa ülkelerinde yapılan ve sert suyun yıkama performansı üzerindeki etkilerini kullanıcılar açısından değerlendiren bir çalışmada, su sertliği yüksek olan bölgelerde yaşayan kullanıcıların, su sertliği düşük olan bölgelerde yaşayan kullanıcılara göre yıkama performansı konusundaki memnuniyet düzeyinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Abeliotis ve diğ, 2015).

2.2 Kir ve Lekeler

Kir, tekstil üzerinde homojen olarak dağılmış durumdaki çeşitli organik veya inorganik yapıdaki maddelere denir. Leke ise, kirlerin belirli bir bölgede toplanmış halidir.

2.2.1 Kir ve leke kaynakları

Kir ve lekeler tekstil üzerine çok farklı kaynaklardan gelebilmektedir. Bu kaynaklar, vücut ile direkt temas sonucu tekstil yüzeyine aktarılan kirler, atmosferden tekstil üzerine gelen kirler ve önceki yıkamalardan tekstil üzerinde kalan kirler olarak sınıflandırılabilir.

Vücuttan tekstil üzerine geçen kirler; sebum, ter, ölmüş deri hücreleri, deodorant ve benzeri vücut kimyasallarıdır. Bu lekeler kolesterol, glikolipid, trigliserid ve yağ asitleri gibi hidrofobik bileşenler, suda çözünebilen çeşitli tuzlar ve ölü hücreler gibi partiküller içerir. Ayrıca aktif enzimler ve bakterilerde bu grupta yer alır.

Atmosferden tekstil üzerine gelen kirler; kil, silikat, metal oksitler gibi mineral kökenli partiküller, farklı canlılardan gelebilecek biyolojik kaynaklı maddeler veya karbon kaynaklı is, kurum gibi maddelerdir.

Önceki yıkama işlemleri sırasında tekstil üzerine gelen kirler; kalsiyum ve magnezyumca zengin çökeltiler, deterjanın işlevini yerine getirememesi veya kalitesiz deterjan kullanılması sonucu yıkama çözeltisindeki kir partiküllerinin tekstil üzerinde birikmesi veya başka bir tekstil üzerindeki boya partiküllerinin bir diğer tekstilin üzerine taşınması ile olabilmektedir.

Kirlerin belirli bir bölgede toplanmış hali olan lekeler de, farklı kaynaklardan tekstil üzerine çeşitli maddelerin taşınması sonucu oluşmaktadır. Bunlar yiyecek ve içecekler, vücut sıvıları, çeşitli aktiviteler veya hobi kaynaklı olabilir.

Yiyecek ve içeceklerden tekstil yüzeyine taşınan lekeler; yağ bazlı doymuş veya doymamış trigliseridler, protein, nişasta, karoten ve klorofil bazlı lekeleri içermektedir.

Vücut sıvılarından tekstil yüzeyine gelen lekeler; kan, ter, idrar, dışkı ve vücuda uygulanan kozmetik maddelerini kapsamaktadır.

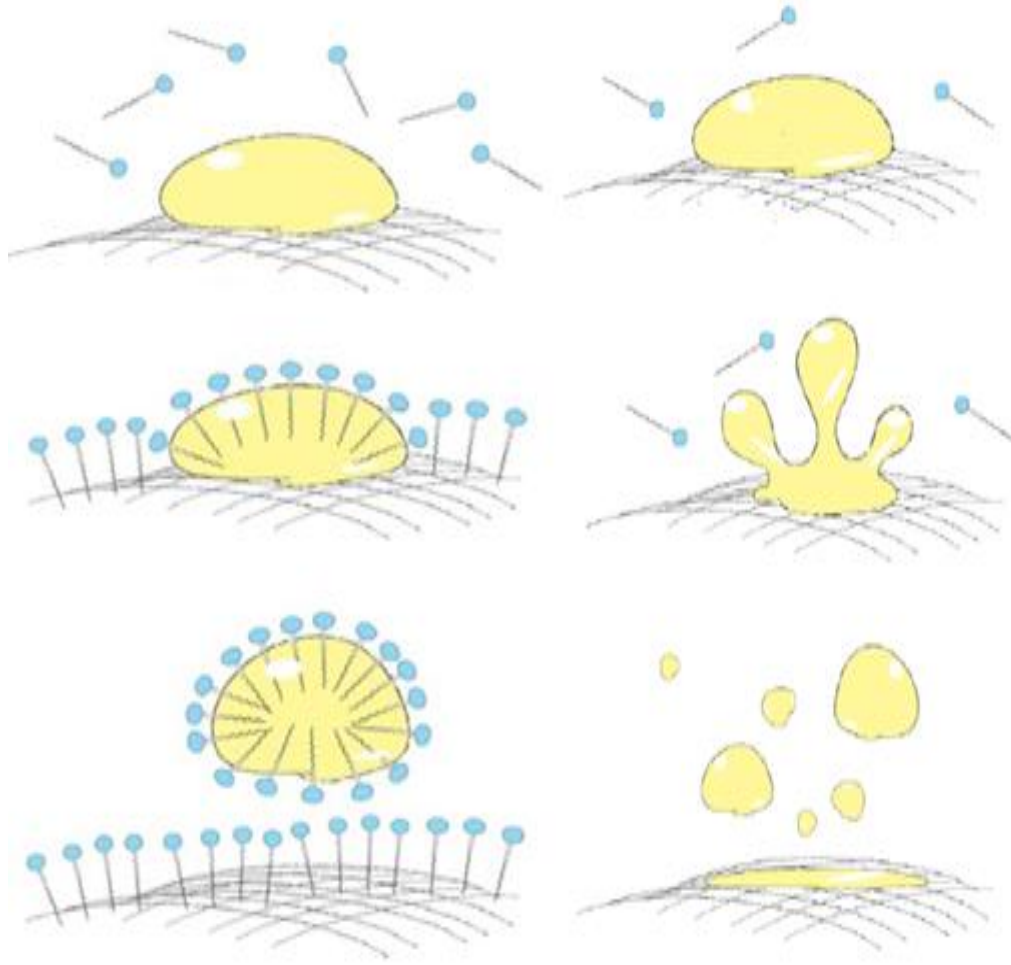
Aktivite ve hobi kaynaklı lekeler; çimen lekesi, çamur, yağ, boya pigmenti, mürekkep, pas ve karbon bazlı lekeleri içermektedir (Laurent ve diğ, 2007).

2.2.2 Kir ve lekelerin temizlenme mekanizmaları

Kir ve lekeler çok farklı kaynaklardan geldiği için içerikleri de çok farklıdır. Bu nedenle, tekstil üzerinden temizlenme yöntem ve mekanizmaları da farklıdır. Temizlenme yöntemlerine göre kir ve lekeler; suda çözünür yapıda olanlar, hidrofobik yapıda olanlar, katı partiküller, ağartılabilir lekeler ve enzim yardımı ile temizlenenler olarak sınıflandırılabilir.

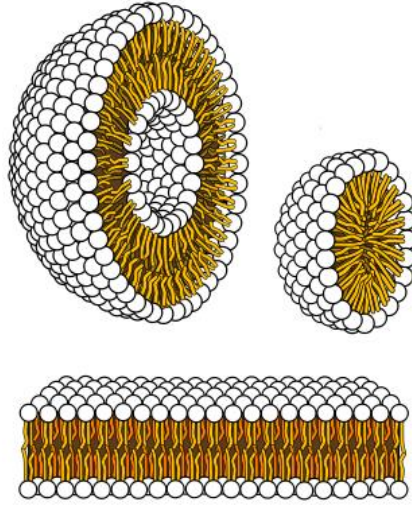
Suda çözünen kir ve lekeler için, ter ve çeşitli yiyeceklerin yapısında bulunan tuzlar, idrar, şeker bazlı kirler örnek verilebilir. Bu yapıya sahip kirler su kullanılarak rahatlıkla tekstil üzerinden uzaklaştırılabilmektedir. Ancak, tuzlar deterjan içerisindeki yüzey aktif maddelerin etkinliğini düşürmektedir.

Hidrofobik yapıda olan leke ve kirler için madeni yağlar, makine yağları, trigliseridler ve insan vücudu kaynaklı yağlar örnek olarak verilebilir. Yağ bazlı kir ve lekeler güçlü renklere sahip bileşenler içerebilmektedir. Bu özellikler, bu tür leke ve kirleri daha belirgin hale getirmektedir. Hidrofobik lekeler, düşük yüzey enerjilerinden dolayı tekstil yüzeyinde kolayca dağılabilmektedir. Suda çözünmezler. Bu nedenle tekstil yüzeyinden uzaklaştırılabilmeleri için yüzey aktif madde kullanılması gerekmektedir. Yüzey aktif maddeler, suyun yüzey gerilimini düşürerek kirin ıslatılmasına olanak sağlar ve kirin tekstil yüzeyinden uzaklaşmasına yardım eder. Tekstil yüzeyinden yıkama çözeltisi içine alınan kir, yüzey aktif madde sayesinde su içerisinde emülsiyon halinde bulunur (Laurent ve diğ, 2007). Şekil 2.1’de yüzey aktif maddelerin leke çıkarma mekanizmaları görülmektedir.



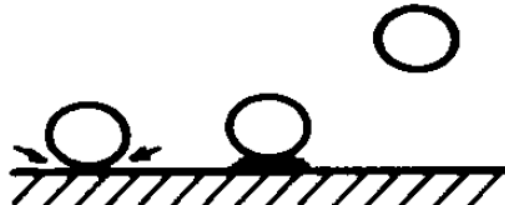
Şekil 2.1 : Yüzey aktif maddelerin leke çıkarma mekanizması (Mishra ve diğ, 2009).

Kirlerin su içerisinde emülsiye olabilmesi için yüzey aktif madde konsantrasyonu misel oluşumu için gerekli olan konsantrasyona ulaşması gerekmektedir (Smulders, 2002). Misel yüzey aktif madde kümelerine verilen isimdir. Çoğunlukla yüzey aktif maddelerin hidrofilik tarafları çözücüye dönük iken, hidrofobik kuyruk kısımları kümenin merkezine doğru yönelmiştir. Yönlenme bu durumun tersi olduğunda, ters misel olarak adlandırılmaktadır. Şekil 2.2’de görüldüğü gibi miseller; elips, silindirik, küresel veya katmanlar halinde bulunabilmektedir. Miselin konsantrasyonu, sıcaklık, pH ve yüzey aktif maddenin iyon gücü belirlemektedir (Wikipedia, 2013).



Şekil 2.2 : Misel yapıları (Wikipedia, 2013).

Katı partiküller; kil, silikat gibi organik yapılı veya deri hücreleri, nişasta gibi organik yapılı olabilmektedir. Bu partiküller suda çözünmezler. Tekstili ıslatma ve süspansiyon oluşturma özelliklerinden dolayı, temizleme işlemi sırasında yüzey aktif maddeler etkin rol oynamaktadır (Laurent ve diğ, 2007). Katı partikülün temizlenmesi, tekstil yüzeyi ve partikülün ıslatılarak, partikül ve kir arasındaki adhezyon bağlarının koparılmasıyla gerçekleşir (Şekil 2.3). Katı partikül, suyun kütle akışıyla birlikte tekstil yüzeyinden çözeltiye taşınır (Kissa, 1981). Kirin tekrar tekstil yüzeyine dönmemesi ve birikmelere neden olmaması için deterjan bileşimine polimerler eklenmektedir (Laurent ve diğ, 2007). Katı partikül şeklindeki kirlerin tekstilden uzaklaşmasını sağlayan diğer etken elektriksel itme kuvvetidir. Kir ve tekstil arasındaki elektriksel itme kuvveti, temizleme performansını arttırmakta, ancak tek başına temizleme işlemi için yeterli olmamaktadır. Ortamın pH değeri ve yüzey aktif maddenin polar ucunun yapısı elektriksel itme kuvvetini etkilemektedir (Smulders, 2002).



Şekil 2.3 : Katı partiküllerin temizlenme mekanizması (Kissa, 1981).

Ağartılabilir lekeler; çay, kahve, şarap gibi yapısında güçlü kromofor yapılarına sahip ve tekstil üzerinde belirgin bir şekilde gözlemlenebilen lekelerdir (Laurent ve diğ, 2007). Kromofor, bir maddenin molekül yapısındaki bulunan ve o maddenin rengini belirleyen kimyasal gruptur. Tekstil üzerinden tamamen uzaklaştırılmaları oldukça zordur (Wikipedia, 2014).

Enzimlerin etkisiyle tekstil yüzeyinden uzaklaştırılan lekeler, vücut sıvılarından ve yiyeceklerden gelmektedir. Vücut sıvıları protein, yiyecekler ise nişasta ve protein içermektedir. Nişasta ve protein molekülleri suda az çözünmekte ve tekstil yüzeyine kolayca tutunarak hidrofobik kirlerin tekstil yüzeyinden uzaklaştırılmasını zorlaştırmaktadır. Bu tür kir ve lekelerin temizlenmesinde enzimler kullanılmaktadır. Proteaz, protein bazlı lekelerin bozunmasını sağlar. Molekül ağırlığı düşen kirler, suda daha iyi çözünmekte ve kirin tekrar tekstil yüzeyine bağlanması engellenmektedir. Amilaz nişasta ile, lipaz ise trigliserid gibi büyük moleküllü yağlar ile hidroliz reaksiyonu vererek daha kolay temizlenen küçük moleküllü yapıların oluşmasını sağlamaktadır. Mananaz, galaktomannan içeren yapışkan reçine veya sakız yapısındaki kirlere karşı etkilidir (Laurent ve diğ, 2007). Galaktomannan, kimyasal yapısındaki ana zinciri mannoz, yan grupları ise galaktoz olan bir polisakkarittir. Selüloz enzimi, pamuklu kumaşların iplikleri üzerindeki mikro lifleri uzaklaştırır (Wikipedia, 2014). Günümüzde, enzimlerin yıkama ortamındaki etkinliğini arttırmak için yapılan çalışmalar devam etmektedir. Vojcic L. ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada enzimlerin 15 °C gibi düşük sıcaklıklardaki aktivitesi incelenmiştir (Vojcic ve diğ, 2015).

2.3 Tekstil Tipi ve Kalitesinin Yıkamaya Etkisi

Tekstillerin kimyasal yapısını, ipliklerin kimyasal bileşimi ve tekstile uygulanan kimyasal işlemler belirlemektedir. Fiziksel açıdan incelendiğinde ise, farklı örme ve dokuma yapıları tekstile farklı özellikler kazandırmaktadır. Tekstiller doğal ve sentetik iplikler kullanılarak elde edilebilmektedir.

Doğal iplikler, selülozik bazlı olarak pamuk ve keten, hayvansal kaynaklı olarak ise yün ve ipektir. Hayvansal kaynaklı doğal iplikler özellikle su içerisinde mekanik etki ile çekme yani küçülme eğilimi gösterirler.

Sentetik bazlı iplikler poliamid, polyester, polivinil türevleri, poliolefinler ve poliüretan içeren yapılardır. Monomer veya kopolimer yapısında olabilirler.

Esneklik, renk, görünüş, dayanıklılık, parlaklık, su emme karakteristiği, kir iticilik tekstillerin temel özelliklerini yansıtmaktadır (Laurent ve diğ, 2007).

Yıkama işlemi açısından incelendiğinde doğal ve sentetik iplik yapıları tekstilin hidrofilik ve ıslatma özelliğini etkilemektedir.

Yüzey aktif madde ve kompleks yapıcıların leke çıkarma etkinliğinin incelendiği bir çalışmada farklı tekstil tipleri incelenmiştir. Yüzey aktif madde olarak alkil benzen sülfonat, kompleks yapıcı olarak ise sodyum trifosfat kullanılmıştır. Sodyum trifosfatın pamuklu kumaşlardaki leke çıkarma etkisi alkil benzen sülfonata göre daha fazla olduğu görülmüştür. Hidrofilik yapıya sahip poliamid ve poliakrilonitril gibi sentetik kumaşlarda da kompleks yapıcı daha etkilidir. Ancak, hidrofobik kumaşlarda durum tersine dönmektedir. Polyester pamuk karışımında ve sadece polyester bazlı kumaşa yaklaşık aynı etkiyi göstermelerine karşın toplam temizleme etkinliğinin azaldığı görülmektedir. Poliolefin tekstil üzerinde, yüzey aktif maddenin leke çıkarma etkinliğinin daha iyi olduğu görülmüştür. Bu çalışma farklı deterjan bileşenlerinin leke çıkarma etkinliklerinin farklı tekstil tipleri üzerindeki etkisini ortaya koymaktadır (Jakobi, 1975).

Yıkama işleminin de tekstil üzerinde bazı etkileri vardır. Tekstil yapısındaki polimer zincirleri deterjan bileşimindeki kimyasalların etkisiyle parçalanarak tekstil yapısının zarar görmesine neden olabilmektedir. Ester grupları alkali çözeltilere karşı dayanıksız iken, sentetik tekstillerin yapısında yaygın olarak kullanılan polyester polietilen kopolimeri, benzen halkasıyla alkali çözeltilere karşı dayanıklı hale getirilmektedir. Tekstil polimerlerinin yapısında bulunan reaktif gruplar, güneş ışığı, kir, ter ve temizleme kimyasalları ile reaksiyona girerek tekstilin yapısına zarar vermektedir. Bazı tekstil tipleri, polimer zincirleri arasındaki çapraz bağlar sayesinde esnek bir yapıya sahip olmaktadır. Deterjan bileşenlerinin etkisiyle bu bağların kopması, tekstilin esneklik özelliğini yitirmesine sebep olmaktadır. 70 °C ve üzeri sıcaklıklar, sentetik tekstillerin yapısında bulunan bazı polimerlerin camsı geçiş sıcaklığıdır. Yüksek sıcaklıklarda yıkama işlemi, bu tür tekstillerin yapısında kalıcı deformasyona yol açabilmektedir. Tekstil yüzeyindeki boya, apre ve çeşitli son işlem kimyasalları deterjan bileşenleri ile etkileşim gösterebilmektedir. Örneğin,

deterjanın ağartıcı bileşeni yıkama sırasında yıkama ortamına boya kimyasallarının taşınmasına yol açmaktadır.

Yıkama işlemi, tekstilin fiziksel özellikleri üzerinde de olumsuz etkilere sahiptir. İplik uçları, yıkama sırasında tekstilin yüzeyinde belirgin hale gelerek tekstilin görünüşünü etkilemektedir. Kısa ipliklerin kullanıldığı tekstiller, bu durumdan daha çok etkilenmektedir. Tekstilin fiziksel görünümünü, iplik yüzey yapısı, dokuma yapısı ve iplik uçları etkilemektedir. Tekstil yüzeyine yerleşen kir partikülleri de ışığın yansıma açısını değiştirdiği için tekstilin görünümünü etkilemektedir. Gelişmiş çamaşır deterjanları tekstil görünümünü iyileştiren bileşenlere sahiptir. Tekstilin porozitesi yıkama sırasında filtre etkisi göstermektedir. Bu durum yıkama sırasında kir partiküllerinin uzaklaştırılması olayını olumsuz yönde etkileyebilmektedir. İplikler arasında yer alan küçük ama çok sayıdaki boşluklar yıkama sırasındaki mekanik hareket ve suyun etkisiyle ipliklerin kolay hareket etmesine olanak sağlamaktadır. Bu durum, yıkama işlemi sonunda tekstillerde şekil değişikliklerine yol açabilmektedir (Laurent ve diğ, 2007).

2.4 Yıkama Ekipmanı

Çamaşır yıkama işleminin en önemli unsurlarından birisi de çamaşır makineleridir. Çamaşır makinesi basit olarak, tahrik grubu, gövde ve kontrol sisteminden meydana gelir. Tahrik grubu, tambur ismi verilen dönen bir parçadan ve tamburun dışında suyu muhafaza eden bir kazandan oluşur. Kontrol sistemi elemanları, çamaşır makinesinin su alma ve boşaltma, tamburun dönme hareketi gibi temel fonksiyonlarının uygun sırayla ve doğru şekilde yapılmasını sağlar. Günümüzde, dünyanın farklı bölgelerinde farklı tiplerde çamaşır makineleri kullanılmaktadır. Çamaşır makineleri üstten yüklemeli ve önden yüklemeli olarak sınıflandırılabilir.

Üstten yüklemeli çamaşır makineleri, dikey dönme eksenli ve çamaşırın makine içerisine üst taraftan eklendiği makinelerdir. Karıştırıcı tip (agitator) ve disk tipi (impeller) olarak farklı tasarımlara sahip olabilirler. Karıştırıcı tip çamaşır makineleri, tamburun orta bölümünde tambur boyunca uzanan kanatlı bir çamaşır karıştırma aparatına sahip makinelerdir. Bu makinelerde, çamaşırlar suyun içerisine tamamen girmiş durumda, karıştırma aparatının ileri ve geri hareketleri sonucu kirlerin çamaşır üzerinden uzaklaştırılmasını amaçlamıştır. Disk tipi makinelerde ise

mekanik hareket tamburun alt kısmında bulunan kanatlı bir disk yapısı yardımıyla çamaşıra iletilmektedir (American Cleaning Institute, t.y.).

Önden yüklemeli çamaşır makineleri, yatay dönme eksenli ve çamaşırın makine içerisine ön taraftan eklendiği makinelerdir. Mekanik hareket, tamburun dönüş hareketi ile sağlanmaktadır. Çok daha az su ve enerji kullanarak yıkama işlemini gerçekleştirmektedirler.

Çamaşır makinesi kullanılarak gerçekleştirilen bir yıkama işlemi sonucunda elde edilmesi gereken çıktılar aşağıdaki gibi özetlenebilir;

- Maksimum düzeyde kir ve lekenin tekstilden uzaklaştırılması
- Tekstile minimum düzeyde hasar verilmesi
- Beyazlık, yumuşaklık, güzel koku gibi temizliğin göstergesi olan unsurların çamaşıra kazandırılması

Yukarıda bahsedilen hedeflere ulaşabilmek için çamaşır makinesi programının su tüketimi, mekanik enerji, ısı enerjisi, yıkama işleminde kullanılması gereken deterjan miktarı, yıkama süresi gibi faktörlerin optimize edilmesi gerekmektedir (Seneviratne, 2006). Yıkama işleminin en önemli unsurlarında biri olan mekanik enerji, tekstile çamaşır makinesi tarafından aktarılır ve çamaşır makinesi tasarımına oldukça bağlı olan bir faktördür. Çamaşır makinesi içerisindeki tekstil hareketinin analiz edildiği bir çalışmada, makine içerisine konulan tekstillerin yıkama işlemi sırasındaki hareketi, tekstil üzerindeki radyoaktif olarak işaretlenen parçacıklar yardımıyla PEPT (Positron Emission Particle Tracing) tekniği kullanılarak izlenmiştir. Bu çalışma uygun mekanik hareket parametrelerinin belirlenmesinde yol gösterici çıktılar sunmuştur (Namara ve diğ, 2012).

2.5 Deterjanın Yapısı ve Yıkama İşlemindeki Rolü

Deterjanlar, 25'ten fazla kimyasal bileşene sahip oldukça karmaşık yapıdaki kimyasal karışımlardır. Her bir bileşenin yıkama işlemi için bir fonksiyonu olmasının yanında, bir arada kullanıldıklarında, bir diğer bileşenin performansını artıran bileşenler de vardır.

Yıkama işlemi sırasında deterjanların temel görevi, kir ve lekelerin tekstilden uzaklaştırılması ve tekstile parlaklık kazandırmaktır. Bunun yanında kir ve tekstilden gelen boya partiküllerini su içerisinde kalmasını yani tekstil yüzeyine dönmesini

engelleme görevini üstlenirler. Geleneksel tip yani konsantre geçişi yapılmadan önceki deterjanlara baktığımızda bu işlemler, yüksek su miktarları ile yapılabilmektedir. Yüksek verimli çamaşır makinelerinin ortaya çıkmasıyla yüksek verimli çamaşır deterjanlarına ihtiyaç duyulmuştur. Araştırmacılar tarafından geliştirilen köpürme eğilimi az ve hızlı difüze olabilen yeni formülasyonlar ile konsantre tip yüksek verimli deterjanlar ortaya çıkmıştır (American Cleaning Institute, t.y.). Deterjan formülasyonlarında bulunan yüzey aktif madde ve ağartıcı miktarı artırılarak ve sodyum sülfat gibi dolgu malzemesinin miktarı azaltılarak oluşturulan yeni formülasyonlar, daha az su miktarlarında bile kir ve boya partiküllerinin su içinde askıda kalmasını sağlamış, tekstil üzerine dönmesini engellemiştir (American Cleaning Institute, t.y.). Bu deterjanlar piyasada toz, sıvı, granül, tablet gibi farklı yapılarda bulunabilmektedir. Piyasada ağırlıklı olarak toz halde bulunan bu deterjanların içerikleri üretilecek ürünün pazarlama konseptine, üreticinin proses özelliklerine, yerel standartlara ve elde edilmek istenen kalite seviyesine göre çok farklılıklar gösterebilmektedir (Hauthal, 2005).

Deterjanlar, yüzey aktif maddeler, performans artırıcı bileşenler (builder), ağartıcı ajanlar ve katkı maddeleri olarak dört başlık altında incelenebilir (Smulders, 2002).

2.5.1 Yüzey aktif maddeler

Yüzey aktif maddeler deterjanların en önemli bileşenidir ve temizleme işlemi için kullanılan her türlü deterjanda yer almaktadır. Genel olarak yapılarında, uzun bir alkil zincirinden oluşan hidrofobik bir kısım ve bu kısmın ucunda yer alan hidrofilik veya çözünürlüğü artırıcı bir fonksiyonel gruptan meydana gelirler. Hidrofilik kısmın elektriksel yükü dikkate alınarak dört sınıfa ayrılmışlardır. Bu sınıflar; anyonik, noniyonik, katyonik ve amfoterik yüzey aktif maddeler olarak isimlendirilir.

Çok farklı yapılarda yüzey aktif maddeler olmasına rağmen, ekonomik ve çevresel etkileri değerlendirilerek belirlenen ve deterjanlarda kullanılan yüzey aktif maddelerin sayısı sınırlıdır. Temizleme ürünlerinde en çok kullanılan yüzey aktif maddeler, anyonik yüzey aktif maddelerdir. Noniyonik yüzey aktif maddelerin kullanımı ise son yıllarda giderek önem kazanmaktadır. Daha çok yumuşatıcılarda kullanılan katyonik yüzey aktif maddelerin, anyonik yüzey aktif maddeler ile uyumsuzluğu ve zayıf temizleme yeteneklerinden dolayı kullanımı sınırlandırılmıştır.

Amfoterik yüzey aktif maddelerin kullanım oranı oldukça düşük seviyelerdedir. Dünya çapında benzer özellikteki deterjanlar incelendiğinde, karışımlarda çok farklı yapılarda yüzey aktif maddelerin kullanıldığı görülmüştür. Bunun sebepleri, kullanıcıların bölgesel olarak farklı kullanım alışkanlıklarına sahip olması, tekstil tiplerinin farklılık göstermesi ve farklı teknolojilere sahip çamaşır makineleri olarak gösterilebilir. Yıkama ve tekstil teknolojilerindeki gelişmelerle birlikte optimum temizleme performansının elde edilmesi için deterjanlarda yüzey aktif madde karışımları kullanılmaya başlanmıştır. Çevresel ve ekonomik etkenler de birden fazla yüzey aktif madde kullanılmasının sebeplerindendir. Deterjanlarda kullanılan yüzey aktif maddelerin sahip olması gereken özellikler aşağıda sıralanmıştır;

- Spesifik adsorpsiyon
- Yüksek temizleme gücü
- Su sertliğine daha az duyarlılık göstermeli
- Dağıntı oluşturabilme (dispersiyon) özelliği iyi olmalı
- Kirin tekrar tekstil yüzeyine dönmesini engellemeli
- Çözünürlüğü yüksek olmalı
- Islatma gücü yüksek olmalı
- Köpürme eğilimi uygun olmalı
- Renk ve kokusu kullanılacak ürüne uygun olmalı
- Raf ömrü uzun olmalı
- İnsan sağlığına ve çevreye zararsız olmalı
- Ucuz olmalıdır.

Deterjanların büyük çoğunluğu, yüksek miktarlarda anyonik yüzey aktif madde içerir. En çok kullanılan anyonik yüzey aktif maddeler aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Sabun
- Alkil benzen sülfonat
- İkincil alkan sülfonatlar
- α -olefin sülfonatlar
- α -sülfo yağ asidi esterleri
- Alkil sülfatlar
- Alkil eter sülfatlar

Deterjanlarda kullanılan noniyonik yüzey aktif maddeler aşağıda sıralanmıştır:

- Alkol etoksilatlar
- Alkil fenol etoksilatlar
- Yağ asidi alkanoamidleri
- Alkil amin oksitler
- N- metil glukamidler
- Alkil poliglikozidler

Deterjan ve yumuşatıcılarda kullanılan katyonik yüzey aktif maddeler aşağıda sıralanmıştır:

- Dialkil dimetil amonyum kloritler
- İmidazolinyum tuzları
- Alkil dimetil amonyum kloritler
- Esterquatlar

Amfoterik yüzey aktif maddeler, sulu çözeltide bile hem anyonik hem katyonik fonksiyonel grupları üzerinde bulunduran yapılardır. Maliyeti nedeniyle çamaşır deterjanlarında kullanımı azdır. Amfoterik yüzey aktif maddeler (Smulders, 2002):

- Alkil betainler
- Alkil sülfobetainlerdir.

2.5.2 Performans arttırıcı bileşenler

Bu grupta yer alan kimyasallar deterjanın etkinliği arttırıcı bileşenlerdir. Bu bileşenlerin en önemli görevlerinden bir tanesi, su içerisinde bulunan kalıcı sertlik veren kimyasalların (kalsiyum ve magnezyumun) ortamdaki uzaklaştırılmasını sağlamaktır. Performans arttırıcı deterjan bileşenlerin temel özellikleri aşağıda belirtilmiştir (Jakobi, 1975).

- Su, tekstil ve leke kaynaklı toprak alkali iyonlarını ortamdaki uzaklaştırmalıdır.
- Kirin su içerisindeki dispersiyon özelliğini arttırarak, tekrar tekstil yüzeyine dönmesini engellemelidir.

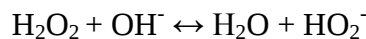
- Tekstil ve makine yüzeylerinde kireç oluşumu ve birikimini engellemelidir.
- Renk ve koku olarak kullanıldığı ürüne uygun olmalıdır.
- Diğer deterjan bileşenleri ile etkileşim göstermemeli ve raf ömrü uzun olmalıdır.
- Çevreye ve insan sağlığına zararsız olmalıdır.
- Ucuz olmalıdır.

Deterjan performansını arttıran bu bileşenler alkali kimyasallar, kompleksleştiriciler ve iyon değiştiricilerdir (Smulders, 2002).

2.5.3 Ağartıcılar

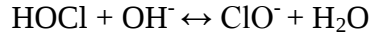
Ağartma, en geniş anlamda bir nesnenin rengini daha açık tonlara değişmesi olarak tanımlanabilir. Bu durum görünür ışığın yansıma oranı artırılarak gerçekleştirilir. Çamaşır ağartma işlemi düşünüldüğünde, tekstil yüzeyindeki boya ve kir partiküllerinin mekanik ve kimyasal olarak kaldırılması işlemidir. Mekanik ve kimyasal ağartma mekanizmaları, kir partiküllerinin yapısı ve rengine göre farklı etkiler göstermektedir. Mekanik ağartma, partikül ve yağ bazlı lekeler üzerinde etkili iken, kimyasal ağartma temizlenmesi zor, renkli lekelerin kromofor yapılarının kimyasal olarak parçalanmasıyla gerçekleştirilir. Çamaşır deterjanlarında büyük oranda oksijen bazlı ağartıcılar kullanılmaktadır. Ağartıcı kimyasalın yapısı, ortamdaki aktif oksijen miktarı, yıkama işleminin süresi, yıkama sıcaklığı, ağartılacak lekenin cinsi, tekstilin yapısı ağartma işlemini etkileyen faktörler arasındadır.

Avrupa’da en çok kullanılan ağartıcılar peroksitlerdir. Alkali ortamda hidrojen peroksit, aktif ara ürün olan hidrojen peroksit anyonu oluşturmaktadır.



Sodyum perborat ve sodyum perkarbonat en çok kullanılan peroksit kaynaklarıdır. Perkarbonat kullanımı, bor kullanımının çevresel etkilerinden dolayı bazı bölgelerden yasaklanması nedeniyle önem kazanmaktadır.

Hipoklorit, bazı bölgelerde ağartıcı olarak kullanılan bir diğer kimyasaldır. Perboratın etkili olmadığı düşük sıcaklık koşullarında dahi etkilidir. Alkali ortam oluşan hipoklorit iyonu ağartma etkisini sağlamaktadır.



Sodyum perborat ile sodyum hipoklorit karşılaştırıldığında, perboratın en önemli avantajı toz olarak deterjana katılabilmesidir. Dozaj miktarı, deterjan miktarına bağlı olduğu için, yanlış kullanım sonucu tekstilin zarar görmesi engellenmektedir. Sodyum hipoklorit sıvı olduğu için deterjanda ayrı olarak yıkama ortamına eklenmelidir. Yıkama ortamındaki hipoklorit miktarı kullanıcı tarafından belirlendiği için kullanım önerilerine dikkat edilmelidir. Yanlış kullanım sonucu tekstillerde mekanik hasar ve renk kaybı oluşma ihtimali çok yüksektir. Sodyum perborat daha uzun raf ömrüne sahip olmasına karşın, düşük sıcaklıklarda sodyum hipoklorit kadar etkili değildir (Smulders, 2002).

2.5.3.1 Ağartıcı aktivatörleri

Sodyum perborat ve sodyum perkarbonat kimyasal maddelerinin ağartıcı olarak kullanıldığı durumlarda 60 °C ve altındaki sıcaklıklarda ağartma işlemini etkili şekilde gerçekleştirebilmesi için ağartıcı aktivatörleri olarak adlandırılan yardımcı kimyasallar kullanılmaktadır. pH değeri 9-12 aralığında olan bir yıkama çözeltisinde, aktivatörler hidrojen peroksit ile reaksiyona girerek düşük sıcaklıklarda hidrojen peroksit göre daha fazla ağartma özelliğine sahip ara ürünler olan organik peroksi asitleri oluştururlar. Konsantrasyonları düşük olduğu için tekstil üzerindeki boya moleküllerine karşı hipoklorit iyonuna göre daha az etkilidir. Ağartıcı aktivatörleri konusunda birçok araştırma yapılmasına karşın en çok kullanılan iki ağartıcı aktivatörü vardır. Bunlar, tetraasetiletilendiamin (TAED) ve sodyum p-nonanol- oksibenzensülfonat (NOBS) kimyasallarıdır. Avrupa’da ağartıcı aktivatörü olarak TAED tercih edilirken, Amerika ve Asya’da NOBS tercih edilmektedir (Smulders, 2002).

2.5.4 Deterjan katkı maddeleri

Yüzey aktif maddeler, performans artırıcılar ve ağartıcılar deterjanın büyük bir bölümünü oluşturmaktadır. Bunların dışında yer alan katkı maddeleri ise spesifik görevlere sahip özel bileşenlerdir. Aşağıda deterjan katkı maddeleri ve görevlerinden kısaca bahsedilmektedir.

Enzimler, son yıllarda deterjan bileşimlerinde yer alan organik yapılardır. Protein, yağ ve nişasta kaynaklı lekeleri parçalayarak daha küçük moleküllü hale getirirler ve

temizlenmelerini kolaylaştırır. Deterjanlarda kullanılan bir diğerk enzim olan selüla, pamuklu tekstillerin yüzeyinde çok sayıda yıkama işleminin sonucu oluşan ipliklerin uzaklaştırılmasını sağlamaktadır. Çamaşır deterjanlarında kullanılan enzimlerin özellikleri aşağıda belirtilmiştir.

- Alkali ortamda optimum aktiviteye sahip olmalıdır.
- Düşük sıcaklıklarda etkili olmalıdır ve 60 °C sıcaklığa kadar etkisini koruyabilmelidir.
- Saklama ve kullanım koşullarında diğerk deterjan bileşenleri ile etkileşimde bulunmamalıdır.
- Lekenin yapısına hassas olmamalıdır. Örneğin, proteaz enzimi farklı yapılardaki protein moleküllerine karşı etki gösterebilmelidir.

Amilaz ve selüla, deterjanlarda sıklıkla kullanılan enzimler olduğu bilinmektedir.

Gıda ürünlerinin içeriğinde, “gum” olarak isimlendirilen, stabilizatör olarak kullanılan ve yapışkan özelliği bulunan maddeler yer almaktadır. Bu maddeler, galaktomannan, guar gum ve tara gum gibi mannan yapıları içerir. Deterjan içerisine katılan mananaz enzimi, bu yapışkan yapıların tekstil üzerinden uzaklaştırılmasını sağlamaktadır. Ayrıca mananaz, selüloz bazlı tekstillerin beyazlatılmasına yardımcı olmaktadır (Soni & Kango, 2013).

Yapılan araştırmada, Savinase ticari ismiyle bilinen proteaz enziminin 50 °C ve pH 9 değerlerinde maksimum performansı sağladığı belirlenmiştir.

Tekstil yüzeyinde kirin birikmesini engelleyen bileşenler, tekstil yüzeyinde yüzey aktif maddeler yardımıyla yıkama çözeltisine taşınmış olan kirlerin tekrar tekstil yüzeyine dönmesini engelleyen katkı maddeleridir. Deterjan bileşimindeki yüzey aktif madde ve performans artırıcı kimyasalların uygun olmaması veya çok az miktarda deterjan kullanıldığı durumlarda karşılaşılmaktadır. Bu olayın engellenmesi için optimum deterjan bileşiminin belirlenmesinin yanında karboksimetilselüloz gibi kimyasallar deterjana katılmaktadır.

Köpük ayarlayıcı katkı maddeleri, deterjanların köpürme eğilimini düzenleyen maddelerdir. Köpük, bir çok kullanıcı tarafından yüksek yıkama performansının ve kaliteli deterjanın bir göstergesi olarak kabul edilmektedir. Ancak, yıkama ortamındaki aşırı köpük oluşumu sanılanın aksine olumsuz sonuçlar doğurabilmektedir. Aşırı köpürme sonucu çamaşır makinelerinde meydana gelen

köpük taşma olayı sonucu deterjan aktif bileşenleri kaybedilmektedir. Bununla birlikte aşırı köpük, çamaşırlara uygulanan mekanik hareket etkinliğini düşürerek yıkama performansının düşmesine, çamaşır makinelerinde durulama sıkma ve su tahliyesi sırasında olumsuz sonuçlara neden olabilmektedir. Köpük oluşumunun optimize edilmesiyle hassas tekstillerde tekstil hasarının önüne geçilebilmektedir. Bu nedenlerden dolayı çamaşır deterjanlarının köpük oluşturma eğilimini düzenlemek için yağ asidi amidleri, betainler, sülfobetainler ve aminoksitler gibi bazı katkı kimyasalları kullanılmaktadır.

Korozyon önleyici katkı maddeleri, çamaşır makinelerinin korozyona karşı direnci olmayan metal bölgeleri korumak amacıyla kullanılmaktadır. Deterjan bileşimine katılan sodyum silikat, metal yüzeyler üzerinde inert ve ince bir tabaka oluşturarak alkali ortama karşı koruma sağlamaktadır.

Optik ağartıcılar, pamuklu beyaz çamaşırlara parlaklık ve beyazlık kazandıran deterjan katkılarıdır. Pamuklu beyaz çamaşırlar, uygun koşullarda yıkanmasına rağmen, yıkama sayısı arttıkça sarımtırak bir renk almaktadır. Deterjan bileşimine katılan büyük moleküllü organik bileşikler, spektrumda UV bölgede yer alan ışığın dalga boyunu değiştirerek görünür bölgede yansıma yapmasını sağlamaktadır. Böylece çamaşırlara daha beyaz ve daha parlak bir görünüm kazandırılmaktadır. Yıkama ortamında, optik ağartıcı kimyasal tekstil yüzeyine hidrojen bağlarıyla tutunmaktadır. Renkli çamaşırlar için kullanılması, istenmeyen renk değişmelerine sebep olacağına önerilmemektedir.

Boya transferini önleyen katkı maddeleri, renkli tekstillerden yıkama ortamına geçen boya molekülleri ile kompleks oluşturan kimyasallardır. Poly (N-vinilpirolidon) ve poly (vinilpridin N-oksit) boya transferini engellemek için sıklıkla kullanılan maddelerdir.

Koku verici kimyasallar, deterjan bileşimine katılan bir diğer katkı maddesidir. Bu kimyasallar sayesinde deterjana güzel kokması sağlanmakta, yıkama sırasında çamaşır makinelerinin bulunduğu ortama kötü koku yayılmasını önlemekte ve yıkama sonunda çamaşırların güzel kokması sağlanmaktadır. Deterjan bileşiminde %1 oranının altında kullanılan bu kimyasallar seçilirken, hazırlanan deterjan bileşimi ile yıkanacak olan tekstilin türü, kimyasalın diğer deterjan bileşenleri ile etkileşimi ve deterjanın saklama koşulu sıcaklığı oldukça önemlidir. Bunların yanında seçilen

koku verici kimyasalın insan sağlığı ve çevreye zararlı olmamasına dikkat edilmelidir.

Boya verici kimyasallar, deterjana özgünlük ve farklı görünüm kazandırmak için bazı granüllerin boyanmasında kullanılmaktadır. Genellikle tercih edilen renkler mavi, yeşil ve pembedir. Kullanılan boya kimyasallarının, ışık ve sıcaklığa karşı dayanıklı olması ve tekstil üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olmaması gerekmektedir.

Dolgu malzemeleri, deterjan bileşiminde kullanılan inorganik tuzlardır. Dolgu malzemesi olarak en çok sodyum sülfat kullanılmaktadır. Dolgu malzemesi deterjana, akışkanlık, yüksek çözünürlük, yüksek nem oranlarında kekleşmenin engellenmesi ve deterjanın bileşenlerinin toz olarak dağılmasının engellenmesi gibi özellikler kazandırmaktadır (Smulders, 2002).

3. LİTERATÜR ÇALIŞMALARI

Woo J.H., Kim J., ve Park C.H. yaptıkları çalışmada yıkama performansını etkileyen mekanik ve kimyasal etki faktörlerini incelemişlerdir. Mekanik ve kimyasal etkinin, etki etme oranı iki farklı leke üzerinden test edilmiştir. Kan ve karbon siyahı lekeleri kullanılarak gerçekleştirilen testlerde, mekanik hareketin leke çıkarmaya etkisini belirlemek için deterjansız yıkama işlemi gerçekleştirilirken; kimyasal etkinin belirlenmesi için mekanik hareket uygulanmadan deterjanlı çözeltileri ile yıkama işlemi gerçekleştirilmiştir. Ayrıca farklı sıcaklık, süre ve deterjan miktarlarında testler yapılarak mekanik hareket ve kimyasal etki parametrelerinin yıkama performansı üzerindeki ortak etkileri incelenmiştir. Yıkama süresi artışı ve daha yüksek sıcaklıklarda yapılan testlerde karbon siyahı lekesi üzerinde mekanik ve kimyasal temizleme etkinliğini arttırdığı görülmüştür. Düşük sıcaklık ve daha uzun sürelerde kan lekesini temizlenme oranı artmıştır. Kan lekesi için, mekanik hareket etkisi, kimyasal etkiye göre temizleme etkinliği üzerinde daha çok etkilidir. Woo J.H. ve arkadaşları farklı lekelerin temizleme mekanizmalarını inceleyerek optimum koşullarda enerji ve su tüketen bir yıkama programı geliştirmeyi amaçlamışlardır (Woo ve diğerleri, 2014).

Gülümser T. tarafından yapılan bir diğer araştırmada çamaşır yıkamak için kullanılan konsantre ve normal toz deterjanların leke çıkarma performansları incelenmiştir. Deterjan üreticileri, deterjanların çevreye verdiği zararın azaltılması, daha verimli nakliye koşullarının sağlanması için konsantre formüller geliştirmişlerdir. Bunun yanında konsantre deterjanlar daha az su ile etkin yıkama performansları sağlayabilmektedir. Üreticiler konsantre deterjanların daha az kullanılmasını önermelerine rağmen kullanıcılar daha iyi yıkama performansı elde etmek için daha fazla deterjan kullanmaya meyillidir. Bu nedenle konsantre ve normal çamaşır deterjanları üreticiler tarafından önerilen miktarlar kullanılarak yıkama performansı testleri gerçekleştirilmiştir. Üç farklı deterjan üreticisinin konsantre ve normal deterjanları ile yapılan testlerde iki üreticinin konsantre ve normal deterjanları 40 °C’de aynı performansı göstermişlerdir. 60 °C’de ise konsantre deterjanların daha iyi

yıkama performansı sağladığı gözlemlenmiştir. Üçüncü firmanın deterjanı ise 40 °C testlerinde normal deterjan daha iyi sonuçlar vermiş, 60 °C’de konsantre ve normal deterjan için benzer sonuçlar elde edilmiştir. Bu sonuç üçüncü firma deterjanının pazarda daha düşük kaliteli ve ucuz deterjan kategorisinde konumlandırılmasından kaynaklanabileceği şeklinde yorumlanmıştır. Sonuç olarak, kullanıcıların deterjan kullanım miktarları konusundaki alışkanlıklarını değiştirmesi gerektiği ve deterjan paketleri üzerindeki kullanım önerilerine dikkat edilmesi gerektiği vurgulanmıştır (Gülümser, 2010).

Yun C. ve Park H.P. yapmış oldukları çalışmada önden yüklemeli çamaşır makinelerinde yıkama performansını etkileyen parametrelerden biri olan mekanik hareketi incelemişlerdir. Mekanik hareketi etkileyen faktörlerden biri de makine içerisindeki tekstilin hareket şeklidir. Bu çalışma kapsamında farklı büyüklükteki tekstiller, farklı bileşimlerde hazırlanmış ve farklı mekanik hareketler uygulanarak tekstilin makine içerisindeki hareketi gözlemlenmiş, bu koşullardaki yıkama performansı değerleri ölçülmüştür. Yıkama performansı değerlendirmesi EMPA firması tarafında üretilen ve mekanik hareket etkisini ölçmeye elverişli bir leke tipi olan 106 kod numaralı karbon siyahı/mineral yağ karışımı lekedir. Çamaşırın makinesi içerisindeki çamaşır hareketi; kayma, düşme ve dönme hareketi olarak üç kategoriye ayrılmıştır. Çamaşır makinesinin tambur dönüş hızı arttırıldıkça sırayla kayma, düşme ve dönme hareketi gerçekleştiği gözlemlenmiştir. Farklı tambur dönüş hızı koşullarında yapılan yıkama performansı sonuçları incelendiğinde, kayma ve dönme hareketlerinin birleşimi olan düşme hareketinin gerçekleştiği tambur dönüş hızında yıkama performansının en yüksek değere ulaştığı belirlenmiştir (Yun ve Park, 2015).

Simoncic B. ve Hladnik A. yüzey aktif maddelerin yıkama performansı üzerine etkisini incelemişlerdir. Çay, kahve, kırmızı şarap ve karbon siyahı lekeleri; pamuklu, yüklü ve ipekli kumaşlar üzerine uygulanarak Launder-Ometer cihazında 40 ve 60 °C’de 30 dk yıkanmıştır. Yıkama işlemi, 2 g/L konsantrasyonda hazırlanan anyonik ve noniyonik iki farklı yüzey aktif madde çözeltisi ile gerçekleştirilmiştir. Yıkama performansı spektrofotometre cihazında renk ölçümü yapılarak değerlendirilmiştir. Yapılan istatistiksel analize göre, yüzey aktif madde temizleme etkinliğinin tekstil ve kir tipine bağlı olduğu belirlenmiştir. Pamuklu kumaş ile yapılan testlerde anyonik yüzey aktif madde, yünlü ve ipek kumaş ile yapılan

testlerde noniyonik yüzey aktif maddenin daha iyi sonuç verdiği gözlemlenmiştir. Çay, kahve ve kırmızı şarap lekeleri ile yapılan testlerde her iki yüzey aktif madde de benzer sonuçlar verirken, karbon siyahı lekesinde noniyonik yüzey aktif maddenin daha iyi sonuç verdiği belirlenmiştir. Yıkama sıcaklığının 40 °C'den 60 °C'ye çıkarılması yıkama performansı açısından her iki yüzey aktif madde içinde belirgin bir fark getirmemiştir (Simoncic ve Hladnik, 2009).

Soljacic I. ve arkadaşları yaptıkları çalışmada ağartıcı etkisi olan kimyasalları araştırmışlardır. Bu çalışma kapsamında, EMPA firmasında temin edilen farklı lekelerde 60 ve 80 °C sıcaklıklarda hazırlanan yıkama banyolarında yıkamalar yapılmıştır. Yıkama banyolarında bazı koşullarda noniyonik yüzey aktif madde ve pH ayarlayıcı olarak sodyum hidroksit kullanılmıştır. Öncelikle, 5 kg çamaşır kullanılarak ön yıkama işlemi yapılmıştır. Ön yıkama işleminde enzim ve hipoklorit içeren su kullanılmıştır. Çözelti pH'ı ise 9-10 olacak şekilde ayarlanmıştır. Ön yıkama işleminden sonra yapılan ana yıkama işlemi sırasında, hidrojen peroksit ve perasetik asit ağartıcılarını içeren çözeltiler kullanılmıştır. Test sonuçları değerlendirildiğinde peroksitin ağartıcı etkisinin, perasetik asite göre daha iyi olduğu görülmüştür. Kakao, süt/kan/mürekkep ve yumurta sarısı lekeleri, düşük sıcaklıkta enzimlerin etkisiyle ön yıkama işlemi sırasında temizlendikleri ve noniyonik yüzey aktif maddenin etkinliğinin enzim ile arttığı görülmüştür. 80 °C'de 25 yıkama sonrası sodyum hipoklorit ile yapılan ön yıkama işleminin tekstile hasar verdiği tespit edilmiştir. 60 °C'de yapılan yıkamalarda ise tekstil hasarı belirgin olarak ortaya çıkmadığı gözlemlenmiştir. Karbon siyahı lekesinin yüksek sıcaklıklarda hipoklorit varlığında temizlendiği belirlenmiştir (Soljacic ve diğ, 2007).

Pakula C. ve Stamminger R. tarafından yapılan çalışmada A.I.S.E. (International Association for Soaps, Detergents and Maintenance Products) tarafından yapılan kullanıcı alışkanlıkları ile ilgili anket referans alınarak, otomatik çamaşır makinelerinde enerji ve su tasarrufu potansiyeli irdelenmiştir. Çamaşır makinelerindeki teknolojik gelişmeler kullanıcılara su ve enerji tasarrufu sağlayan bir unsur olmasına rağmen kullanıcı alışkanlıklarındaki değişimlerinde enerji ve su tasarrufu sağlayabileceği belirtilmiştir. Bu çalışmada, 23 Avrupa ülkesinde 5000'den fazla kullanıcı ile yapılan kullanıcı alışkanlıkları anketi verileri dikkate alınarak, kullanıcı alışkanlıklarındaki değişikliklerin sağlayacağı su ve enerji tasarrufu potansiyeli hesaplanmıştır. Anket verileri incelenerek, farklı bölgelerde yıkama

sıcaklığı ve bir seferde yıkanan çamaşır miktarları belirlenmiştir. Bir yıkama çevrimi sırasında enerji tüketiminin en önemli sebebi ısıtma işlemidir. Bu bilgi dikkate alınarak daha düşük sıcaklıklarda yıkama işlemi ile enerji tasarrufu ve bir çevrimde %30 daha fazla miktarda çamaşır yıkanması sağlanarak su tasarrufu yapılabileceği belirtilmiştir. Enerji ve su tasarrufu potansiyelini belirlemek için farklı sıcaklık ve çamaşır miktarı koşullarında senaryolar üzerinden farklı bölgelerde 12,5 TWh'e kadar enerji tasarrufu potansiyeli ve 870 milyon m³'ten fazla su tasarrufu potansiyeli olduğu hesaplanmıştır. Bu sonuçların mevcut kullanıcı alışkanlıklarına göre, %30 oranına kadar su tasarrufu, %50 oranına kadar enerji tasarrufu sağlanabileceği anlamına geldiği belirlenmiştir (Pakula ve Stammering, 2014).

Kruschwitz A. ve arkadaşları Almanya'daki çamaşır makinesi kullanım alışkanlıkları ile ilgili yapmış oldukları çalışmada 28 gün boyunca 236 katılımcının gerçekleştirmiş olduğu 2867 yıkama işlemini kayıt altına almışlardır. Çalışmanın amacı, tüketicilerinin kullanım alışkanlıklarının belirlenerek bu alandaki doğal kaynakların korunması ve sürdürülebilirlik kapsamındaki potansiyelin belirlenmesidir. Çalışmanın sonuçlarına göre, kullanıcılar tarafında en çok tercih edilen programın pamuklu programı olduğu ve ortalama olarak 3,4 kg çamaşır ile programı başlattıkları belirlenmiştir. Araştırmaya katılan kullanıcıların %94,5'inin maksimum kapasitesi 5kg olan çamaşır makineleri kullanıldığı düşünülürse, kullanıcılar çamaşır makinelerine maksimum kapasitenin %68'i kadar çamaşır koyarak yıkama işlemini gerçekleştirdikleri tespit edilmiştir. Sentetik programı için belirlenen kapasite olan 2,8kg, bu programın maksimum kapasitesinin %99'una denk gelmektedir. Ayrıca çalışmada en çok kullanılan yıkama sıcaklığının 40 °C olduğu belirlenmiştir. Sonuçlar değerlendirildiğinde, her bir yıkama için çamaşır makinesinin kapasitesine uygun miktarda çamaşır yıkanarak ve yıkama sıcaklığının düşürülerek su ve enerji tasarrufu yapılabileceği belirtilmiştir. Ayrıca, çamaşır tipi ve miktarı, kir seviyesi, su sertliği gibi parametreler dikkate alınarak kullanılması gereken deterjan miktarına karar verilmesi gerektiği, böylece çevreye olan olumsuz etkilerin azaltılabileceği düşünülmektedir (Kruschwitz ve diğ., 2014).

Ganguli K. L. ve Eendenburg J. v. tarafından yapılan çalışmada, tekstil üzerinden ayrılan kirlerin, tekstilden uzaklaştırılması olayı incelemiştir. Tekstil, homojen olmayan, poröz bir yapı olarak değerlendirilmiştir. Geniş porların bulunduğu alanlarda akış sağlandığı için konveksiyon yoluyla kirler taşınmaktadır. Küçük

porların olduğu kısımlarda ise akış olmadığı için difüzyon yoluyla kirler taşınmaktadır. Bu durumu modellemek için, KCl çözeltisinin laboratuvar ortamında tekstilden ne kadar uzaklaştırıldığı araştırılmıştır. Tergotometre olarak adlandırılan laboratuvar ölçeğindeki bir çamaşır yıkama makinesinde yapılan testlerde, pamuklu çarşaf, pamuklu mutfak havlusu ve polyester (sentetik) çarşaf kumaşları kullanılmıştır. Kumaşlar KCl çözeltisine batırıldıktan sonra, distile su bulunan tergotometrede cihazında yıkanmıştır. İşlem sırasında ortam iletkenliği ölçülerek zamana bağlı difüzyon grafiğı elde edilmiştir. Deney sonuçlarına göre, Reynold sayısı arttıkça suya geçen KCl miktarının arttığı, difüzyon mesafesini azaldığı belirlenmiştir. Porozitesi pamuklu çarşaftan daha az olan mutfak havlusunda difüzyon oranı artarken suya geçen KCl miktarı düşmüştür. En az poroziteye sahip sentetik kumaşta ise difüzyon mesafesi belirlenmiştir. Bu sonuçlar, difüzyon mesafesi üzerinde tekstilin porozitesinin yanında su emme karakteristiğinin de etkili olduğunu göstermiştir (Ganguli ve Eendenburg, 1980).

Muir A.C. ve arkadaşlarının yapmış oldukları çalışmada, kontrollü ortamda domuz yağının temizlenme mekanizması incelenmiştir. Bu doğrultuda, su ve noniyonik yüzey aktif madde içeren çözeltiler kullanılmıştır. 10 °C, 25 °C ve 40 °C’de paralel ve çapraz akış koşullarında görsel ve ağırlık ölçümü ile temizlenme oranı incelenmiştir. Sonuçlara göre, testin gerçekleştirildiğı sıcaklık koşullarında, en iyi temizlenme oranı (%40-60), 40 °C’de elde edilmiştir. Akış rejimi ve yüzey aktif madde konsantrasyonunun, temizleme oranı üzerindeki etkili düşüktür. Sonuç olarak, düşük sıcaklık koşullarında lekenin etkili bir şekilde tekstilden uzaklaştırılabilmesi için, kimyasal, fiziksel ve hidrolik faktörlerin bir arada bulunması gerektiğı belirlenmiştir (Muir ve diğ, 2013).

4. DENEYSEL ÇALIŞMA

Temizlik, insanların en temel gereksinimlerinden biridir. Çamaşır yıkama ise, temizliğin önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. Gelişen ve değişken dünyada insanların yaşayış tarzları gün geçtikçe değişmekte ve zaman yönetimi insan hayatının merkezinde yer almaktadır. Bunların yanında insan nüfusunun ve sanayileşme oranının hızla artması doğal kaynak kullanımını da hızla arttırmaktadır. Bu gelişmeler doğrultusunda, çamaşır temizliği konusunda çamaşır makinelerinin kullanımı modern yaşamın vazgeçilmez bir parçası haline gelmiştir. Çevre dostu çamaşır makineleri, daha az su ve enerji tüketerek çamaşır yıkama imkanı sunmaktadır.

Çamaşır yıkama işleminin bir diğer vazgeçilmez unsuru deterjandır. Deterjan bir çok bileşenden meydana gelen bir karışımdır. Deterjan karışımında bulunan her bileşenin temizleme işlemi için ayrı bir fonksiyonu vardır ve her bir bileşen farklı ortam koşullarında etkinlik göstermektedir.

Sürdürülebilir teknolojilerin geliştirilebilmesi için çamaşır makinesi ve deterjan üreticileri çalışmalarını sürdürmektedir. Optimum yıkama koşullarının belirlenebilmesi için çamaşır makinesi ve deterjanın uyumlu çalışması kuşkusuz çok önemli bir gerekliliktir.

Bu kapsamda yapılacak olan çalışma ile farklı temizlenme mekanizmalarına sahip lekeler üzerinde etkili olan farklı deterjan bileşenlerinin optimum çalışma koşulları belirlenmeye çalışılacaktır. Bu doğrultuda minimum enerji harcayarak optimum yıkama performansı sağlayacak bir çamaşır makinesi programı geliştirilmesi hedeflenmektedir.

4.1 Test Malzemeleri ve Ekipmanlar

4.1.1 Yıkama işleminde kullanılacak çamaşırlar

Yıkama performansı testleri yaparken kullanılacak olan çamaşırlar, EN60456:2011 standardında yer alan, çamaşır makineleri enerji etiketlemesi için yapılan testlerde

kullanılan amaşırlardır. Standarda göre, testlerde farklı sayılarda arşıf, yastık kılıfı ve havlu kullanılmaktadır (BS EN 60456:2011, 2011). Testlerde kullanılan çamaşırlar, yük olarak adlandırılacaktır.

Üretici firmadan yeni gelen yükün testlerde kullanılabilmesi için öncelikle yüklerin ön işlem görmesi gerekmektedir. İlk olarak yük kapasitesine göre tartım yapılır ve yükler makineye yerleştirilir. n işlemin yapılacağı makine, Wascator olarak adlandırılan Elektrolux firması tarafında standart olarak üretilen bir referans makinedir. Bu makinenin zellikleri EN60456:2011 standardında anlatılmaktadır. Bu standarda uygun çamaşır makinesi hazırlayacak tüm beyaz eşya üreticileri bu makineyi kullanmak zorundadır. Bu makinede ön işlem gören yükler, sıfır yaşına gelmiş olur. Her bir deterjanlı yıkama işlemi, yükü 1 yaş yaşlandırır ve yk yaşı yıkama performansını etkileyen bir parametredir. Yük yaşı, yükün içerisindeki farklı yaş ve sayılardaki arşıf, yastık kılıfı ve havluların yaş ortalaması alınarak hesaplanır. Standart, yıkama performansı testleri için kullanılacak olan deterjanı da tariflemektedir (BS EN 60456:2011, 2011). İçeriği standartta yayınlanmış olan ve IEC-A* olarak adlandırılan deterjan Avrupa'daki enstitülerde kontrollü olarak üretilmektedir.

Sıfır yaşında yk hazırlamak için;

- Wascator isimli referans makinede, Pamuklu 60 C programında, 15 g/kg yük oranında IEC-A* deterjanı kullanılarak, 5 çevrim yıkama yapılır. Yıkamalar arasında kurutma işlemi yapılmaz.
- 5. Yıkama sonrasında 1 çevrim deterjansız yıkama yani normalizasyon işlemi uygulanır.
- Eğer yeni hazırlanacak yk sıfır yaşında olmayacaksa ön işlem aşamasındaki yıkama işlemi devam ettirilir.

Çizelge 4.1 : Yük yaşlandırma takip  izelgesi.

1	1	11	21	31	41	51
2	2	12	22	32	42	52
3	3	13	23	33	43	53
4	4	14	24	34	44	54
5	5	15	25	35	45	55
6	6	16	26	36	46	56
�n yıkama işlemi	7	17	27	37	47	57
	8	18	28	38	48	58
	9	19	29	39	49	59
	10	20	30	40	50	60

Yük yaşlandırma testleri sırasında  izelge 4.1 takip edilmektedir. İlk 6 yıkama (5 deterjanlı ön işlem + 1 deterjansız normalizasyon işlemi) ardından y k, şartlandırılmış ortamda bekletilmektedir.

şartlandırma, normalizasyon ve kurutma işlemleri sonrasında dolgu yükünün standartta belirtilen ağırlık aralığına getirilmesi işlemidir. Çamaşırlar, ortama birbirinden ayrıık olacak şekilde ve serbest hava sirkülasyonuna maruz kalacak şekilde asılarak, $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$ ve $65 \pm 5\%$ bağıl nem ortam koşullarında şartlandırılmalıdır. şartlandırma işlemi, 15 saatten az olmamalı veya 2 saat aralıklarla yapılan iki ölüm arasındaki tartım farkı %0,5'ten az olana kadar devam ettirilmelidir. şartlandırılan y k ağırlığı başlangıçtaki y k ağırlığı ile karşılaştırılarak, $\pm 60\text{g}$ aralığında olup olmadığı kontrol edilir.

Testlerde kullanılacak yükün ortalama yük yaşı 30 – 50 yaş arasında olmalıdır. Çizelge 4.2'deki tablo takip edilerek yükün içerisindeki her bir parçanın yaşı takip edilebilmektedir.

Çizelge 4.2 : Yük yaşı takip tablosu.

5KG-YENİ-ENERJİ- 2.YÜK (B) (1. çevrim) orjinal ağırlığı: - , - kg. ARÇELİK-TEKSTİL LAB.																										
Yük Yaşı Ortalaması				31	32	33	34	35		36	37	38	39	40		41	42	43	44	45		46	47	48	49	50
cins	adet	grup	no	yaş																						
çarşaf	1	A	5603	1	2	3	4	5		6	7	8	9	10		11	12	13	14	15		16	17	18	19	20
yastık kılıfı	3	B	252 253 254	21	22	23	24	25		26	27	28	29	30		31	32	33	34	35		36	37	38	39	40
çarşaf	1	B	5604	41	42	43	44	45		46	47	48	49	50		51	52	53	54	55		56	57	58	59	60
yastık kılıfı	3	A	256 253 251	61	62	63	64	65		66	67	68	69	70		71	72	73	74	75		76	77	78	79	80
havlu	5	B	15597 15589 15596 15594 15595	1	2	3	4	5		6	7	8	9	10		11	12	13	14	15		16	17	18	19	20
havlu	5	A	15586 15598 15581 15591 15593	21	22	23	24	25		26	27	28	29	30		31	32	33	34	35		36	37	38	39	40
havlu	5	A	15590 15599 15592 15587 15588	41	42	43	44	45		46	47	48	49	50		51	52	53	54	55		56	57	58	59	60
havlu	4	B	15582 15594 15583 15585	61	62	63	64	65		66	67	68	69	70		71	72	73	74	75		76	77	78	79	80

Testlere IEC 60456:2011 standardına göre hazırlanmış 5 kg 3 adet 31 yaşındaki yükler ile başlanacaktır (BS EN 60456:2011, 2011). A, B ve C olarak adlandırılan yükler sırayla kullanılacaktır. Testi biten yük durulanıp şartlandırılırken diğer yüklerle testlere devam edilecektir. Her bir yük ile 19 adet test yapılacak ve sonrasında yük yaşı yenilenecektir. Yük yaşı yenilendiğinde, 2. tekrar testler 31 yaşındaki yük ile başlamış olacaktır. Her test öncesinde yükler, durulama programında durulanmalıdır. Test makinesinin körük bölgesinde köpük gözlemlendiği durumda, durulama programı tekrarlanacaktır.

4.1.2 Test makinesi, su ve deterjan özellikleri

Testin yapılacağı makine seçilirken, Türkiye ve Avrupa pazarındaki en çok kullanılan çamaşır makineleri ve kullanıcı alışkanlıkları dikkate alınmıştır. Testlerde kullanılmak üzere, 7 kg çamaşır yıkama kapasitesine sahip bir makine belirlenmiştir. Çamaşırın tüm hacmi doldurduğu durumlarda, ortaya çıkabilecek test sonucu saçınıklığını engellemek ve kullanım alışkanlıkları verileri doğrultusunda testlerin 5 kg çamaşır kullanılarak yapılması uygun bulunmuştur. Makine üzerinde bulunan

sıcaklık sensörü ve makinenin körük bölgesine yerleştirilen ısı çifti (termacouple) ile sıcaklık ölçümü alınmıştır.

Testlerde kullanılacak su EN 60456:2011 standardında belirtilen ve performans testleri yapılırken kullanılan su ile aynı özellikte olacak şekilde hazırlanmaktadır (BS EN 60456:2011, 2011). Su hazırlama yöntemi için IEC 60734 standardı metot B baz alınarak 2,5 mmol/lit sertlikte su hazırlanmıştır. Bu yöntemde göre, Çizelge 4.3'te belirtilen konsantrasyonlarda hazırlanan NaHCO_3 , $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ve $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ çözeltileri saf suya eklenerek test suyu hazırlanmaktadır. 2,5 mmol/lit sertlikte su hazırlamak için 1 litre saf su içine her çözeltiden 4,17 ml katılması gerekmektedir (IEC 60734 Ed.4, 2012).

Çizelge 4.3 : IEC 60734 standardı, Metot B yönteminde kullanılan sertlik ve iletkenlik kimyasalları.

NaHCO_3	67,2 g/l
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	38,0 g/l
$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	65,6 g/l

Bu yöntemde göre hazırlanan su $750 \pm 150 \mu\text{S/cm}$ iletkenliğe sahiptir ve her test öncesi suyun özellikleri kontrol edilmektedir.

Deterjan olarak ise, Türkiye pazarında kullanılan bir toz deterjan seçilmiştir. EN 60456:2011 standardında belirtilen miktar referans alınarak 5 kg çamaşır için 100 gr deterjan kullanılmıştır (BS EN 60456:2011, 2011).

4.1.3 Lekeli kumaşlar

Dünyanın farklı bölgelerinde kullanılan tüm çamaşır makinesi standartlarındaki yıkama performansı ölçüm yöntemi, lekeli kumaşların çamaşırlara tutturularak yıkanması yoluyla gerçekleştirilmektedir. Standartlar referans alınarak, çalışmanın amacı doğrultusunda lekeler belirlenmiş ve temin edilmiştir. Temin edilen lekeler Swisstatest ve CFT (Center for Testmaterial) firmaları tarafından üretilmektedir. Çalışma kapsamında deterjanın yüzey aktif madde, ağartıcı, enzim bileşenlerinin çalışma mekanizmaları incelendiği için bu bileşenlere duyarlı lekeler seçilmiştir (Swisstatest, 2015; Center for Testmaterial, 2015).

Testlerde kullanılacak lekeli kumaşlar Çizelge 4.4'teki listeye göre numaralandırılmıştır.

Çizelge 4.4 : Testlerde kullanılan lekeler.

Leke No	Leke İsmi	Leke Kodu	Duyarlı Olduğu Deterjan Bileşeni
1	Carbon Black/Olive oil	EMPA 104	Yüzey Aktif Madde
2	Blood/Milk/Carbon	EMPA 117	Proteaz Enzimi
3	Starch	EMPA 162	Amilaz Enzimi
4	Chocolate/Puding	EMPA 165	Mananaz Enzimi
5	Red Wine	EMPA 114	Ağartıcı
6	Lip Stick	CFT C-H021	Yüzey Aktif Madde
7	Egg Yolk	CFT KC-S-35	Proteaz Enzimi
8	Rice Starch	CFT C-S-28	Amilaz Enzimi
9	Guargum with carbon black	CFT C-S-43	Mananaz Enzimi
10	Tea	CFT C-BC-03	Ağartıcı

4.1.4 Spektrofotometre

Lekeli kumaşların temizleme oranı, EN 60456 standardı baz alınarak, yansıma değeri ölçümü yardımıyla belirlenmiştir. Ölçümler için kullanılan Dotocolor firmasının spektrofotometre cihazı kullanılarak tristimulus Y değerleri hesaplanmıştır (BS EN 60456:2011, 2011).

Tristimulus değeri, renklerin sayısal olarak tanımlanmasıdır ve X, Y ve Z olarak ifade edilmektedir. Rengi sayısal olarak ifade edebilmek için, renk kavramının ifade edilmesinde kullanılan ışık kaynağı, cisim ve gözlemci unsurları sayısal olarak ifade edilebilmelidir. Işık kaynağı, spektral enerji dağılım değerleri ile; cisim, reflektans değeri ile; gözlemci ise standart gözlemci renk eşleme fonksiyonları ile sayısal ifadeye çevrilir.

Işık kaynakları, kaynağın her bir dalga boyundaki radyatif ışımasının gücü olarak tanımlanan spektral enerji dağılımı (SED) ile karakterize edilirler. SED değeri, lambanın kullanım süresine, boyutuna ve uygulanan voltaj değerine göre farklılık gösterir.

Reflektans değeri, yansıyan ışığın gelen ışığa oranıdır. Genellikle baryum sülfat olan mükemmel yansıtıcı değeri %100 değerine ayarlanarak, yüzde olarak ifade edilir.

Standart gözlemci kavramı, CEI (Commission internationale de l'éclairage) tarafından yapılan çalışmalar sonucunda tanımlanmıştır. Çalışma sonucunda, insan gözünün farklı dalgaboylarındaki ışığa karşı davranışını ifade eden üç adet hassasiyet

eğrisi elde edilmiştir. $\bar{x}_\lambda$, kırmızı hassasiyet eğrisi; $\bar{y}_\lambda$, yeşil hassasiyet eğrisi; $\bar{z}_\lambda$, mavi hassasiyet eğrisi olarak adlandırılır. λ indisi, x, y ve z değerlerinin dalgaboyuna göre değiştiğini ifade etmektedir (Yeşil, 2010).

$$X = k \sum_{\lambda=380}^{780} E_\lambda \bar{x}_\lambda R_\lambda \quad (4.1)$$

$$Y = k \sum_{\lambda=380}^{780} E_\lambda \bar{y}_\lambda R_\lambda \quad (4.2)$$

$$Z = k \sum_{\lambda=380}^{780} E_\lambda \bar{z}_\lambda R_\lambda \quad (4.3)$$

$$k = \frac{100}{\sum E_\lambda \bar{y}_\lambda} \quad (4.4)$$

E_λ : Işık kaynağının SED değerleri

R_λ : Reflektans değeri

$\bar{x}_\lambda, \bar{y}_\lambda, \bar{z}_\lambda$: Standart gözlemci değerleri

k : normalizasyon faktörü

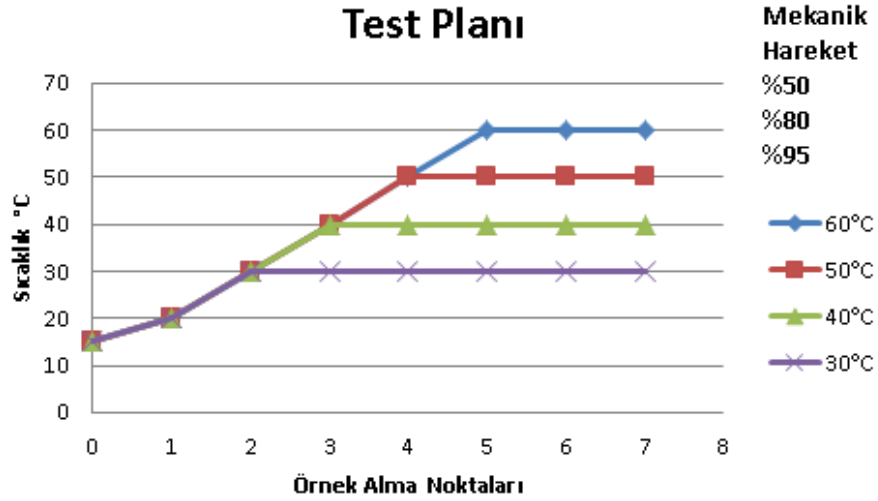
Test öncesi ve sonrasında leke şeridi ölçümünde kullanılacak spektrofotometre cihazı Çizelge 4.5'te belirtilen teknik özelliklere sahip olmalıdır (BS EN 60456:2011, 2011).

Çizelge 4.5 : Spektrometre özellikleri.

Özellik	Açıklama
Ölçüm Cihazı	400 nm ve 700 nm arasında 20 nm aralıklarla minimum 16 dalga boyunda reflektans datası sağlayabilen bir spektrofotometre
Parametre	Tristimulus Y değeri
Lamba / Gözlemci	D65/ 10° - ISO/CIE 10526
Ölçüm Geometrisi	d / 8°
UV-filtre	UV filtre, 400 nm veya daha düşük dalga boylarında 0,01'den düşük spektral transmittance ve 450 nm ila 700 nm dalga boyları arasında da 0,80'den büyük spektral transmittance'a sahip olmalıdır
Ölçüm Aparatı	Minimum 20 mm çapta
Kalibrasyon	Kalibrasyon prosedürü, sürekli kullanım durumunda veya cihazın yeniden başlatıldığı durumda günde en az bir defa uygulanmalıdır: • Beyaz standart: baryum sülfat tablet veya sertifikalı beyaz seramik taş • Siyah standart: siyah cisim veya sertifikalı siyah seramik taş • Cihaz üreticisi tarafından tanımlanan kalibrasyon prosedürü kullanılır.

4.2 Testlerin Yapılışı

Testler, farklı sıcaklık, süre ve mekanik hareket koşullarında ayarlanmış programlarda gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.1 : Ölçüm alma noktaları.

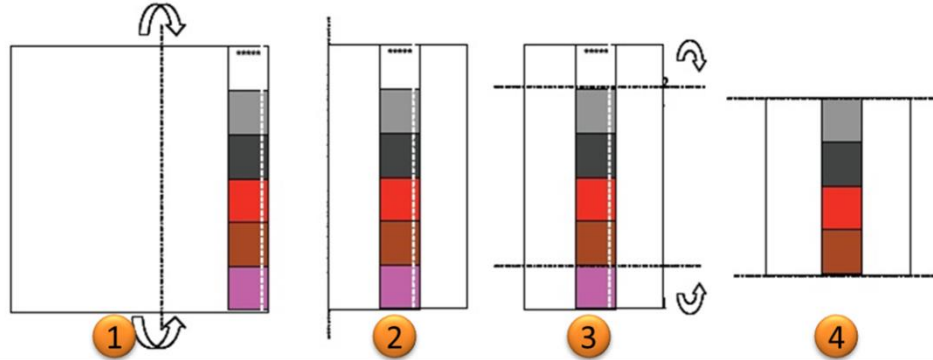
Yukarıdaki Şekil 4.1'deki grafikte yer alan her nokta yıkama işleminin sonlanacağı süre ve sıcaklık koşulunu temsil etmektedir. Yıkama işleminin ardından durulama ve sıkma işlemi yapılarak test bitirilmektedir. Böylece toplamda 19 test koşulu ortaya çıkmaktadır. 3 farklı mekanik hareket seçeneğini de göz önünde bulundurulacak olursa Çizelge 4.6'da görüldüğü gibi bir seride toplamda 57 test yapılmaktadır.

Çizelge 4.6 : Test koşulları.

Test Sırası	Sıcaklık	Test Koşulu	Mekanik Hareket	Yük	Test Sırası	Sıcaklık	Test Koşulu	Mekanik Hareket	Yük
1	60	1	50	A	30	50	7	95	C
2	60	1	80	B	31	40	4	50	A
3	60	1	95	C	32	40	4	80	B
4	60	2	50	A	33	40	4	95	C
5	60	2	80	B	34	40	5	50	A
6	60	2	95	C	35	40	5	80	B
7	60	3	50	A	36	40	5	95	C
8	60	3	80	B	37	40	6	50	A
9	60	3	95	C	38	40	6	80	B
10	60	4	50	A	39	40	6	95	C
11	60	4	80	B	40	40	7	50	A
12	60	4	95	C	41	40	7	80	B
13	60	5	50	A	42	40	7	95	C
14	60	5	80	B	43	30	3	50	A
15	60	5	95	C	44	30	3	80	B
16	60	6	50	A	45	30	3	95	C
17	60	6	80	B	46	30	4	50	A
18	60	6	95	C	47	30	4	80	B
19	60	7	50	A	48	30	4	95	C
20	60	7	80	B	49	30	5	50	A
21	60	7	95	C	50	30	5	80	B
22	50	5	50	A	51	30	5	95	C
23	50	5	80	B	52	30	6	50	A
24	50	5	95	C	53	30	6	80	B
25	50	6	50	A	54	30	6	95	C
26	50	6	80	B	55	30	7	50	A
27	50	6	95	C	56	30	7	80	B
28	50	7	50	A	57	30	7	95	C
29	50	7	80	B					

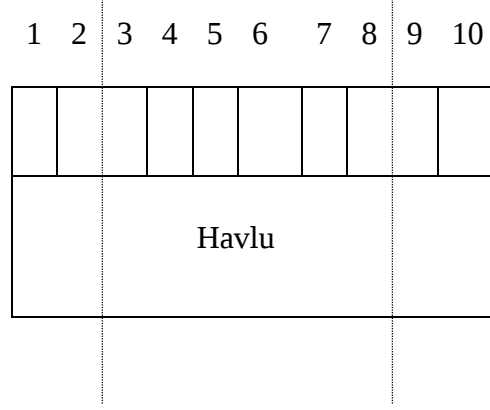
Leke şeritlerinin Tristimulus Y değerleri spektrofotometre cihazı ile test öncesi ve test sonrasında ölçülecektir. Bu sayede leke şeritlerinin temizlenme yüzdesi hesaplanacaktır. Şerit ölçümlerinde, yıkama öncesinde orta bölümden 1 ön 1 arka olmak üzere 2 ölçüm, yıkama sonrasında 2 ön ve 2 arka kısımdan olmak üzere toplam dört ölçüm 30 mm çapındaki başlık kullanılarak yapılmıştır. Lekeler, en az 3 leke bezi üst üste konularak ölçülecektir. Bir testte her bir lekeden 3 adet kullanılacak ve her birinin değeri ayrı ayrı kaydedilecektir.

Yıkanmamış leke şeritlerinin yıkama öncesi ölçümünden sonraki aşama, leke şeritlerinin yüke dikilmesidir. IEC 60456:2011 standardına göre 5 kg yük içinde 5 adet havluya leke şeridi dikilmesi gerekmektedir (BS EN 60456:2011, 2011). Bu çalışma kapsamında yapılacak testlerde ise, 5 havludan 3 tanesine leke şeridi dikilmesi planlanmıştır. Leke şeridi dikilmiş havlular makinenin içine yük diziliş sırasına göre 1. 3. ve 5. sırada yer alan havlulardır. 2. ve 4. sıradaki havlulara ise leke şeridi dikilmeyecek, ancak makineye yerleşimi sırasında leke şeridi dikilmiş havlu gibi katlanarak yerleştirilecektir.



Şekil 4.2 : Leke şeridi dikilmiş havluların katlama şekli (BS EN 60456:2011, 2011).

Leke şeridi dikilen havlular makineye yerleştirilirken standartta belirtildiği gibi lekeler havlunun üzerine gelecek şekilde katlandıktan sonra Şekil 4.2’de gösterildiği gibi, baştan ve sondan 2 leke havlunun altında kalacak şekilde katlanmalıdır. Şekil 4.3’te katlama yeri ---- ile gösterilmiştir.



Şekil 4.3 : Leke bezlerinin havluya dikiliş sırası.

Şekil 4.4’te makineye yük yerleşim sırası ve şekli gösterilmektedir.

Horizontal axis washing machine - loading example (5 kg)		
item	picture	number of items
Pillowcases	<	1
Towels	^ v ^	3*
Towels + strip	■ ■ ■	1
Sheets	~	1
Pillowcases	>	1
Towels + strip	■ ■ ■	1
Towels	^ v ^	2*
Pillowcases	<	1
Towels	^ v ^	3*
Towels + strip	■ ■ ■	1
Pillowcases	>	1
Towels	v ^	2*
Towels + strip	■ ■ ■	1
Pillowcases	<	1
Sheets	~	1
Towels + strip	■ ■ ■	1
Towels	^ v ^	3*
Pillowcases	>	1
		* adjust number of towels here

Step 6 HA

Step 3 HA

Step 2 HA

Step 1 HA

Şekil 4.4 : Farklı yüklerin çamaşır makinesine yerleştirilmesi (BS EN 60456:2011, 2011).

Test makinesi, test aralarında mutlaka durulanmalıdır. Durulama için Pamuklu 60 °C programı kullanılmalıdır. Makine içindeki başlangıç sıcaklığını aynı değerlere getirebilmek için her test öncesinde makine durulanmalıdır.

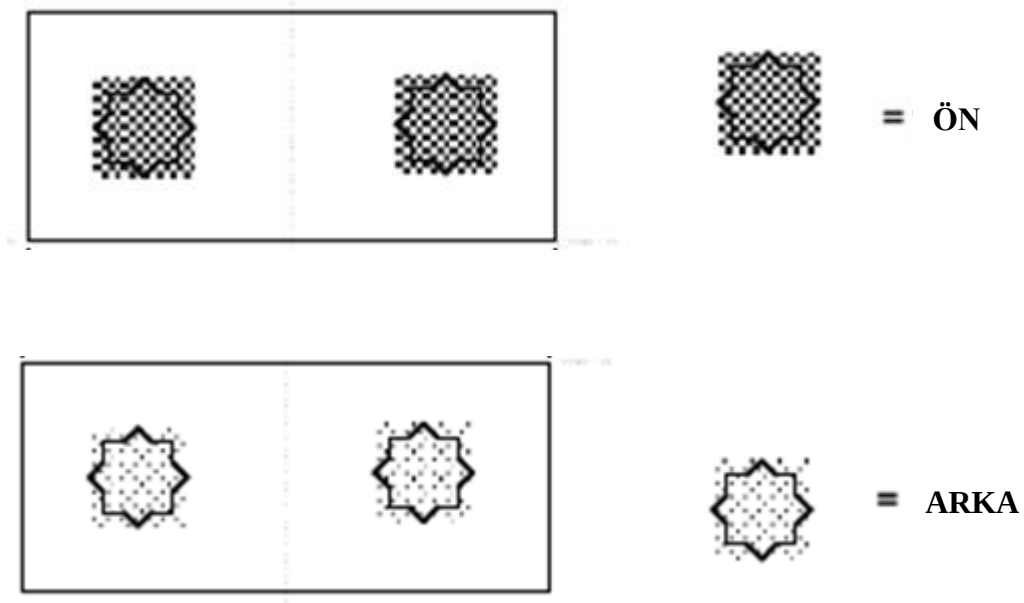
4.2.1 Testin başlatılması

1. Öncelikli olarak yükün şartlandığından emin olunmalıdır. Yükün şartlanıp şartlanmadığı, ağırlık kontrol edilerek belirlenir.
2. Şartlanan yük içerisindeki 3 adet havluya yukarıda anlatıldığı gibi leke şeritleri dikilir.
3. Yük IEC 60456:2011 standardında belirtilen sıralamaya göre makineye yerleştirilir (BS EN 60456:2011, 2011).
4. Hassas terazi kullanılarak deterjan tartılır.
5. Makine üzerinde test edilecek program ve sıcaklık değeri seçilir.
6. Deterjan, deterjan çekmecesinin ana yıkama gözüne (II nolu kısım) konulur.
7. Makine kapağı kapatılarak program başlatılır.

4.2.2 Testin bitirilmesi

Test programı bittikten sonra, kapı kilidinin açılması beklenmelidir. Kapı kilidi açıldıktan sonra makine içindeki yük bekletilmeden dışarı alınmaktadır.

1. Yıkama sonrası havlulara dikilmiş olan leke şeritleri dikkatli bir şekilde (çekme, yırtılma vb. uygulanmadan) ayrılır ve temiz bir yere konulur.
2. Leke şeritlerinden ayrılan yük tartılır ve tartım kaydedilir.
3. Tartımı yapılan yük referans makinede durulanır.
4. IEC 60456:2011 standardında belirtildiği gibi, yük durulandıktan sonra, yükün nem içeriği başlangıç ağırlığının % (0 ± 3) seviyesinde olana dek kurutucuda kurutulur (BS EN 60456:2011, 2011).
5. Yıkama sonrası leke şeritleri parlamayı önlemek için beyaz temiz bir bez arasında ütülenir. Ütüleme işlemi tamamlanan lekeler, Şekil 4.5'te gösterildiği gibi, 2 ön ve 2 arka kısımdan olmak üzere toplam 4 noktadan ölçülür.



Şekil 4.5 : Lekeli kumaşlarının spektrofotometre ile ölçüm noktaları.

5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Farklı sıcaklık, mekanik hareket ve süre koşullarında deterjanın farklı bileşenlerine duyarlı leke şeritleri ile yapılan testlerin yıkama performansı sonuçları değerlendirilerek, optimum koşullarda yıkama işlemi gerçekleştiren bir çamaşır makinesi programı geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Yıkama performansı ölçümü için Swisstatest ve CFT firmaları tarafından hazırlanan standart lekeli kumaşlar kullanılmıştır. Yıkama performans değerini belirlenmek amacıyla, lekeli kumaşların yıkama öncesinde ve sonrasında spektrofotometre cihazı ile ölçülerek, tristimulus Y değerleri belirlenmiştir.

$$TO = \left(1 - \frac{(Y)_{beyaz} - (Y)_{ys}}{(Y)_{beyaz} - (Y)_{yö}} \right) \times 100 \quad (5.1)$$

TO : Temizleme Oranı

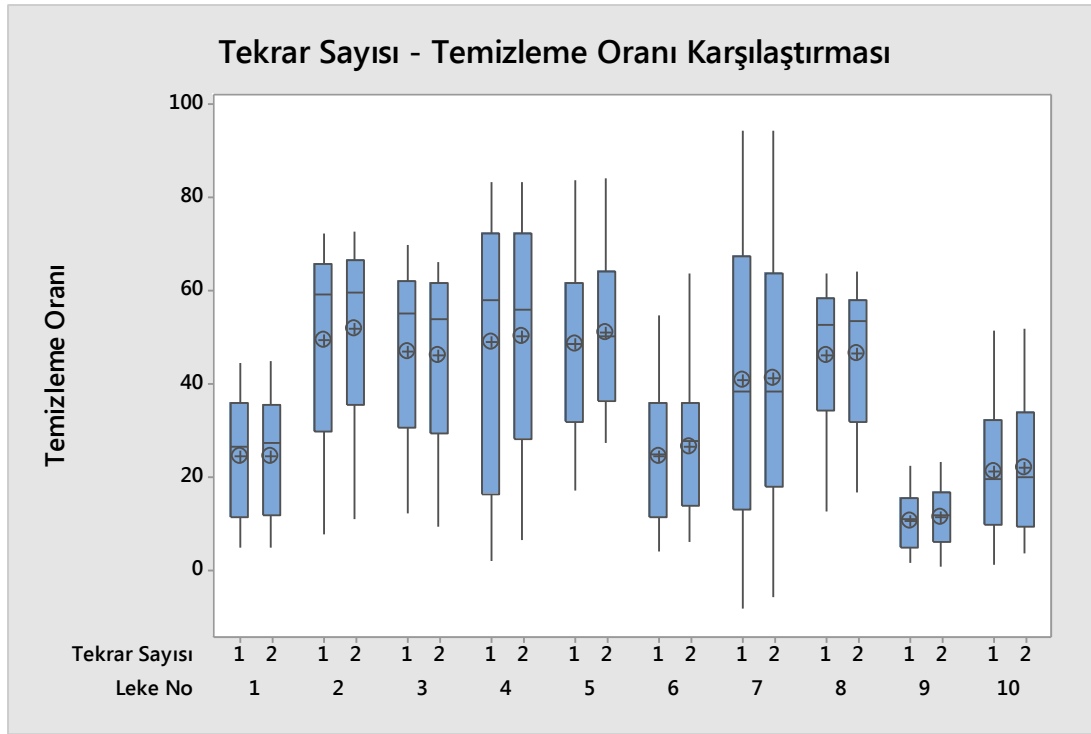
Y_{beyaz} : Lekesiz kumaşın Y değeri

Y_{ys} : Lekeli kumaşın yıkama sonrası Y değeri

$Y_{yö}$: Lekeli kumaşın yıkama öncesi Y değeri

Her bir koşul için 10 farklı lekenin temizlenme oranı yukarıdaki denklemler kullanılarak hesaplanmıştır. Sonuçların analizi için Minitab programından faydalanılmıştır. Sıcaklık, mekanik hareket ve süre parametreleri girdi, yıkama performansı parametresi çıktı olarak değerlendirilerek bir model oluşturulmuştur. Girdilerin çıktı üzerindeki tekil etkilerinin yanında, ikili etkileşimlerde incelenmiştir.

Öncelikle testlerin tekrarlanabilirliği analiz edilmiştir. 2 tekrar olarak gerçekleştirilen her bir koşuldaki sonuçların standart sapma ve ortalama değerlerinin farklılık göstermediği, aynı koşuldaki testlerin birbirini tekrarladığı belirlenmiştir. Şekil 5.1’de tekrar sayısına göre testlerin, ortalama değerleri ve standart sapma aralıkları verilmiştir.



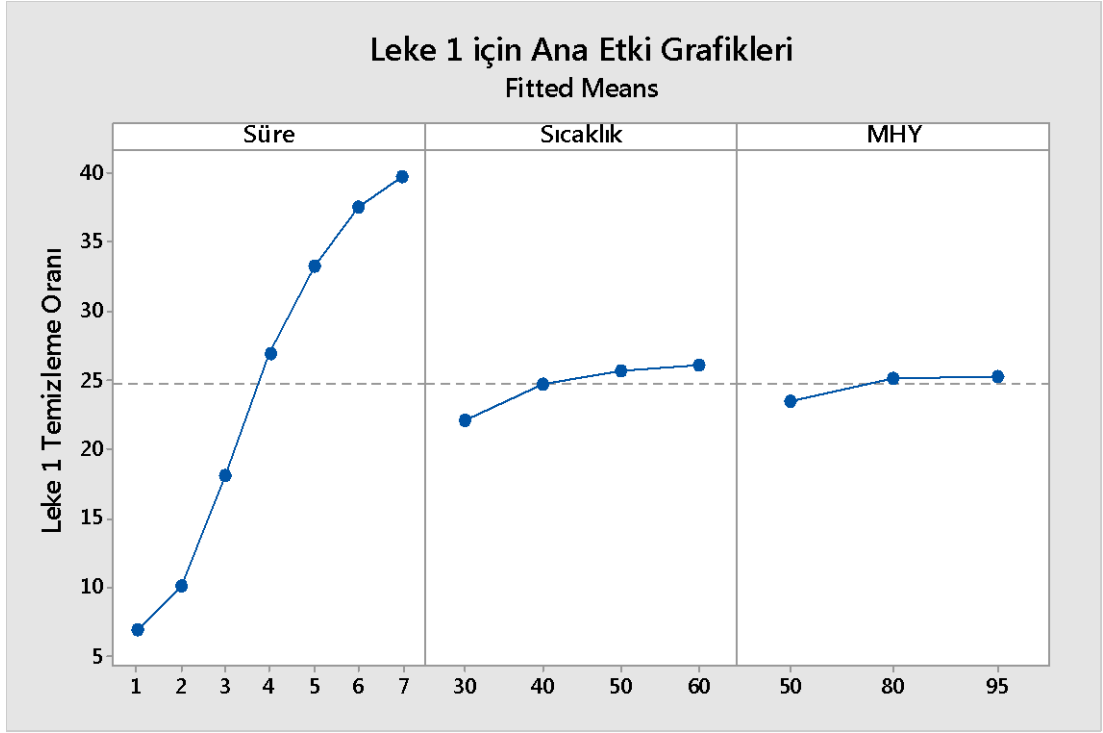
Şekil 5.1 : Tekrar sayısına göre test sonuçlarının karşılaştırılması.

Deterjanın yüzey aktif madde, enzim ve ağartıcı bileşenlerine duyarlı lekeler ayrı ayrı gruplandırılarak her bir leke için model oluşturulmuş ve etkili girdi parametreleri belirlenmiştir.

Yüzey aktif maddeye duyarlı lekeler 1 ve 6 numaralı lekelerdir.

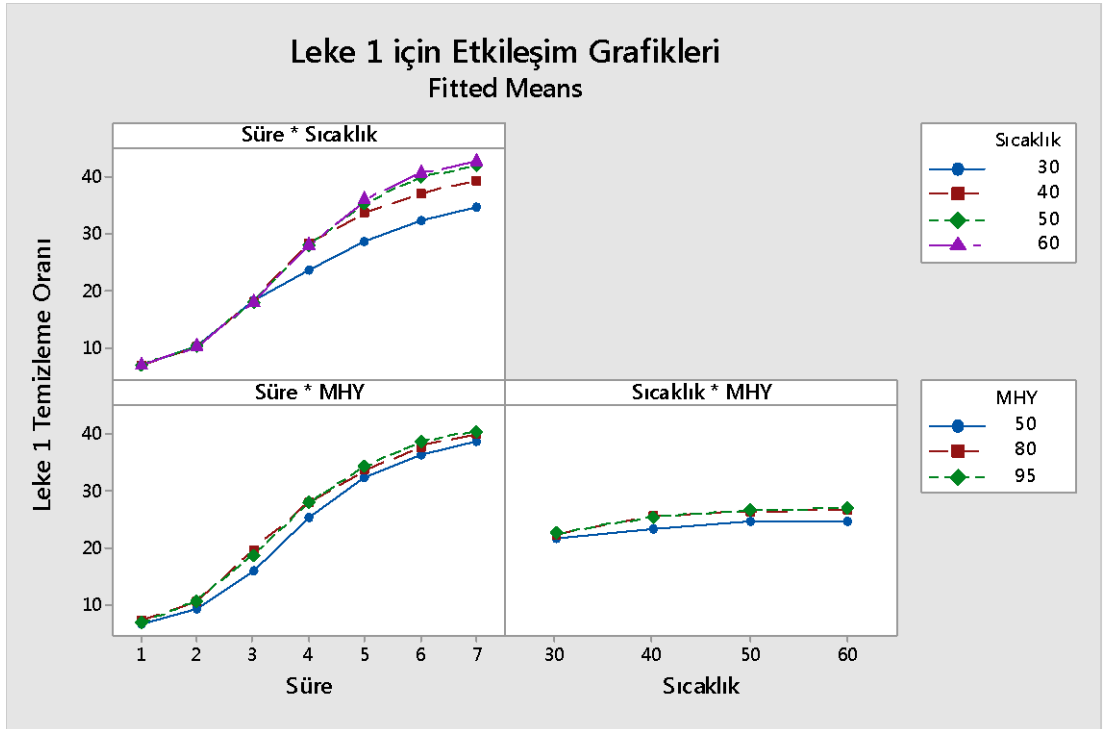
1 numaralı leke kumaşı için mekanik hareket yüzdesi (MHY), sıcaklık, süre ve süre-sıcaklık, süre-MHY parametrelerinin ikili etkileşimlerinin etkili olduğu belirlenmiştir.

Şekil 5.2'deki ana etkileşim grafikleri incelendiğinde, yıkama performansı üzerindeki en etkili parametrenin süre olduğu görülmüştür.



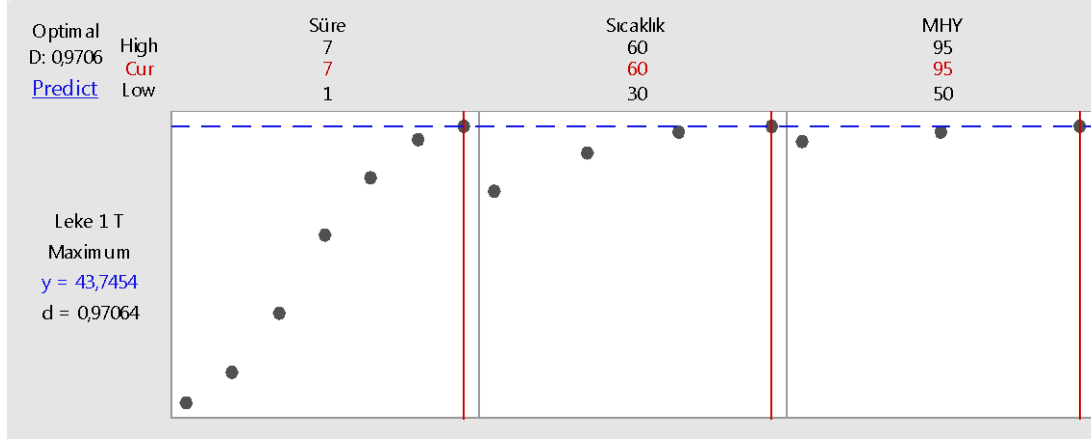
Şekil 5.2 : Leke 1 için ana etki grafikleri.

Şekil 5.3'teki ikili etkileşim grafiklerinde, mekanik hareket yüzdesi parametresi için 80 ve 95 değerleri arasında fark görülmektedir. Sıcaklık parametresi ise 40 °C değerinden sonra yıkama performansı üzerindeki etkisinin azaldığı görülmüştür.



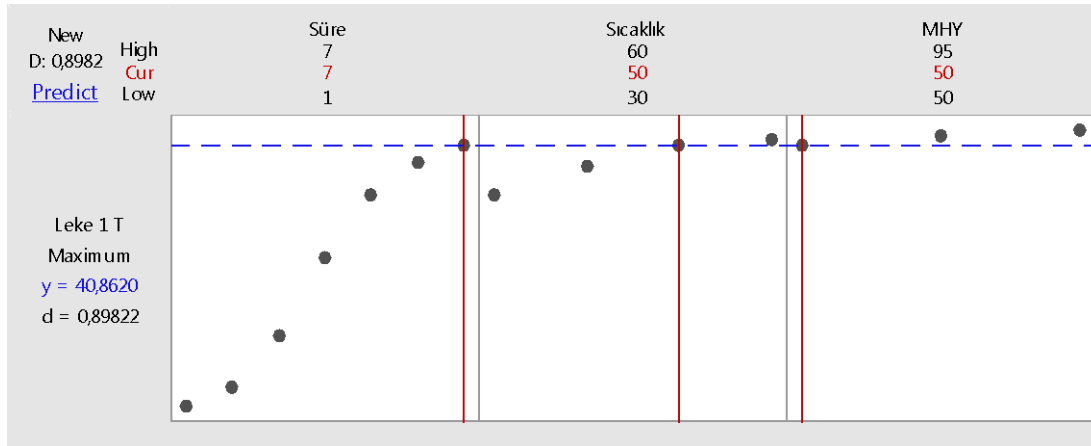
Şekil 5.3 : Leke 1 için etkileşim grafikleri.

Şekil 5.4'e göre, en yüksek yıkama performansı değeri sıcaklığın 60 °C, mekanik hareket yüzdesinin %95, sürenin 7 olduğu durumda elde edilmiştir.



Şekil 5.4 : Leke 1 için maksimum temizlenme oranı koşulları.

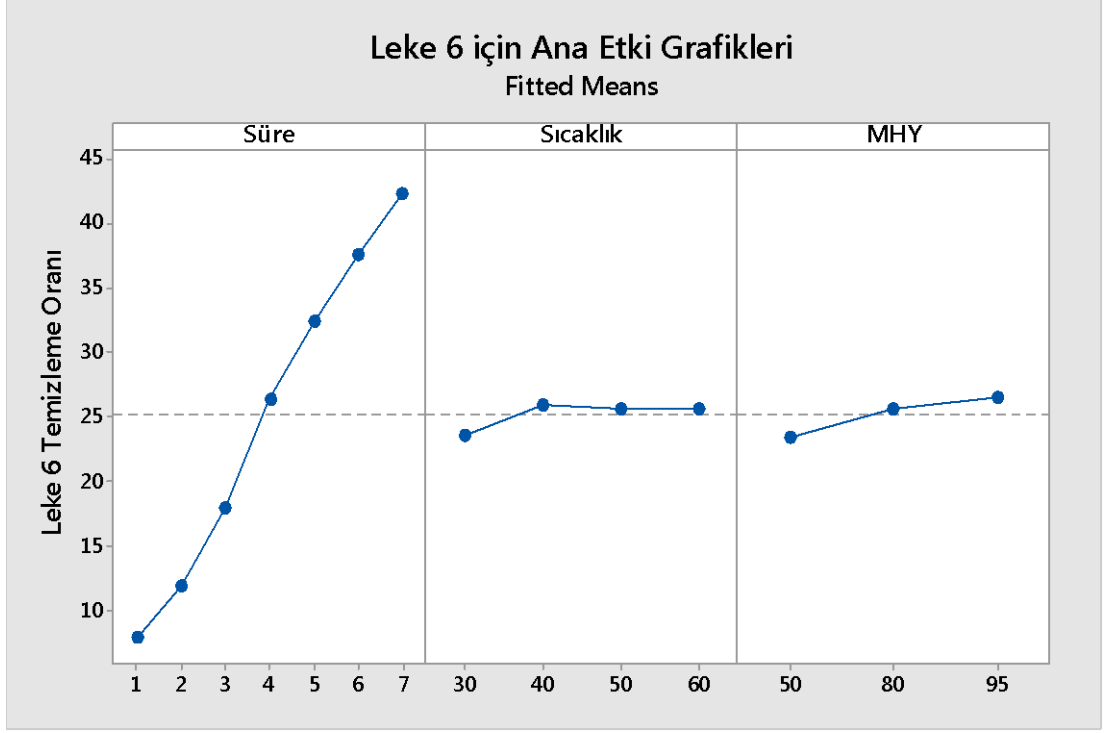
Ancak, enerji tüketimi düşünülerek sıcaklık 50 °C, mekanik hareket yüzdesi %50 olarak seçildiğinde, Şekil 5.5'te görüldüğü gibi, temizleme oranı %3 oranında azalmaktadır.



Şekil 5.5 : Leke 1 için optimize edilmiş temizleme oranı.

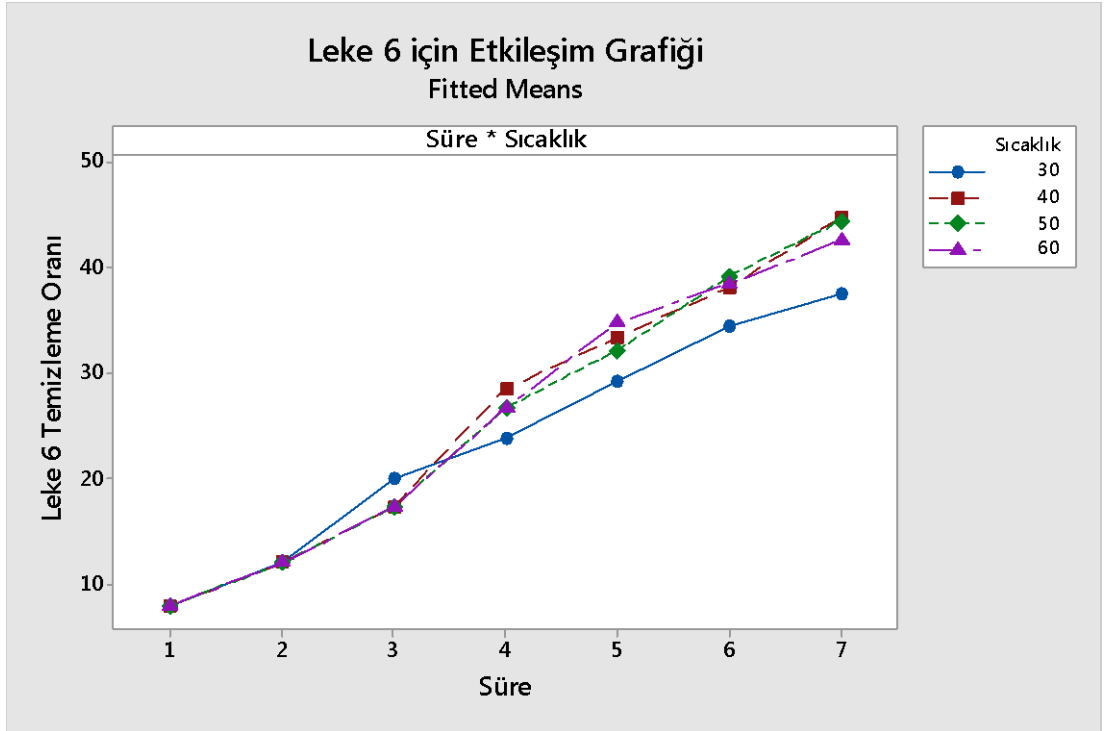
6 numaralı leke kumaşı için MHY, sıcaklık, süre ve süre-sıcaklık ikili etkileşiminin etkili olduğu belirlenmiştir.

Şekil 5.6'daki ana etkileşim grafikleri incelendiğinde, yıkama performansı üzerindeki en etkili parametrenin süre olduğu görülmüştür.



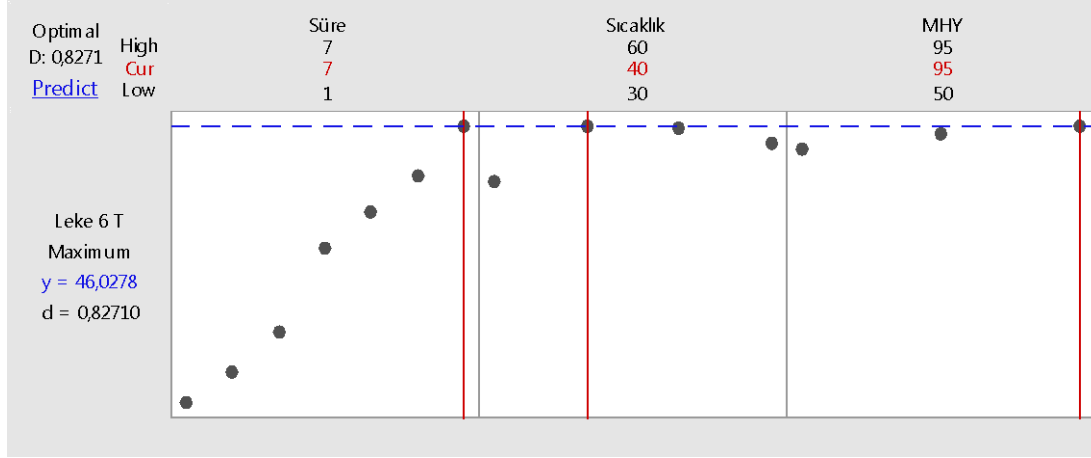
Şekil 5.6 : Leke 6 için ana etki grafikleri.

Şekil 5.7'deki ikili etkileşim grafiğinde, en uzun süre parametresi olan 7 değerinde, sıcaklık parametresi 40 °C değerinden en iyi yıkama performansı elde edilmiştir.



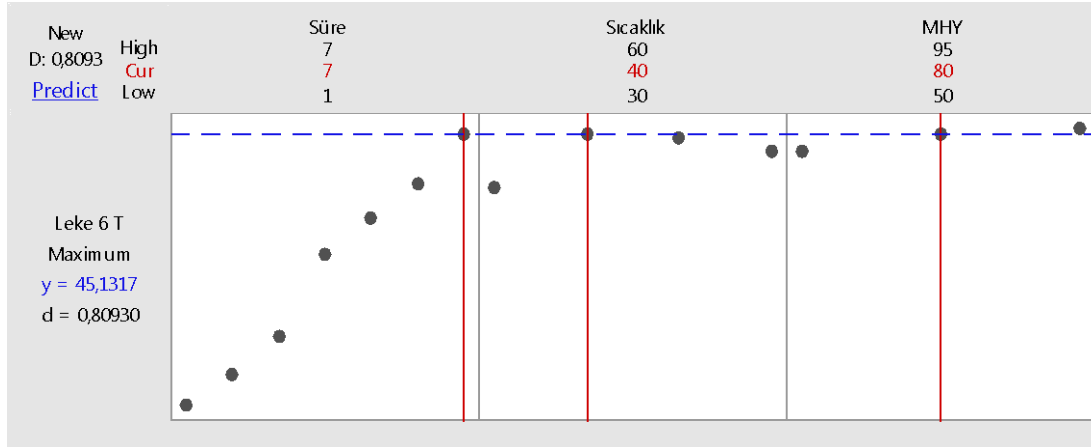
Şekil 5.7 : Leke 6 için etkileşim grafiği.

En yüksek yıkama performansı değeri, sıcaklık 40 °C, mekanik hareket yüzdesi %95, süre parametresi 7 olduğu durumda elde edilmektedir (Şekil 5.8).



Şekil 5.8 : Leke 6 için maksimum temizleme oranı koşulları.

Ancak, Şekil 5.9 incelendiğinde mekanik hareket yüzdesi %80 koşulunda, temizleme oranı yaklaşık %1 azalmaktadır. Enerji tüketimi, mekanik ömür gibi parametreler düşünüldüğünde bu koşulun seçilmesi daha uygundur.

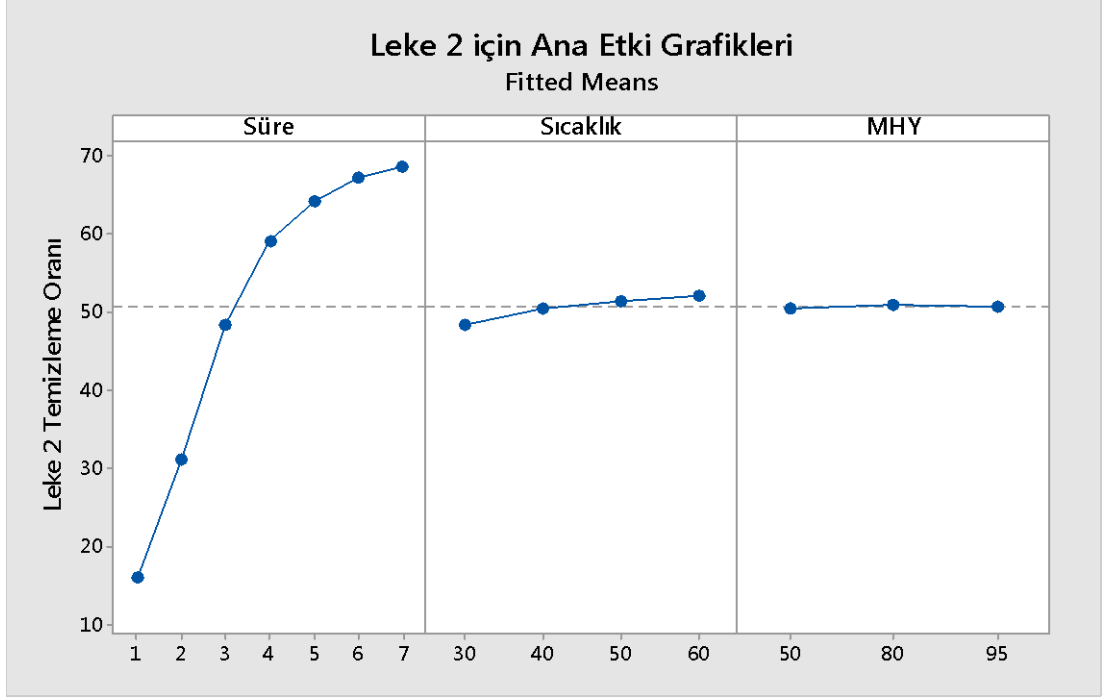


Şekil 5.9 : Leke 6 için optimize edilmiş temizleme oranı.

Proteaz enzimine duyarlı lekeler 2 ve 7 numaralı lekelerdir.

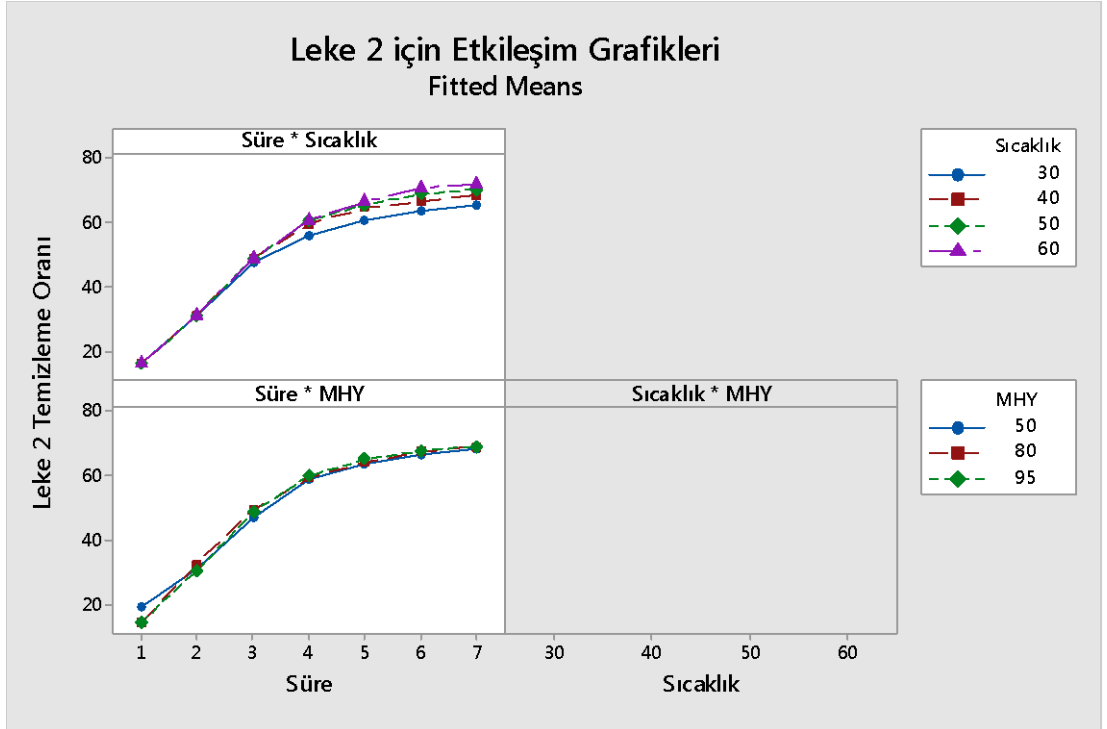
2 numaralı leke kumaşı için sıcaklık, süre ana etkileri, süre-sıcaklık ve süre-MHY ikili etkileşimlerinin etkili olduğu belirlenmiştir.

Şekil 5.10'daki ana etkileşim grafikleri incelendiğinde, yıkama performansı üzerindeki en etkili parametrenin süre olduğu görülmüştür.



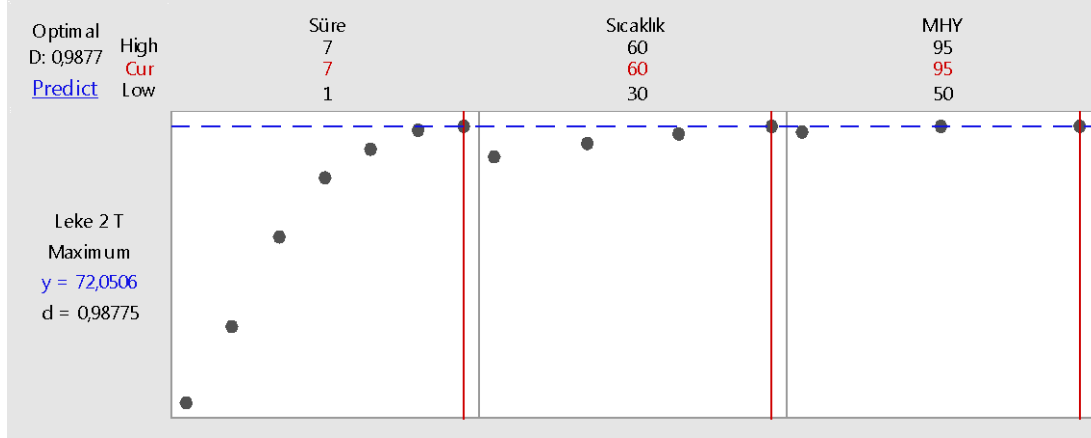
Şekil 5.10 : Leke 2 için ana etki grafikleri.

Şekil 5.11'deki ikili etkileşim grafiklerine göre, sürenin yıkama performansı üzerindeki etkisi azalarak artmaktadır. Mekanik hareket yüzdesi grafikleri değerlendirildiğinde düşük mekanik hareket yüzdesinin tercih edilebileceği görülmüştür.



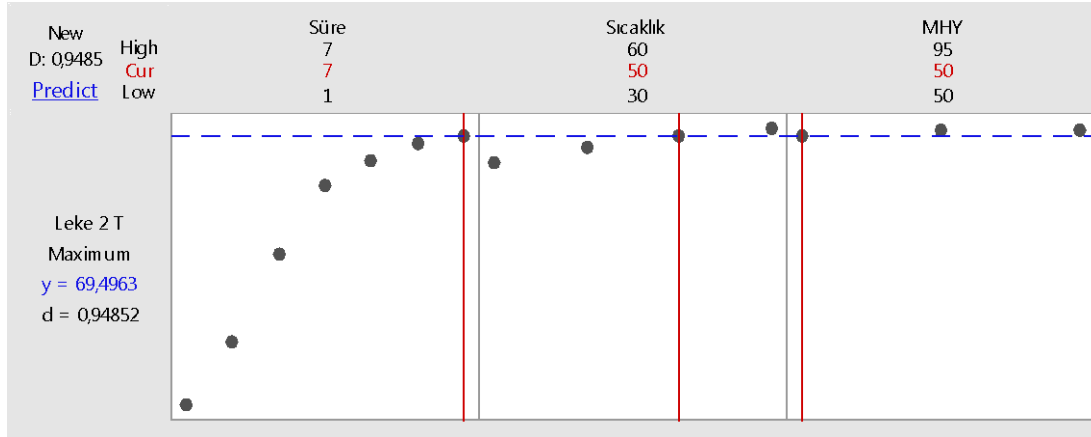
Şekil 5.11 : Leke 2 için etkileşim grafikleri.

En iyi yıkama performansı, sıcaklık 60 °C, mekanik hareket yüzdesi %95 ve süre parametresinin 7 olduğu koşulda elde edilmiştir (Şekil 5.12).



Şekil 5.12 : Leke 2 için maksimum temizleme oranı koşulları.

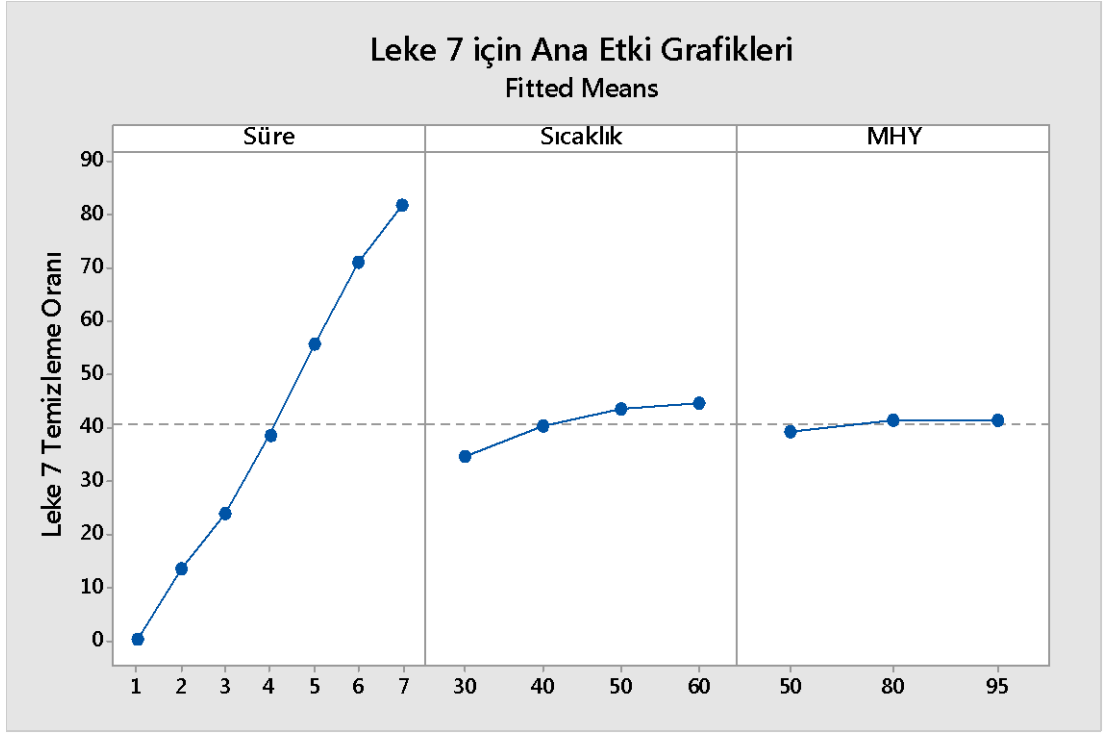
50 °C sıcaklık ve %50 mekanik hareket yüzdesi parametreleri seçildiğinde durumda Şekil 5.13'te yıkama performansı %3 azaldığı görülmektedir.



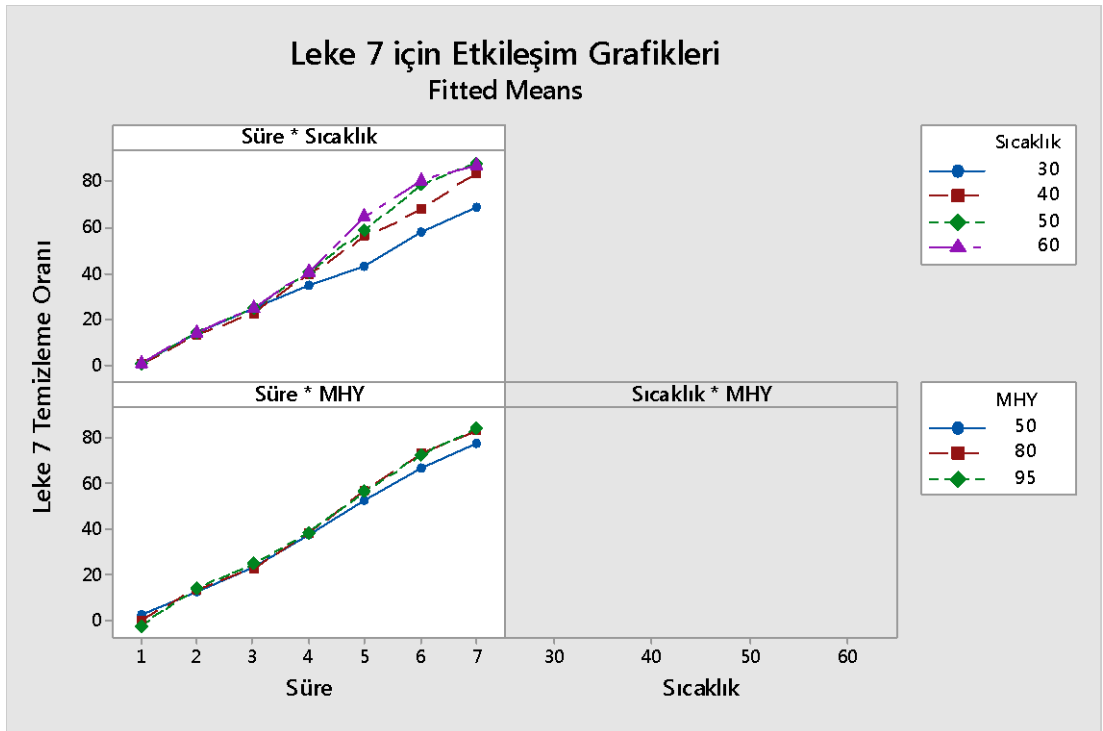
Şekil 5.13 : Leke 2 için optimize edilmiş temizleme oranı.

7 numaralı leke kumaşı için MHY, sıcaklık, süre ana etkileri, süre-sıcaklık ve süre-MHY ikili etkileşimlerinin etkili olduğu belirlenmiştir.

Şekil 5.14 ana etki ve Şekil 5.15 etkileşim grafikleri incelendiğinde en etkili parametrenin süre olduğu, sıcaklığın 50 °C'den sonra, mekanik hareket yüzdesinin %80 değerinden sonra yıkama performansı üzerindeki etkisinin azaldığı görülmüştür.

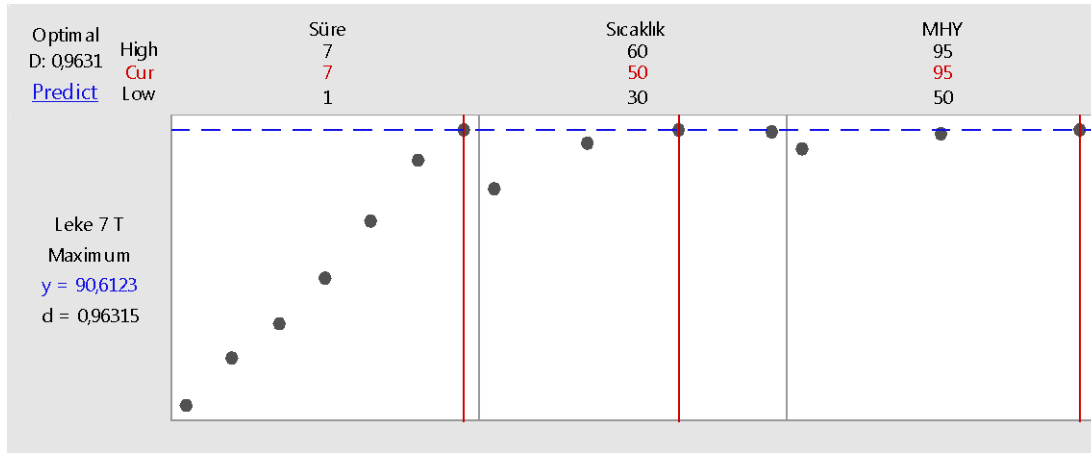


Şekil 5.14 : Leke 7 için ana etki grafikleri.



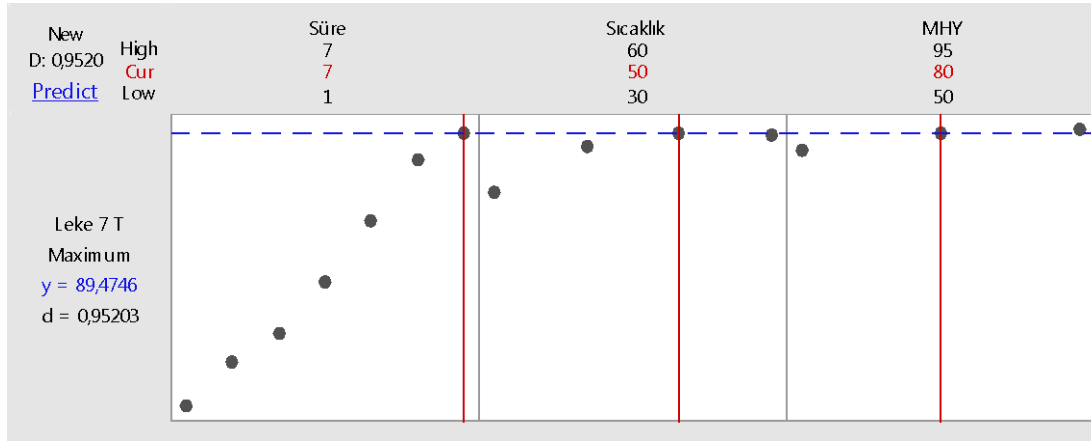
Şekil 5.15 : Leke 7 için etkileşim grafikleri.

En yüksek yıkama performansı, sıcaklık 50 °C, mekanik hareket yüzdesi %95 ve süre parametresinin 7 olduğu koşul olarak belirlenmiştir (Şekil 5.16).



Şekil 5.16 : Leke 7 için maksimum temizleme oranı koşulları

Ancak, %80 mekanik hareket yüzdesi koşulunda yıkama performansının %1 azaldığı belirlenmiştir (Şekil 5.17).

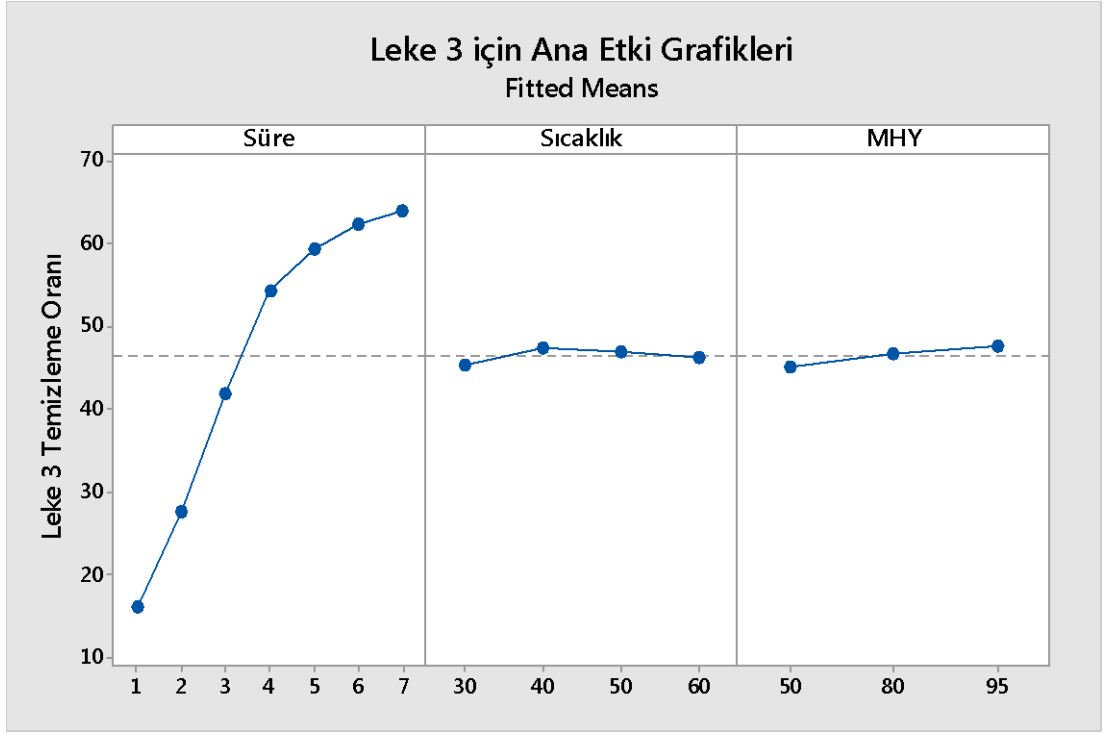


Şekil 5.17 : Leke 7 için optimize edilmiş temizleme oranı.

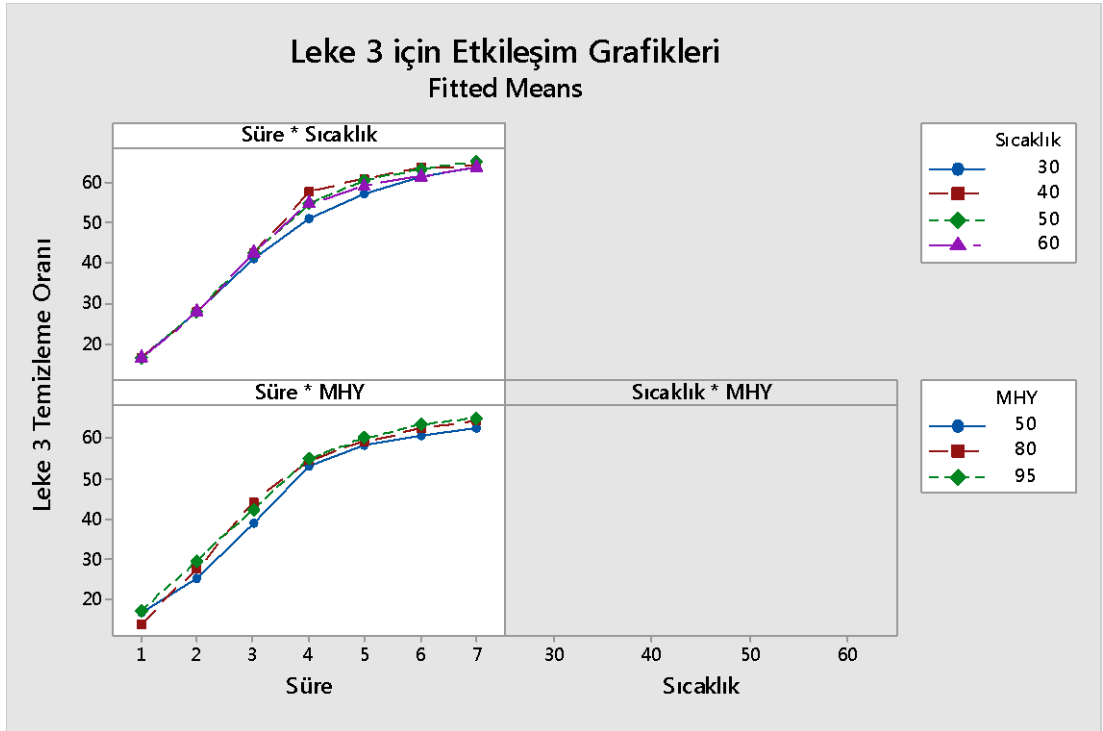
Amilaz enzimine duyarlı lekeler 3 ve 8 numaralı lekelerdir.

3 numaralı leke kumaşı için MHY, sıcaklık, süre ana etkileri, süre-sıcaklık ve süre-MHY ikili etkileşimlerinin etkili olduğu belirlenmiştir.

Şekil 5.18 ana etki ve Şekil 5.19 etkileşim grafiklerinde süre ve mekanik hareket parametresinin yıkama performansı üzerindeki etkisi azalarak artmaktadır. Sıcaklık artışının ise, 40 °C'den sonra etki etmediği görülmüştür.

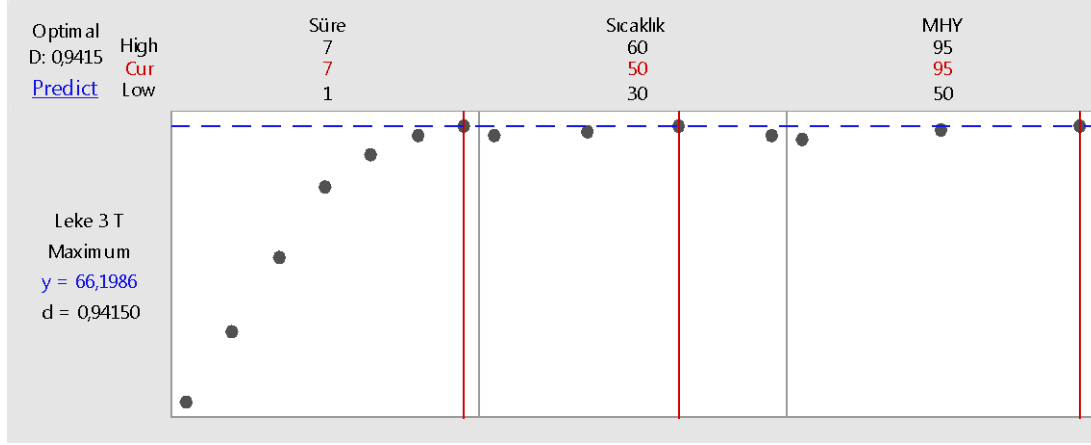


Şekil 5.18 : Leke 3 için ana etki grafikleri.



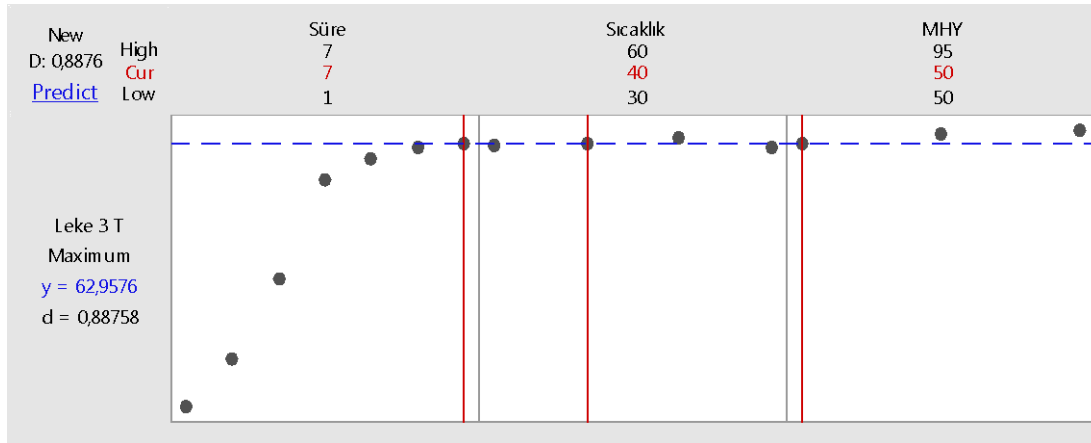
Şekil 5.19 : Leke 3 için etkileşim grafikleri.

En yüksek yıkama performansının 50 °C sıcaklık, %95 mekanik hareket yüzdesi ve süre parametresinin 7 olduğu koşulda elde edildiği belirlenmiştir (Şekil 5.20).



Şekil 5.20 : Leke 3 için maksimum temizleme oranı koşulları.

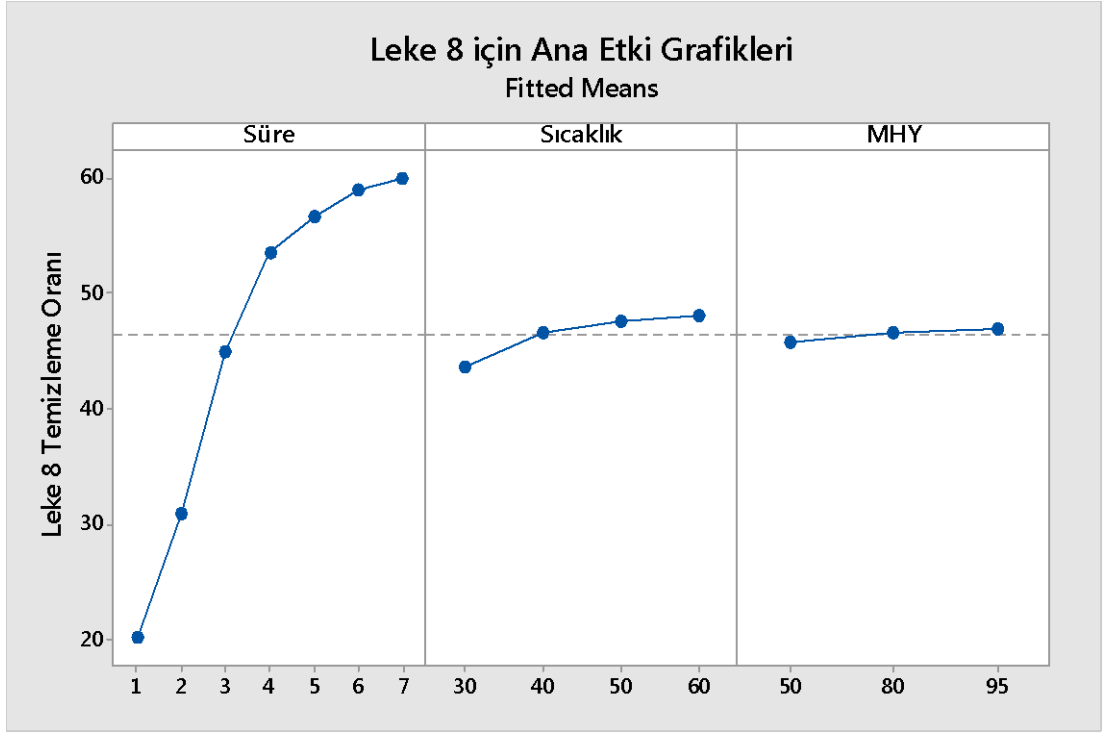
40 °C sıcaklık, %50 mekanik hareket yüzdesi koşullarında ise, yıkama performansı %3 oranında azalmaktadır (Şekil 5.21).



Şekil 5.21 : Leke 3 için optimize edilmiş temizleme oranı.

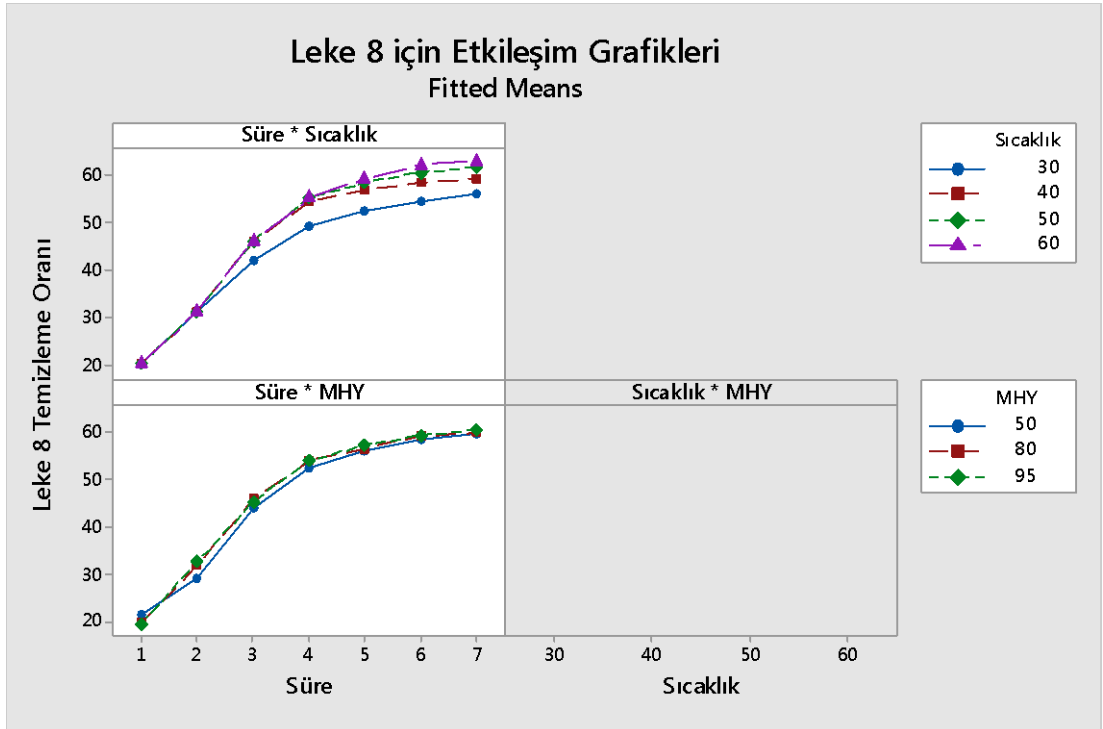
8 numaralı leke kumaşı için MHY, sıcaklık, süre ana etkileri, süre-sıcaklık ve süre-MHY ikili etkileşimlerinin etkili olduğu belirlenmiştir.

Şekil 5.22'deki ana etki grafiklerinde yıkama performansı üzerindeki en etkili parametrenin süre olduğu görülmüştür.



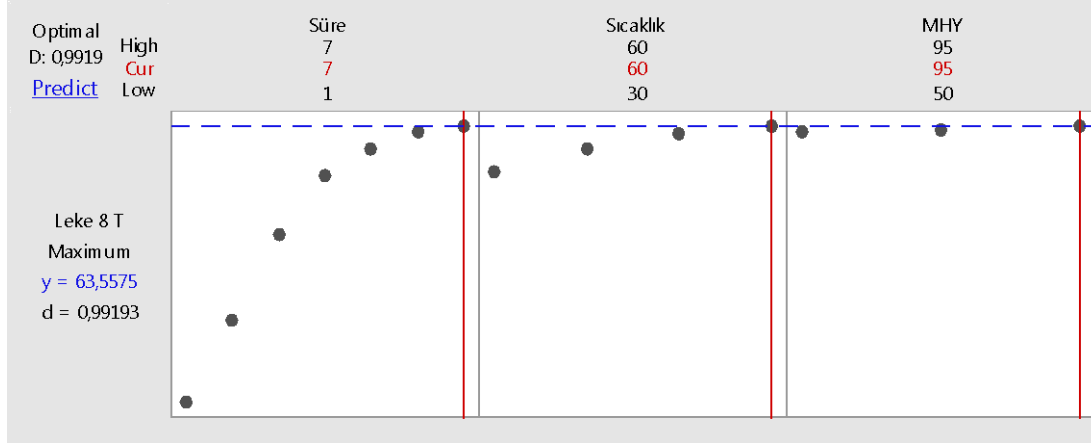
Şekil 5.22 : Leke 8 için ana etki grafikleri.

Şekil 5.23'teki etkileşim grafiklerinde, sürenin etkisinin azalarak arttığı, mekanik hareket yüzdesi artırıldıkça yıkama performansının belirgin şekilde etkilenmediği görülmüştür.



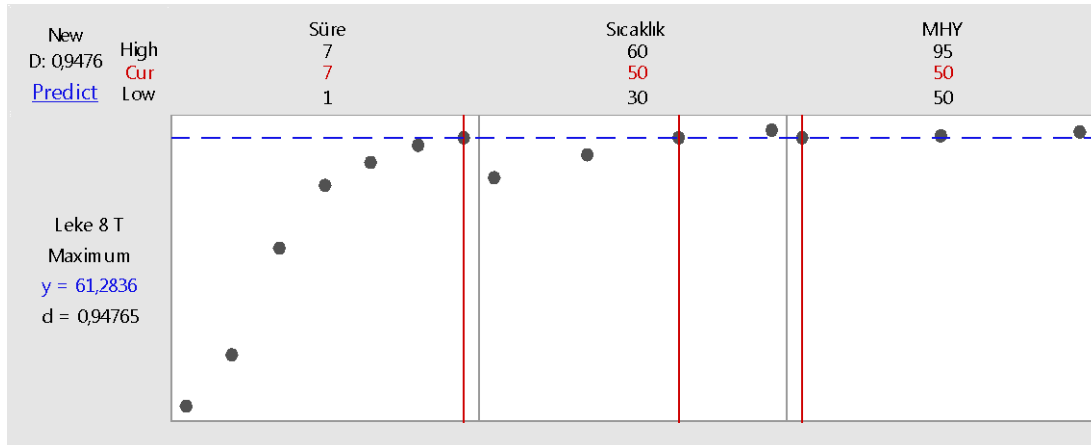
Şekil 5.23 : Leke 8 için etkileşim grafikleri.

En yüksek yıkama performansı, 60 °C sıcaklık, %95 mekanik hareket yüzdesi ve süre parametresinin 7 olduğu koşulda elde edilmiştir (Şekil 5.24).



Şekil 5.24 : Leke 8 için maksimum temizleme oranı koşulları.

50 °C ve %50 mekanik hareket yüzdesi koşulunda yıkama performansının %2 azaldığı görülmüştür (Şekil 5.25).

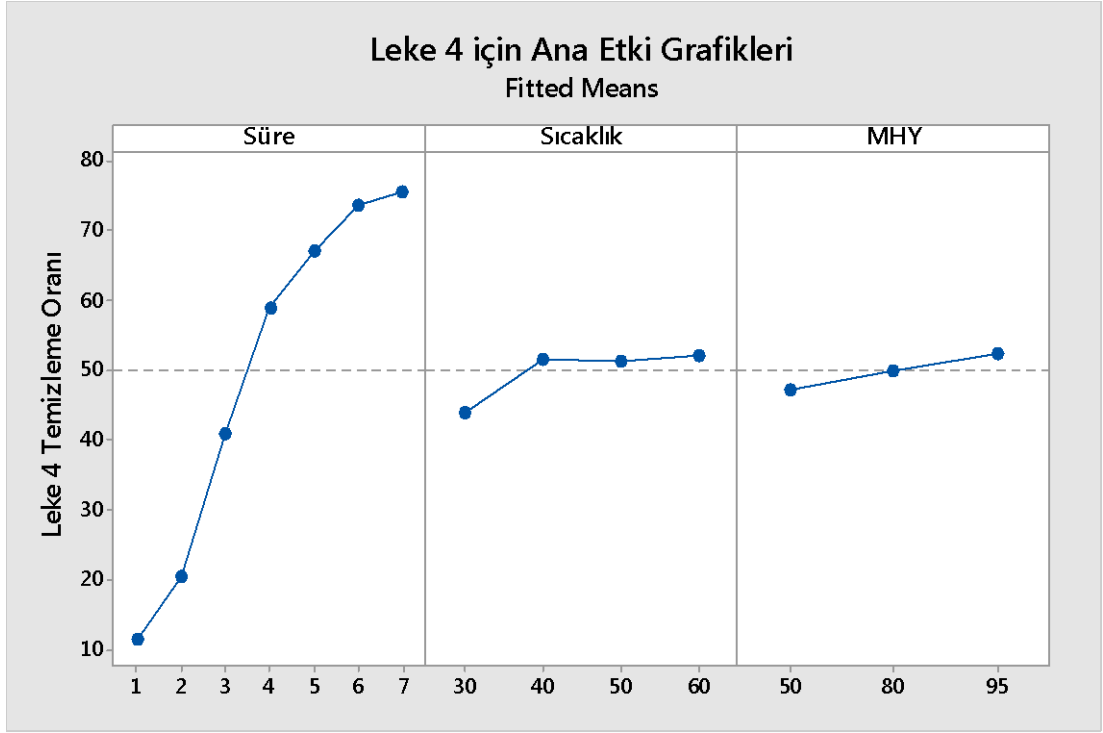


Şekil 5.25 : Leke 8 için optimize edilmiş temizleme oranı.

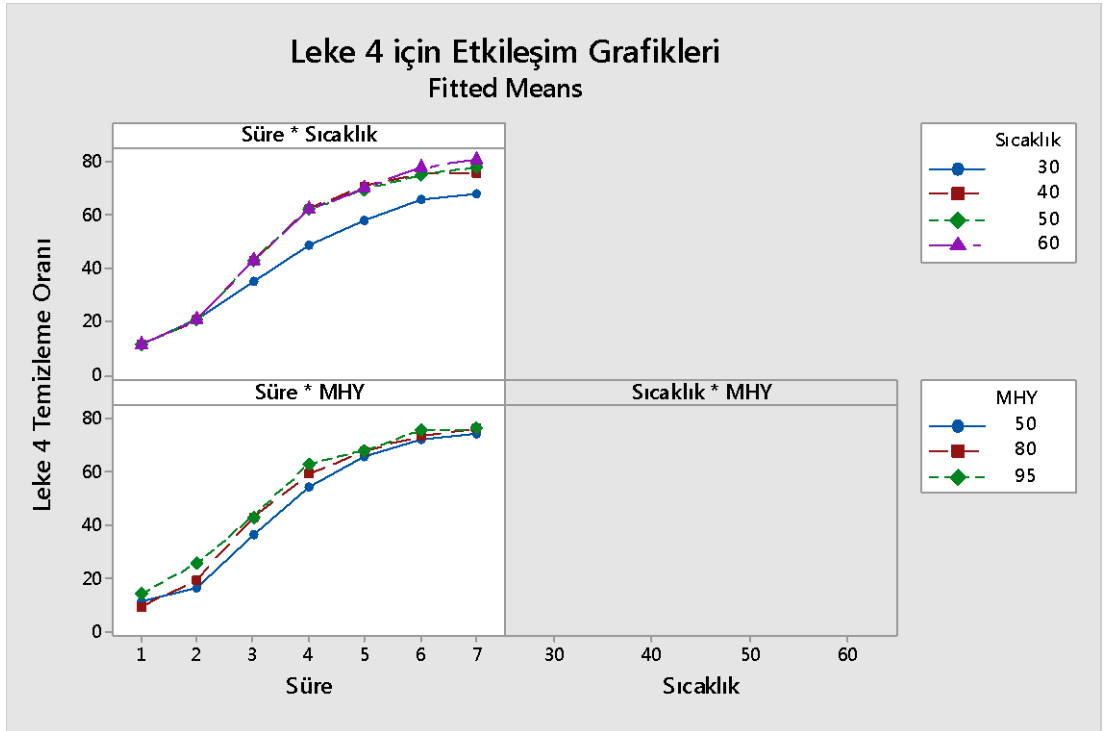
Mananaz enzimine duyarlı lekeler 4 ve 9 numaralı lekelerdir.

4 numaralı leke kumaşı için MHY, sıcaklık, süre ana etkileri, süre-sıcaklık ve süre-MHY ikili etkileşimlerinin etkili olduğu belirlenmiştir.

Şekil 5.26'daki ana etki grafiklerinde en etkili parametrenin süre olduğu, Şekil 5.27'deki etkileşim grafiklerinde ise sürenin yıkama performansı üzerindeki etkisinin azalarak arttığı gözlemlenmiştir. 40 °C'den sonra sıcaklığın etkisinin az olduğu görülmektedir.

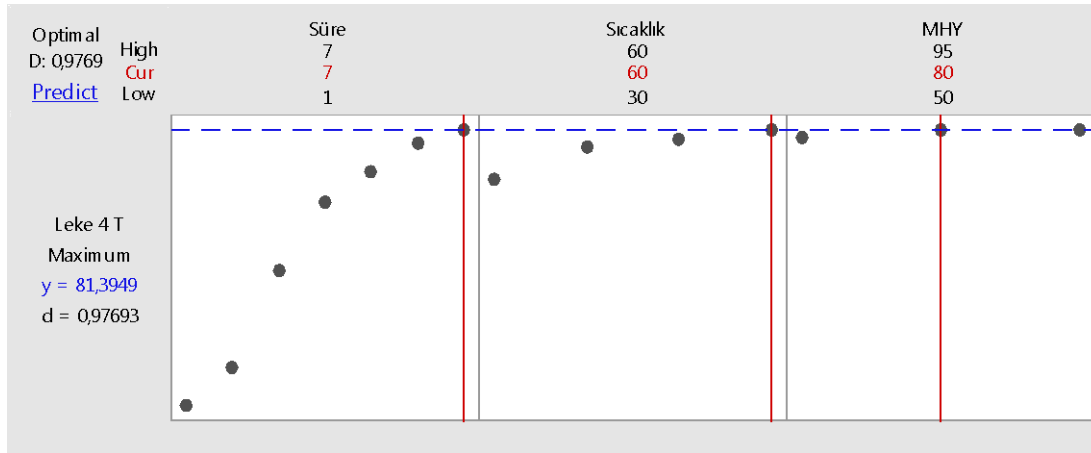


Şekil 5.26 : Leke 4 için ana etki grafikleri.



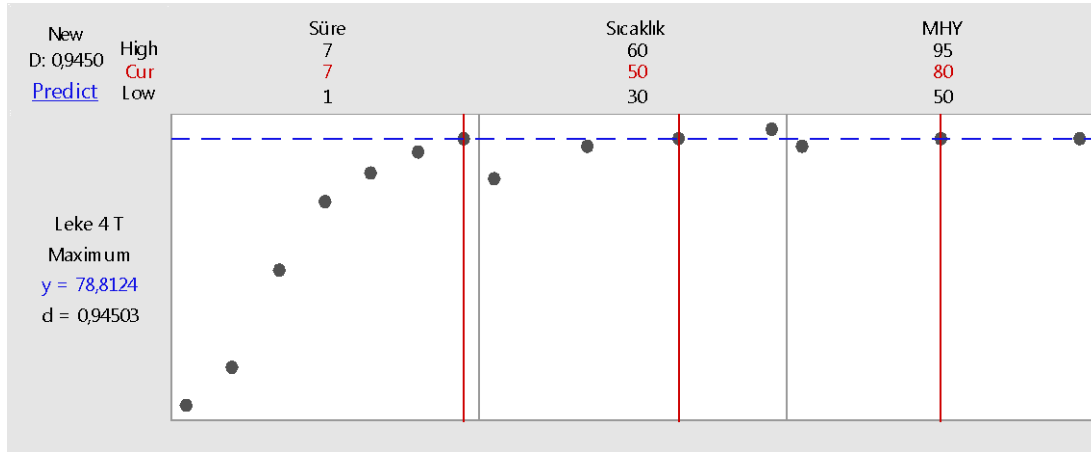
Şekil 5.27 : Leke 4 için etkileşim grafikleri.

En yüksek temizlenme oranı 60 °C sıcaklık, %80 mekanik hareket yüzdesi ve süre parametresinin 7 olduğu koşulda görülmüştür (Şekil 5.28).



Şekil 5.28 : Leke 4 için maksimum temizleme oranı koşulları.

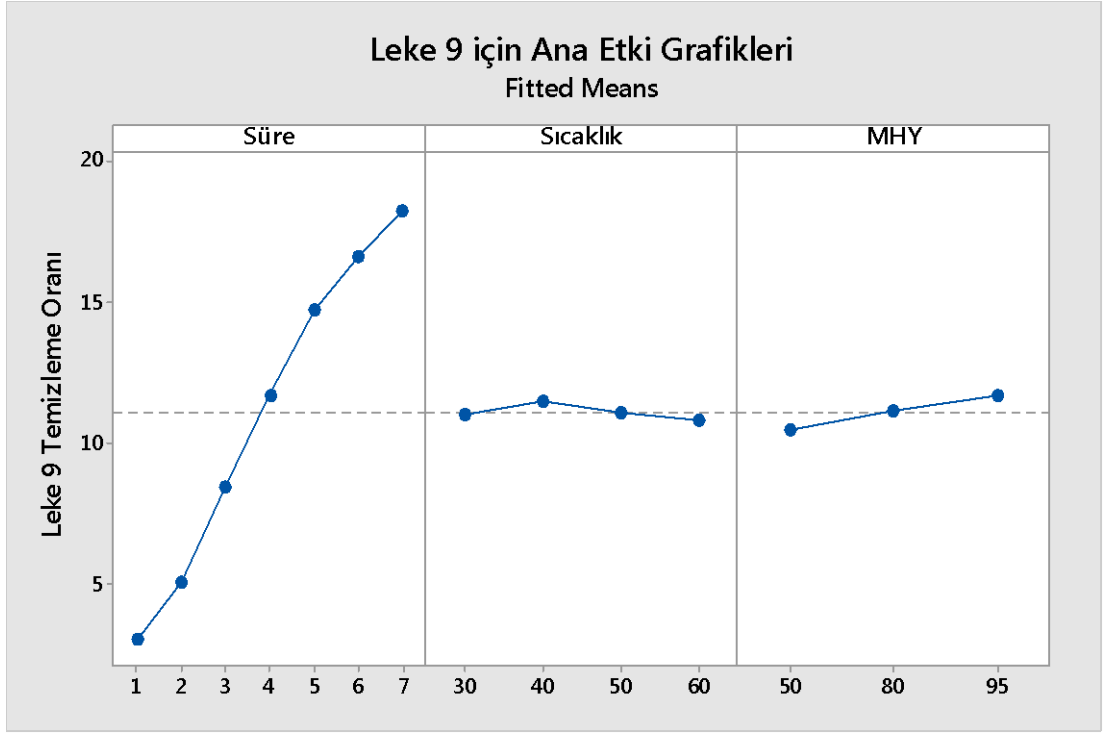
Sıcaklık 50 °C seçildiğinde yıkama performansı %2,5 oranında azalmaktadır (Şekil 5.29).



Şekil 5.29 : Leke 4 için optimize edilmiş temizleme oranı.

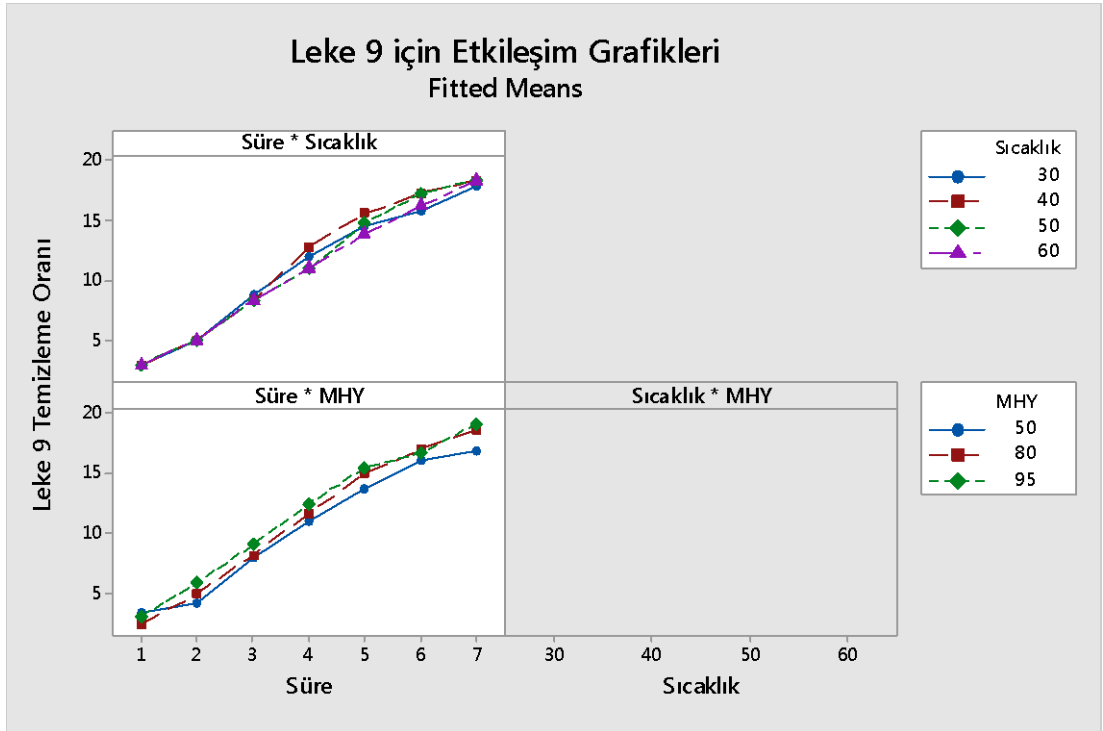
9 numaralı leke kumaşı için MHY, sıcaklık, süre ana etkileri, süre-sıcaklık ve süre-MHY ikili etkileşimlerinin etkili olduğu belirlenmiştir.

Şekil 5.30 ana etki ve Şekil 5.31 etkileşim grafiklerinde yıkama performansı üzerinde en etkili parametrenin süre olduğu belirlenmiştir. 40 °C'den sonra sıcaklığın olumsuz etkilediği görülmektedir.



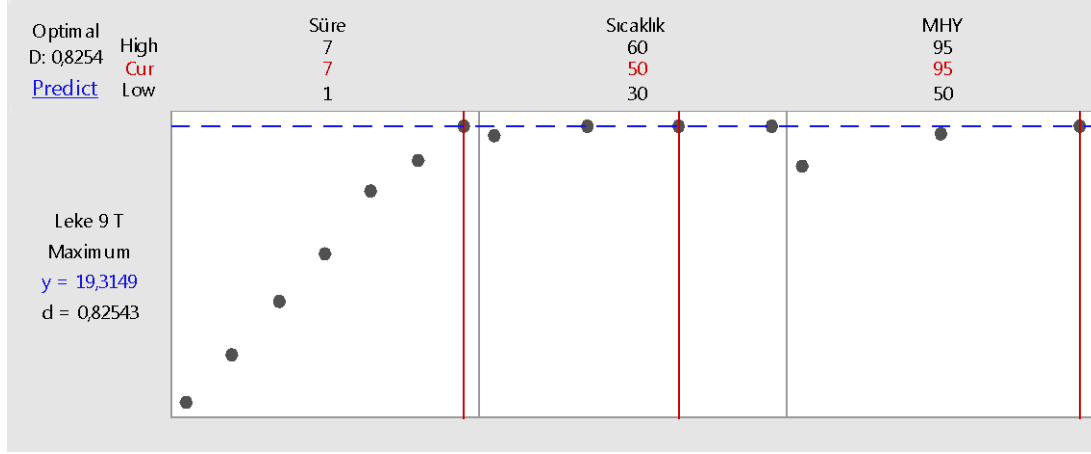
Şekil 5.30 : Leke 9 için ana etki grafikleri.

Etkileşim grafiklerinde mekanik hareket yüzdesi etkisinin azalarak arttığı görülmüştür.



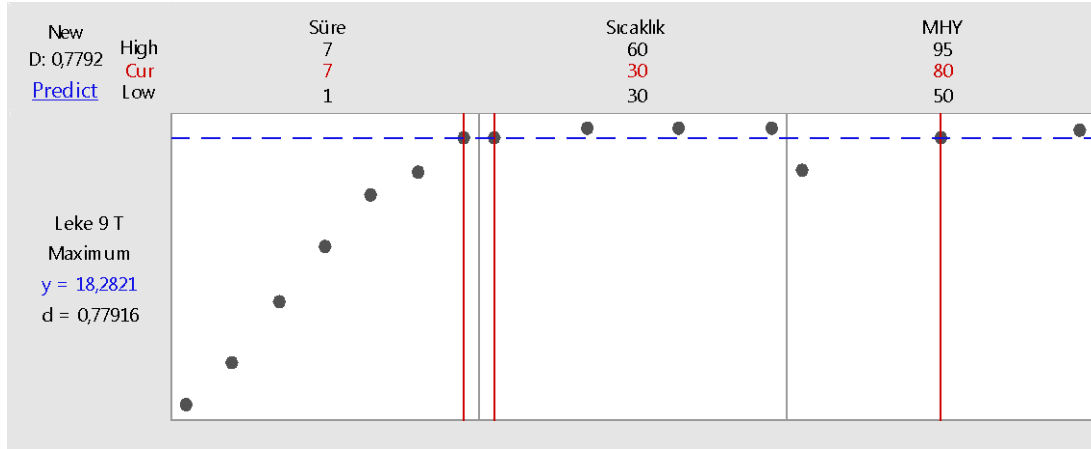
Şekil 5.31 : Leke 9 için etkileşim grafikleri.

En iyi yıkama performansı 50 °C sıcaklık, %95 mekanik hareket yüzdesi ve süre koşulunun 7 olduğu durumda görülmüştür (Şekil 5.32).



Şekil 5.32 : Leke 9 için maksimum temizleme oranı koşulları.

Ancak, mekanik hareket yüzdesi %80, sıcaklık ise 30 °C seçildiği durumda yıkama performansı %1 azalmaktadır. Enerji tüketimi açısından düşünüldüğünde 30 °C sıcaklıkta yıkama işleminin yapılması tercih edilecektir (Şekil 5.33).

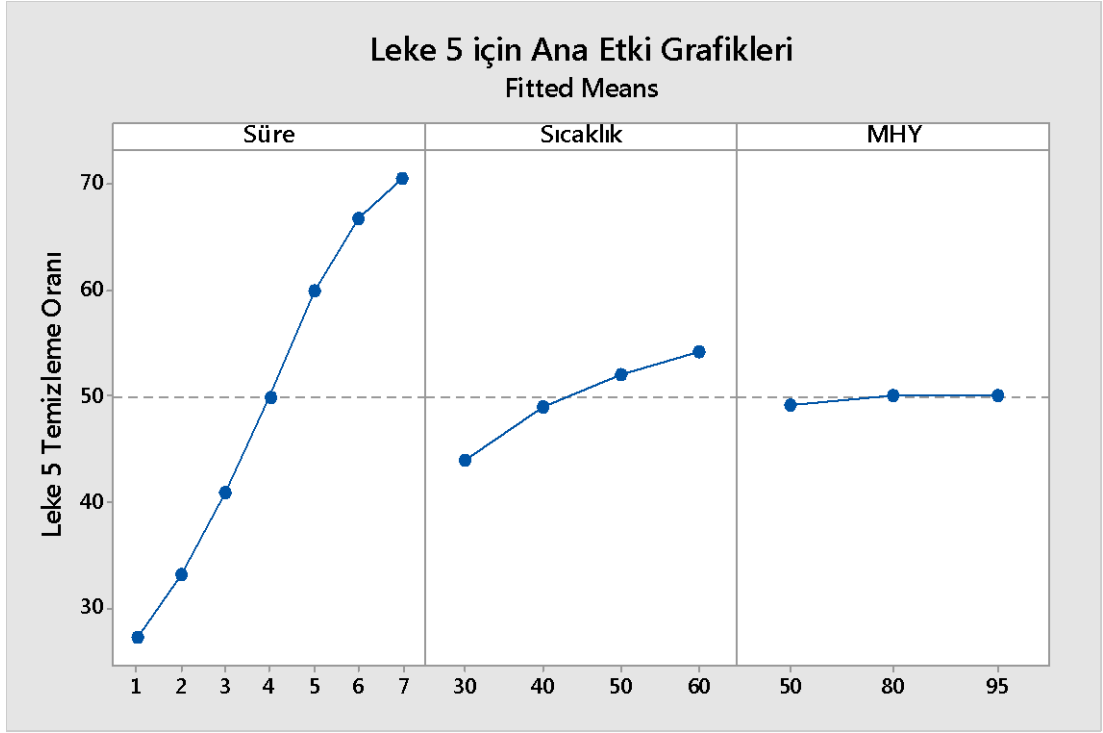


Şekil 5.33 : Leke 9 için optimize edilmiş temizleme oranı.

Ağartıcıya duyarlı lekeler 5 ve 10 numaralı lekelerdir.

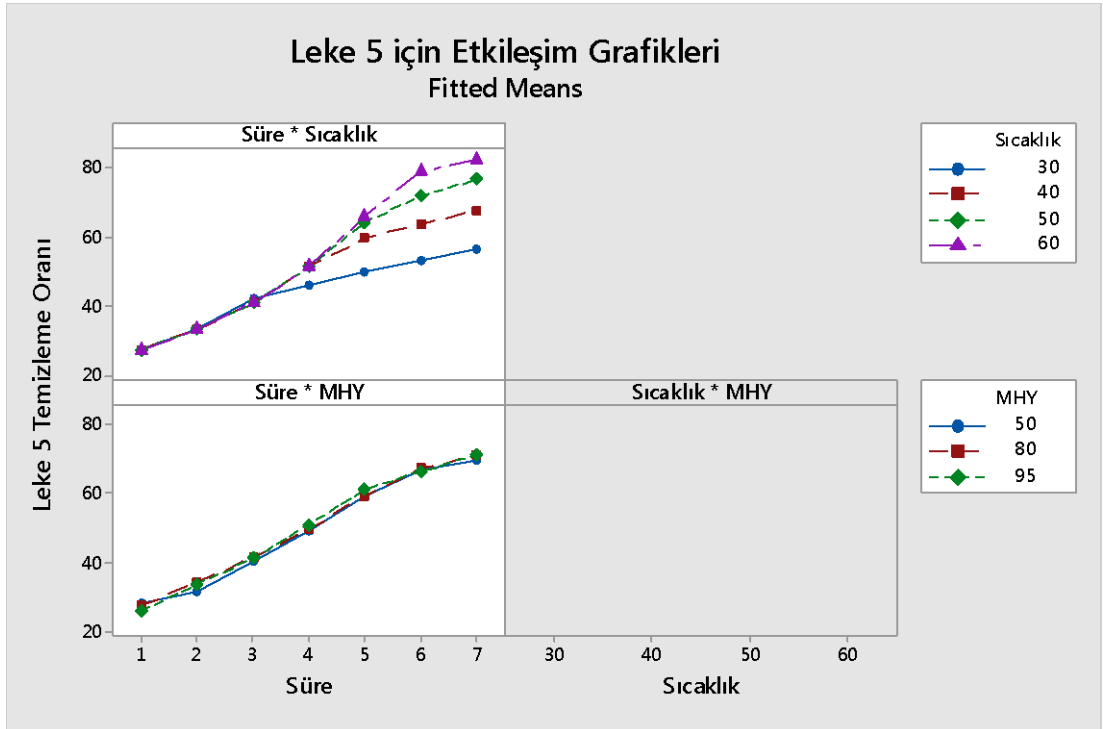
5 numaralı leke kumaşı için MHY, sıcaklık, süre ana etkileri, süre-sıcaklık ve süre-MHY ikili etkileşimlerinin etkili olduğu belirlenmiştir.

Şekil 5.34'teki ana etki grafiklerinde, diğer leke tiplerinin aksine sürenin yanında sıcaklığın da temizleme oranı üzerinde etkisinin yüksek olduğu görülmüştür.



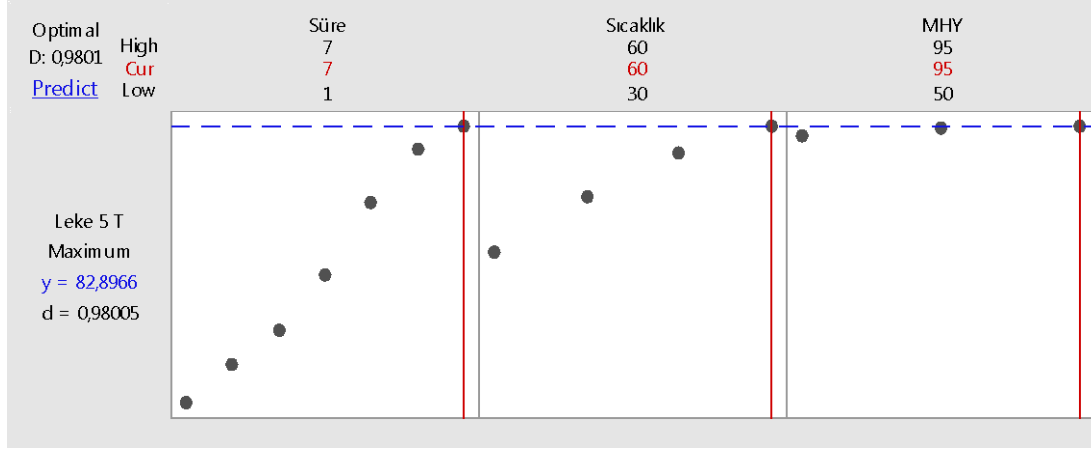
Şekil 5.34 : Leke 5 için ana etki grafikleri.

Şekil 5.35'teki etkileşim grafikleri incelendiğinde, süre ile birlikte sıcaklık yükseldikçe yıkama performansı büyük oranda artmıştır. Mekanik hareket yüzdesinin etkisi ise düşüktür.



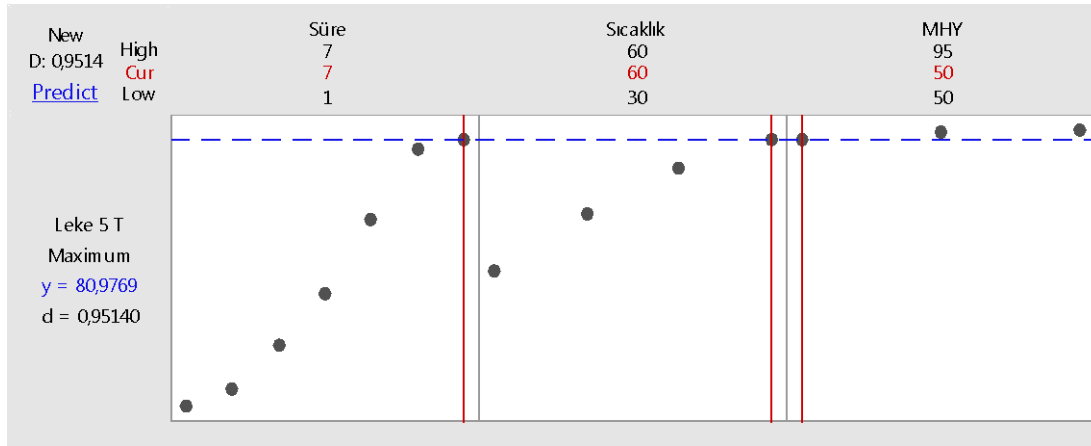
Şekil 5.35 : Leke 5 için etkileşim grafikleri.

En yüksek yıkama performansı 60 °C sıcaklık, %95 mekanik hareket yüzdesi ve süre parametresi 7 olduğu durumda elde edilmiştir (Şekil 5.36).



Şekil 5.36 : Leke 5 için maksimum temizleme oranı koşulları.

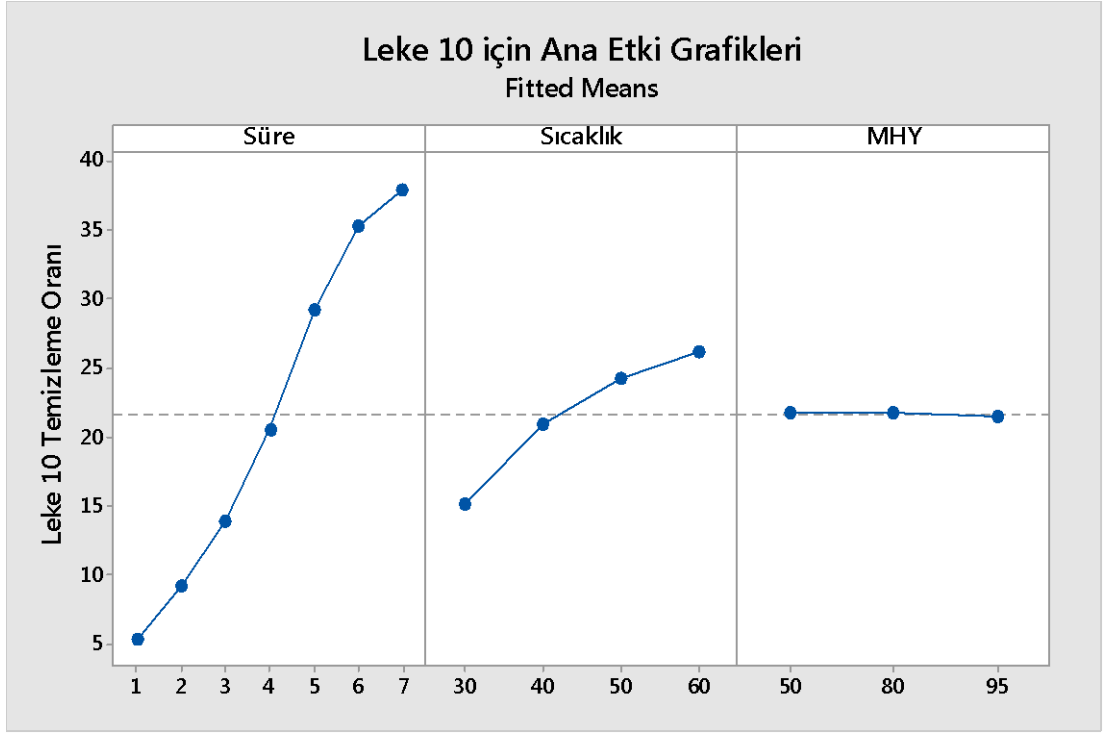
Mekanik hareket yüzdesi %50'ye düşürüldüğünde yıkama performansı %2 oranında azalmaktadır (Şekil 5.37).



Şekil 5.37 : Leke 5 için optimize edilmiş temizleme oranı.

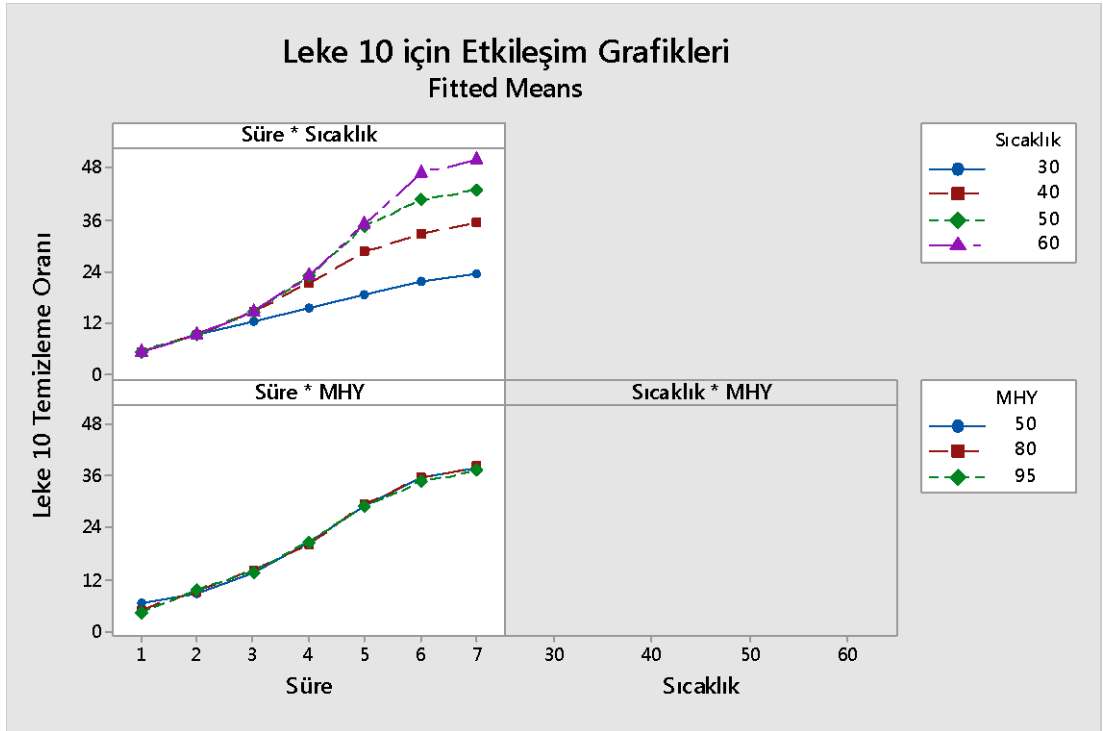
10 numaralı leke kumaşı için sıcaklık, süre ana etkileri, süre-sıcaklık ve süre-MHY ikili etkileşimlerinin etkili olduğu belirlenmiştir.

5 numaralı leke kumaşında olduğu gibi sıcaklık ve sürenin yıkama performansı üzerinde etkisi yüksektir (Şekil 5.38).



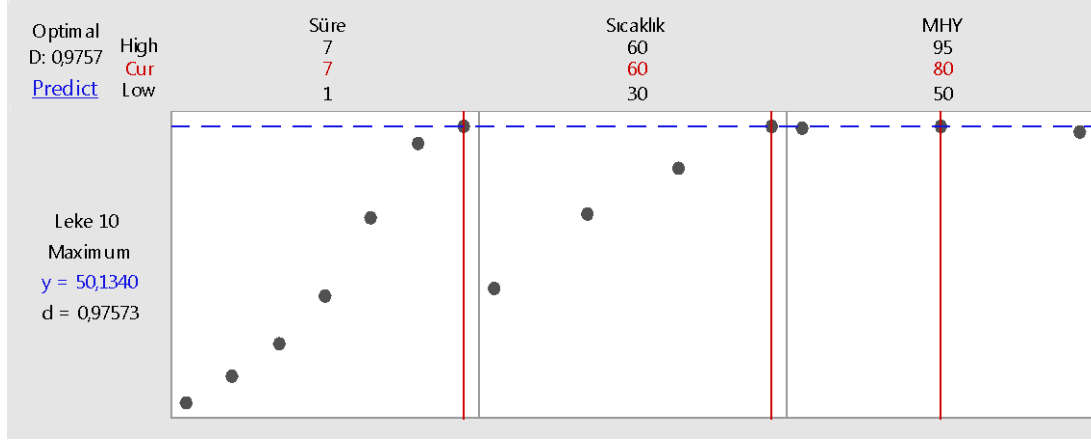
Şekil 5.38 : Leke 10 için ana etki grafikleri.

Şekil 5.39'daki etkileşim grafiklerinde ise, sürenin uzun olduğu koşulda sıcaklık temizleme oranını iyileştirirken, mekanik hareket yüzdesinin etkisinin olmadığı görülmektedir.



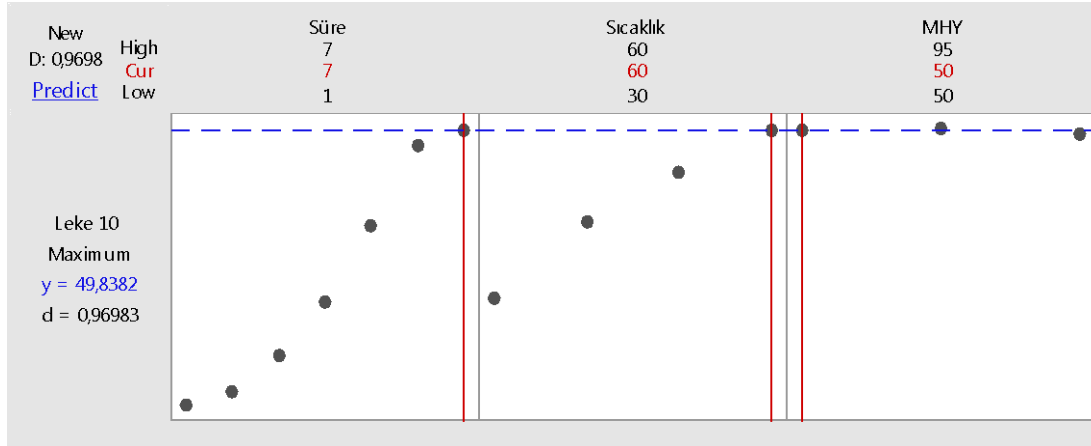
Şekil 5.39 : Leke 10 için etkileşim grafikleri.

En iyi yıkama performansı, 60 °C sıcaklık, %80 mekanik hareket yüzdesi ve süre parametresinin 7 olduğu durumda ortaya çıkmıştır (Şekil 5.40).



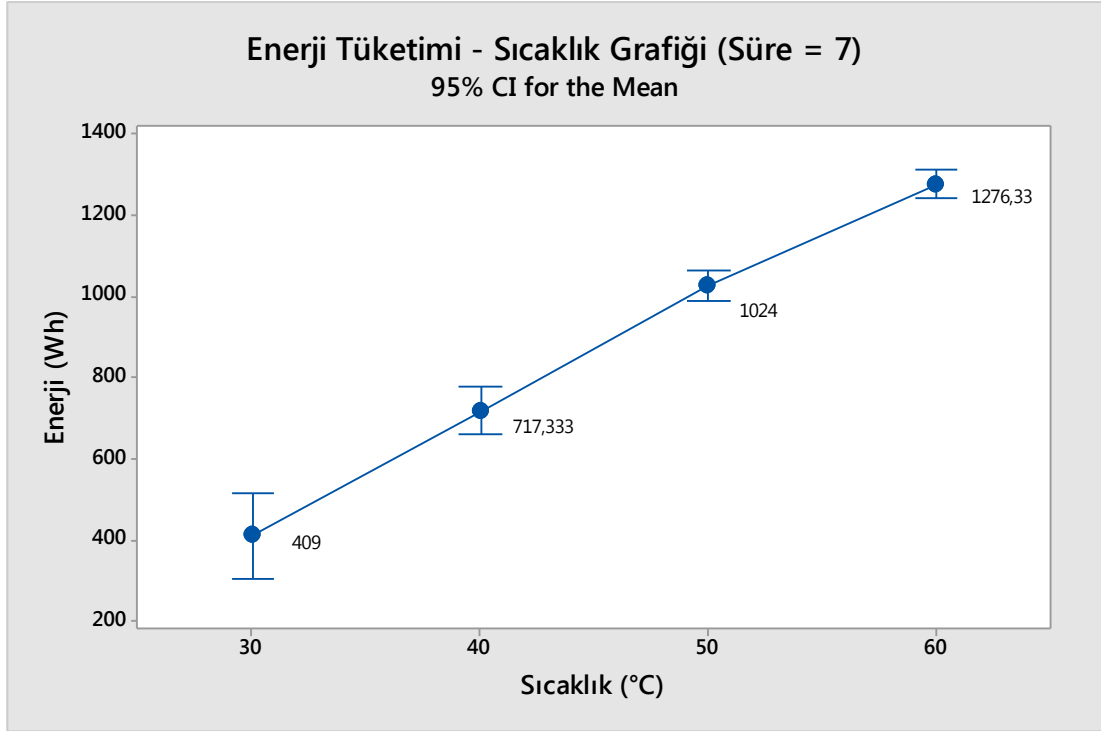
Şekil 5.40 : Leke 10 için maksimum temizleme oranı koşulları.

Mekanik hareket yüzdesi %50 değerine düşürüldüğünde ise, yıkama performansı değerinde azalma %1'in altında kalmaktadır (Şekil 5.41).



Şekil 5.41 : Leke 10 için optimize edilmiş temizleme oranı.

Optimum koşulları belirleyebilmek için, temizleme oranlarının yanında farklı koşullarda harcanan enerji miktarları da Minitab programı kullanılarak analiz edilmiştir. Buna göre mekanik hareket yüzdesine göre enerji tüketiminde fark olmadığı belirlenmiştir. Enerji tüketimi üzerindeki en önemli faktör sıcaklıktır. Sıcaklık parametresine göre ortalama enerji tüketimi değerleri Şekil 5.42'de gösterilmiştir.

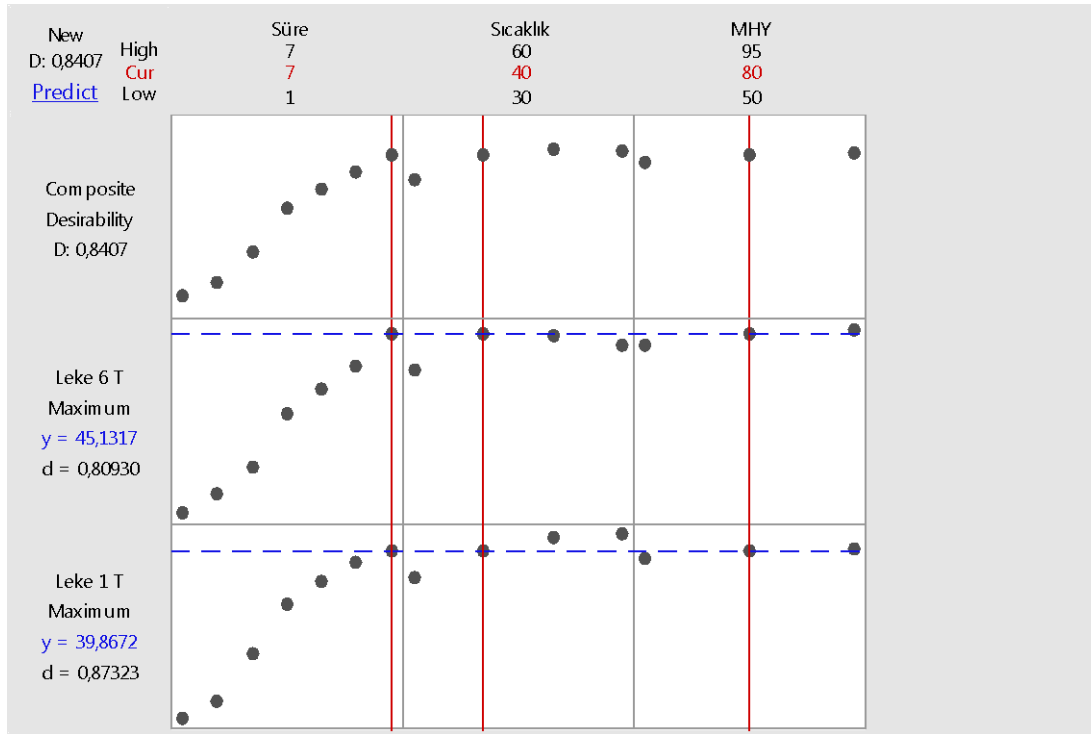


Şekil 5.42 : Sıcaklık parametresine göre enerji tüketim değerleri.

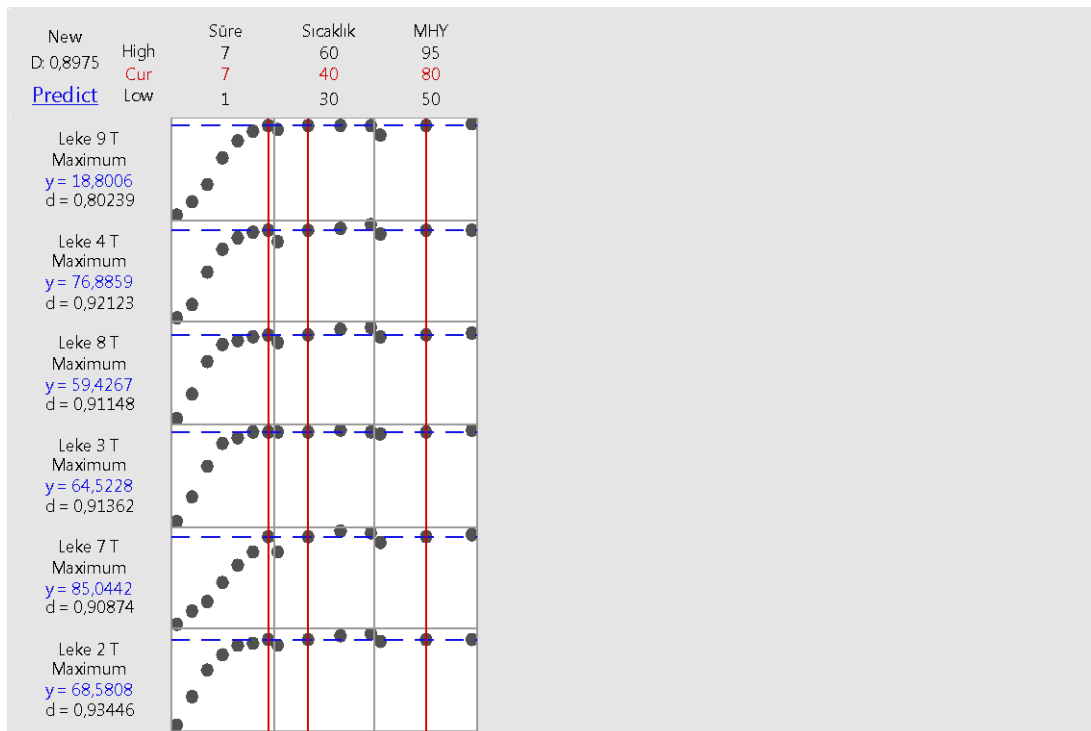
6. VARGILAR VE ÖNERİLER

Lekelerin tamamına yakınının en iyi temizleme oranını elde ettiği koşul, 50 °C ve üzeri sıcaklık, %95 mekanik hareket yüzdesi ve en uzun süre koşuludur. Bu koşul en iyi temizleme oranını sağlamasına rağmen optimum koşul değildir. Daha fazla mekanik hareket, çamaşır makinesi ekipmanlarının ömrünü azaltmaktadır. Ayrıca, sıcaklık ve tekstile uygulanan mekanik hareket yüzdesi arttıkça tekstilin daha fazla yıprandığı bilinmektedir. Daha düşük sıcaklıklarda yıkama yapılarak, temizleme oranından önemli bir değişim olmadan, enerji tüketiminin azaldığı belirlenmiştir.

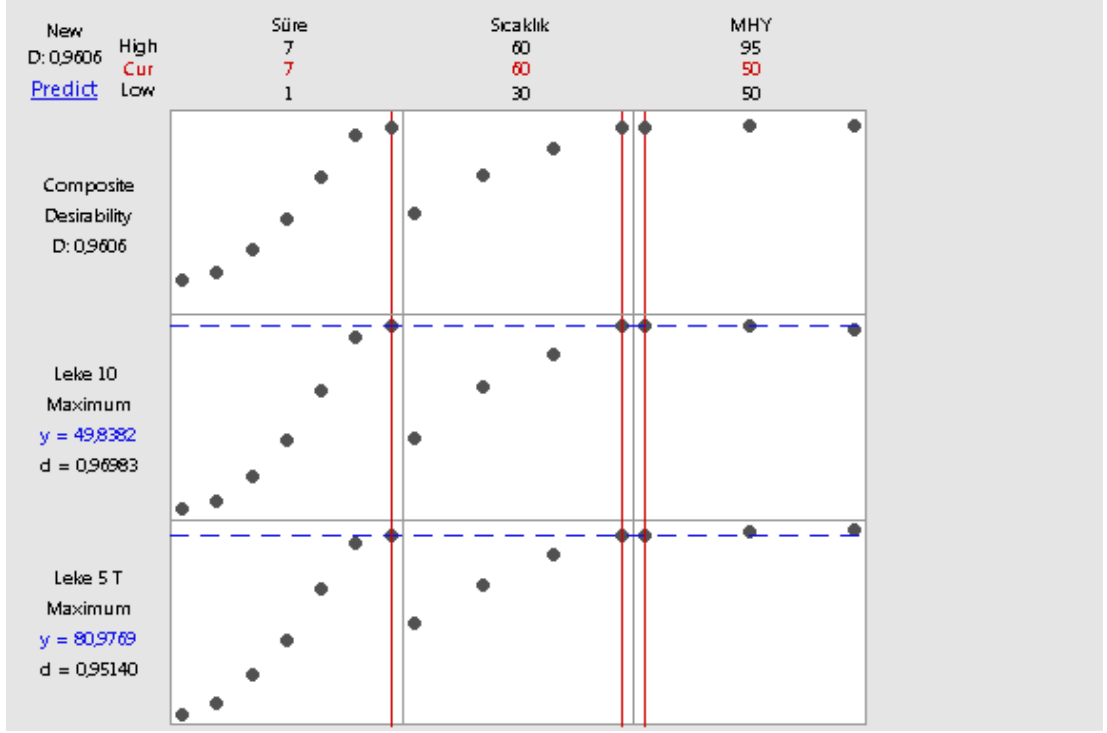
Şekil 6.1, 6.2 ve 6.3'te yüzey aktif maddeye, enzimlere ve ağartıcıya duyarlı lekeler için optimum koşullar önerilmiştir. Tüm leke tipleri üzerindeki en etkili olan ortak parametre süredir. Süre arttırıldıkça yıkama performansı artmaktadır. Mekanik hareket yüzdesi, yüzey aktif madde ve enzimlere duyarlı lekeler için %80, ağartıcıya duyarlı lekeler için %50 önerilmiştir. Ağartma işlemi için en etkili parametre sıcaklık olarak belirlenmiştir. Bu nedenle, düşük mekanik hareket uygulandığı durumda temizleme oranı olumsuz etkilenmemektedir. Test sonuçlarına göre elde edilen en önemli çıktılardan birisi de, 60 °C'den daha düşük sıcaklıklarda yüksek temizleme oranlarının elde edilebildiğinin belirlenmesidir. 40 °C'den sonra temizleme oranındaki iyileşme oranı azalmaktadır. 60 °C yerine 50 °C de yıkama yapıldığında ortalama 252 Wh (%19,7 oranında), 40 °C'de yıkama yapıldığında ise 559 Wh (%43,8 oranında) enerji tasarrufu sağlanmaktadır.



Şekil 6.1 : Yüzey aktif maddeye duyarlı lekeler için optimum koşul.



Şekil 6.2 : Enzimlere duyarlı lekeler için optimum koşul.



Şekil 6.3 : Ağartıcılara duyarlı lekeler için optimum koşul.

Bu sonuçlar doğrultusunda, çamaşır makinesi kullanıcıları yönlendirilerek, çevreye ve doğal kaynaklara duyarlı bir şekilde kullanım koşullarının elde edilmesi sağlanabilir.

Ayrıca, her bir leke için belirlenen temizlenme koşulları dikkate alınarak, optimum enerji tüketimi ile her tip lekenin temizlenmesini sağlayan bir çamaşır makinesi programı geliştirilebilir.

Bu çalışmadan elde edilen bilgiler doğrultusunda, bu çalışmada yer verilmeyen su miktarı, deterjan miktarı, tekstil tipi gibi parametrelerin temizleme oranı üzerindeki etkisi incelenebilir. Bunun yanında, bu çalışmada dikkate alınan parametrelerde dahil edilerek yıkama işleminin tekstil hasarına etkisi çalışılabilir.

KAYNAKÇA

- Abeliotis, K., Candan, C., Amberg, C., Ferri, A., Osset, M., Owens, J., & Stammering, R.** (2015). Impact of water hardness on consumers' perception of laundry washing results in five European countries. *International Journal of Consumer Studies* 39, 60-66.
- American Cleaning Institute.** (tarih yok). *Working in Harmony to Save Energy and Water.* 01 2015 tarihinde www.cleaninginstitute.org:https://www.scienceinthebox.com/en-UK/Assets/PDF/research/history-of-washing.pdf adresinden alındı
- BS EN 60456:2011.** (2011, 07). *Clothes washing machines for household use - Methods for measuring the performance.*
- Center for Testmaterial (CFT).** (2015). *CFT Price List 2015-2016.* [www.cftbv.nl: http://www.cftbv.nl/Latest_Documents/CFT%20Pricelist%202015-2016.pdf](http://www.cftbv.nl/Latest_Documents/CFT%20Pricelist%202015-2016.pdf) adresinden alınmıştır
- Ganguli, K. L., & Eendenburg, J. v.** (1980). Mass Transfer in a Laboratory Washing Machine. *Textile Reseach Institute*, 428-432.
- Gülümser, T.** (2010). Soil Releasing Effect of Concentrated Detergents Compared With the Ordinary Ones. *Tekstil ve Konfeksiyon.*
- Hauthal, H. G.** (2005). Types and Typical Ingredients of Detergents. H. Waldhoff, & R. Spilker içinde, *Handbook of Detergents, Part C: Analysis* (s. 1-100). New York: Marcel Dekker.
- IEC 60734 Ed.4.** (2012). *Household electrical appliances - Performance - Water for testing.* Italy: IEC - International Electrotechnical Commission.
- Jakobi, G. M.** (1975). *Chem. Ztg.* 99, 182-193.
- Kissa, E.** (1981). Mechanisms of Soil Release. *Textile Research Journal*, 508-513.

- Kruschwitz, A., Karle, A., Schmitz, A., & Stamminger, R.** (2014). Consumer Laundry Practices in Germany. *International Journal of Consumer Studies*, 265-277.
- Laurent, J. B., Buzzaccarini, d. F., Clerck, K. D., Demeyere, H., Regine, L., Lodewick, R., & Langenhova, v. L.** (2007). Laundry Cleaning of Textiles. I. Johansson, & P. Somasundaran içinde, *Handbook for Cleaning*. Elsevier B.V.
- Mishra, M., Muthuprasanna, P., Prabha, K. S., Rani, P. S., Babu, A. S., Chandiran, I. S., Shalini, S.** (2009). Basics and Potential Applications of Surfactants - A Review. *International Journal of PharmTech Research*, 1354-1365.
- Muir, A. C., McKeown, P., Li, Y., Kobine, J., & Bird, M.** (2013). The removal of food fat based soils during the washing of fabrics. *Chemical Engineering Research And Design*, 1602-1613.
- Namara, C., Gabriele, A., Amador, C., & Bakalis, S.** (2012). Dynamics of textile motion in a front-loading domestic washing machine. *Chemical Engineering Science* 75, 14-27.
- P&G.** (tarih yok). *History of Washing*. 01 2015 tarihinde www.scienceinthebox.com:https://www.scienceinthebox.com/en-UK/Assets/PDF/research/history-of-washing.pdf adresinden alındı
- Pakula, C., & Stamminger, R.** (2014). Energy and water saving potential in automatic laundry washing processes. *Springer Science*.
- Seneviratne, M.** (2006). Laundries. M. Seneviratne içinde, *A Practical Approach to Water Conservation for Commercial and Industrial Facilities* (s. 343-356). Elsevier.
- Simoncic, B., & Hladnik, A.** (2009). Evaluation of Surfactant Detergency using Statistical Analysis. *Textile Research Journal*, 318-325.
- Smulders, E.** (2002). *Laundry Detergents*. Mörlenbach: Wiley-VCH Verlag GmbH.
- Soljacic, I., Pusic, T., Jelcic, J., & Nuber, M.** (2007). Investigation of Bleach Active Compounds in Washing Bath. *Journal of Textile & Clothing Technology*, 407-411.

- Soni, H., & Kango, N.** (2013). Microbial Mannanases: Properties and Applications. *Advances in Enzyme Biotechnology*, 41-56.
- Swissatest.** (2015). *Swissatest Price List 2015*. [www.swissatest.ch: http://www.swissatest.ch/files/downloads/1f298a8039a523e088e5db00fb23f074/Price_list_Testmaterials_%20E_%202015.pdf](http://www.swissatest.ch/files/downloads/1f298a8039a523e088e5db00fb23f074/Price_list_Testmaterials_%20E_%202015.pdf) adresinden alınmıştır
- Vojcic, L., Pitzler, C., Körfer, G., Jakob, F., Martinez, R., Maurer, K.-H., & Schwaneberg, U.** (2015). Advances in protease engineering for laundry detergents. *New Biotechnology*.
- Wikipedia.** (2013, 07 07). *tr.wikipedia.org*. Misel: <http://tr.wikipedia.org/wiki/Misel> adresinden alınmıştır
- Wikipedia.** (2014, 10 28). *en.wikipedia.org*. Chromophore: <http://en.wikipedia.org/wiki/Chromophore> adresinden alınmıştır
- Wikipedia.** (2014, 01 19). *en.wikipedia.org*. Galactomannan: <http://en.wikipedia.org/wiki/Galactomannan> adresinden alınmıştır
- Woo, J. H., Kim, J., & Park, C. H.** (2014). Contributing Ratio of the Mechanical and the Physicochemical Actions to Washing Efficiency of Mineral Oil and Protein Soils. *Fibers and Polymers*, 645-652.
- Yeşil, Y.** (2010). *Melanj Elyaf Karışımlarında Renk Değerlerinin Yeni Bir Algoritma Geliştirilerek Tahmin Edilmesi*. Adana: Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Yun, C., & Park, C. H.** (2015). The effect of fabric movement on washing performance in a front-loading washer II: under various physical washing conditions. *Textile Research Journal*, 251-261.

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Servet EFE

Doğum Yeri ve Tarihi: İzmir / 10.01.1990

E-Posta: efeserve@gmail.com

Lisans: İstanbul Teknik Üniversitesi

Kimya Mühendisliği (2006-2011)

Yüksek Lisans: İstanbul Teknik Üniversitesi

Kimya Mühendisliği (2012-2015)

Mesleki Deneyim: 2012 - ... Arge Mühendisi, Arçelik A.Ş

