

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BULAŞIK MAKİNESİ YIKAMA PERFORMANSINA ETKİ EDEN MEKANİK
PARAMETRELERİN DENEYSEL VE TEORİK OLARAK İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Oğuzhan KELEŞ

Makina Mühendisliği Anabilim Dalı

Konstrüksiyon Programı

ŞUBAT 2018

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**BULAŞIK MAKİNESİ YIKAMA PERFORMANSINA ETKİ EDEN MEKANİK
PARAMETRELERİN DENEYSEL VE TEORİK OLARAK İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Oğuzhan KELEŞ
(503151222)**

Makina Mühendisliği Anabilim Dalı

Konstrüksiyon Programı

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Zeynep Parlar

ŞUBAT 2018

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 503151222 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Oğuzhan KELEŞ, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “BULAŞIK MAKİNESİ YIKAMA PERFORMANSINA ETKİ EDEN MEKANİK PARAMETRELERİN DENEYSEL VE TEORİK OLARAK İNCELENMESİ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Yrd. Doç. Dr. Zeynep PARLAR**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Yrd. Doç. Dr. İ. Mehmet PALABIYIK**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. İlknur KOÇAŞ
İstanbul Gedik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **5 Şubat 2018**
Savunma Tarihi: **9 Şubat 2018**





Aileme, eşime ve dostlarıma,



ÖNSÖZ

İstanbul Teknik Üniversitesi'ndeki eğitim hayatım boyunca tüm samimiyetiyle bilgi ve birikimini benimle paylaşan sevgili hocam Yrd. Doç. Dr. Zeynep PARLAR'a; lisans tez çalışmamla tanıştığım ve daha sonra proje mühendisi olarak işe başladığım Arçelik Garage&Maker Lab Yöneticiliği ailesine; tecrübesini ve deneyimlerini bana aktaran yöneticimiz Celal Vatansever'e; proje kapsamında ve iş hayatımda değerli katkılarıyla bana yol gösteren Ömer Burak Çoban'a; her daim bana destek çıkan, yanımda olan ve iş arkadaşlığının ötesinde dostluğunu hissettiren Sena DAVASLIGİL'e, fikirlerini ve katkılarını benden esirgemeyen Mehmet Taylan ÇELİK'e ve tüm çalışma arkadaşlarıma teşekkür eder, minnetlerimi sunarım.

Bu süreçte bana güç veren, inancımı ve motivasyonumu sürekli yüksek tutmamı sağlayan biricik eşime çok teşekkür ederim.

Eğitim hayatım boyunca her türlü desteğini benden esirgemeyen sevgili anneme, babama ve kardeşime sonsuz teşekkür ederim.

İstanbul Teknik Üniversitesi ailesinin bir ferdi olmaktan her zaman gurur duydum ve duymaya devam edeceğim.

Şubat 2018

Oğuzhan KELEŞ
Makina Mühendisi



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
SEMBOLLER	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xv
ŞEKİL LİSTESİ.....	xvii
ÖZET.....	xix
SUMMARY	xxi
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Tezin Amacı ve Kapsamı	2
1.2 Literatür Özeti	3
1.2.1 Genel bilgiler	3
1.2.2 Makale araştırması	5
1.2.3 Patent araştırması	8
2. BULAŞIK MAKİNESİ	15
2.1 Bulaşık Makinesinin Yapısı	15
2.2 Bulaşık Makinesi Çalışma Prensibi.....	19
2.3 Bulaşık Makinesi Yıkama Performansının Belirlenmesinde Kullanılan Standartlar	20
3. TASARIM.....	23
3.1 Mevcut Bulaşık Makinesi Pervane Sistemi.....	23
3.2 Tasarım Kriterleri	23
3.3 Şekillendirme Aşaması.....	25
3.3.1 Ön şekillendirme	25
3.3.2 Son şekillendirme	33
4. PROTOTİP İMALATI	45
5. TASARIMIN DOĞRULANMASI.....	49
5.1 Kirli Bulaşığın Temizlenmesinde Mekanik Etki Faktörünün Belirlenmesi	49
5.1.1 Mekanik etki faktörü yaklaşımının avantajları.....	51
5.1.2 Mekanik etki faktöründe yer alan parametrelerin tanımlanması.....	52
5.2 Mekanik Etki Faktörünün Doğrulanması	55
6. DENEYSEL ÇALIŞMALAR	59
6.1 Deney Koşulları.....	59
6.2 Deney Numunelerinin Hazırlanması	60
6.2.1 Kirletme malzemelerinin hazırlanması	60
6.2.2 Kirli kapların kurutulması	68
6.3 Deneyin Yapılması	69
6.3.1 Deneyin başlatılması	69
6.3.2 Değerlendirme	71
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	79
KAYNAKLAR	81



KISALTMALAR

A.Ş.	: Anonim Şirket
ARGE	: Araştırma Geliştirme
EPO	: European Patent Office
POM	: Polioksümetilen
DC	: Direct Current
EN	: European Standard
CAD	: Computer Aided Drawing
dBA	: Desibel
mm	: Milimetre
mm²	: Milimetrekaare
mmol	: Milimol
SLS	: Selective Laser Sintering
CNC	: Computer Numerical Control
l	: Litre
g	: Gram
cm³	: Santimetreküp
Nm	: Newtonmetre
kPa	: Kilopascal
MPa	: Megapascal
d/dk	: Devir/Dakika
YE	: Yıkama Endeksi



SEMBOLLER

°	: Derece
°C	: Santigrat Derece
A	: Alan
V	: Hız
F	: Kuvvet
m	: Kütlesel debi
ρ	: Yoğunluk
i	: Dişli Çevrim Oranı
W	: Açısal Hız
M	: Mekanik Etki Faktörü
P	: Basınç



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1 : Kullanıcılar için bulaşık makinesi satın alırken en önemli faktörler	1
Çizelge 1.2 : Kullanıcıların bulaşık makinesi satın alma nedenleri.....	2
Çizelge 2.1 : Yıkama performansı sınıfları	21
Çizelge 4.1 : POM malzeme özellikleri	46
Çizelge 5.1 : Alt pervane basınç değerleri	53
Çizelge 5.2 : Basınç değerlerinin sınıflandırılması.....	54
Çizelge 5.3 : Alt pervane hız değerleri	54
Çizelge 5.4 : Hız değerlerinin sınıflandırılması	54
Çizelge 5.5 : x ve y değerleri	55
Çizelge 5.6 : Mekanik etki faktörünün farklı basınç ve hız sınıflarında A'ya bağlı değişimi	56
Çizelge 5.7 : x ve y değerleri	56
Çizelge 5.8 : Mekanik etki faktörünün farklı basınç ve hız sınıflarında A'ya bağlı değişimi	56
Çizelge 5.9 : Basınç ve hız sınıfları	57
Çizelge 6.1 : A ve B bulaşık makineleri teknik özellikleri	59
Çizelge 6.2 : Yıkama performansı testlerinde kullanılan deterjan bileşimi	60
Çizelge 6.3 : Yıkama performansı testlerinde kullanılan durulama maddesi bileşimi	60
Çizelge 6.4 : Yemek takımı parça boyutları	61
Çizelge 6.5 : Yıkama testi için kirletilen bulaşıkların kir miktarı	61
Çizelge 6.6 : Kir alanı-yıkama puanı tablosu	71
Çizelge 6.7 : Mevcut sistemin yıkama performansının değerlendirilmesi	74
Çizelge 6.8 : Uydu pervane tasarımının olduğu sistemin yıkama performansının değerlendirilmesi	75



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Temizleme performansını etkileyen parametreler	4
Şekil 1.2 : Su jetinin nozülünden çıktıktan sonraki basınç profili	4
Şekil 1.3 : Bir boru hattı üzerindeki akış	5
Şekil 1.4 : Temizleme performansının basınç ve d/dk ile değişimi	6
Şekil 1.5 : Farklı uzaklıklarda çekilen görüntüler	7
Şekil 1.6 : Kuvvet-açı grafiği	7
Şekil 1.7 : Yıkama oranları	8
Şekil 1.8 : Maytag firmasına ait US5464482 numaralı patent görseli	9
Şekil 1.9 : Electrolux firmasına ait WO2015149860 numaralı patent görseli	9
Şekil 1.10 : Electrolux firmasına ait WO2015149859 numaralı patent görseli	10
Şekil 1.11 : Electrolux firmasına ait EP1050263 numaralı patent görseli	10
Şekil 1.12 : Miele firmasına ait DE102009007297 numaralı patent görseli	11
Şekil 1.13 : Whirlpool firmasına ait US8347898 numaralı patent görseli	11
Şekil 1.14 : Hoover firmasına ait FR2026009 numaralı patent görseli	12
Şekil 1.15 : Samsung firmasına ait KR100258615 numaralı patent görseli	12
Şekil 1.16 : BSH firmasına ait DE102010043021 numaralı patent görseli	13
Şekil 1.17 : Samsung firmasına ait CN103462574 numaralı patent görseli	13
Şekil 2.1 : Bulaşık makinesi	15
Şekil 2.2 : Bulaşık makinesinin bölümleri	16
Şekil 2.3 : Kazan grubu	16
Şekil 2.4 : Kapı grubu	17
Şekil 2.5 : Yıkama grubu	18
Şekil 2.6 : Ön panel grubu	18
Şekil 2.7 : Bulaşık makinesi hidrolik devresi	20
Şekil 2.8 : Yıkama performansı sınıfları	21
Şekil 3.1 : Mevcut tasarıma ait etüt görseli.	24
Şekil 3.2 : Bulaşık makinesi alt pervane yıkama alanı.	24
Şekil 3.3 : Alt pervane üzerinde yer alan uydu pervane tasarımına ait şematik çizim.....	25
Şekil 3.4 : Alt pervane ve uydu pervane arasında bağıl hareketi gösteren çizim.	26
Şekil 3.5 : (a) Pervanelerin yan duvarlarda birbirine göre konumu. (b) Pervanelerin köşe noktada birbirine göre konumu.	27
Şekil 3.6 : Sisteme ait kesit görünüş.	28
Şekil 3.7 : Taksimat dairesi çapları ve eksenler arası mesafeler.	29
Şekil 3.8 : Yıkama alanında dişli yapılarının yerleşimi.	31
Şekil 3.9 : Ön şekillendirme aşamasında tasarımın son hali.	31
Şekil 3.10 : Uydu pervane ile alt pervanenin yanlış konumda makineye takılması. .	32
Şekil 3.11 : Ana pervanenin kademeli hale getirilmiş hali.	33

Şekil 3.12 : Kademeli hale getirilen alt pervane ve uydu pervanesinin üstten görünüşü	34
Şekil 3.13 : Taksimat daireleri çapları ve eksenler arası mesafeler.	34
Şekil 3.14 : Alt pervane boyutları ve dişlilerin yerleşimi.	35
Şekil 3.15 : Form faktörü ve yük paylaşım faktörü	36
Şekil 3.16 : Diş dibi dayanımı	37
Şekil 3.17 : Yüzey form faktörü	38
Şekil 3.18 : Malzeme faktörü	38
Şekil 3.19 : POM malzemeden yapılmış plastik dişlilerde yüzey emniyet gerilmesi	39
Şekil 3.20 : Uydu pervane üzerinde yer alan nozüller.	40
Şekil 3.21 : Alt pervaneye dönme momentini artırmak için eklenen nozüller.	40
Şekil 3.22 : Alt pervanesinin üzerinde bulunan nozüller.	41
Şekil 3.23 : Alt pervane üstten kesit görünüşü.	41
Şekil 3.24 : (a) Dişlilerin merkezlenmesi ve uydu pervaneye hareket aktarımı. (b) Tasarımın yandan kesit görünüşü.	42
Şekil 3.25 : Sistemin patlatılmış görünümü.	42
Şekil 3.26 : Yeni tasarımın yıkama alanı içerisindeki görünümü.	43
Şekil 4.1 : Prototip görseli.	47
Şekil 4.2 : Prototip görseli.	48
Şekil 5.1 : Basınç ve devir/dk'nın temizleme performansına etkisi	50
Şekil 5.2 : Alt sepet dolu haldeyken köşe noktalarda kalan tabaklar.	52
Şekil 5.3 : Örnek pervane tasarımlarının A katsayıları.....	53
Şekil 5.4 : Mevcut alt pervane için A değeri.	57
Şekil 5.5 : Yeni tasarlanan alt pervane için A değeri.	58
Şekil 5.6: Mekanik etki faktörünün değişimi.	58
Şekil 6.1 : Süt ile kirletilmiş cam bardaklar.	62
Şekil 6.2 : Isı dolabına konulan çay ile kirletilmiş fincan tabağı ve fincanlar	63
Şekil 6.3 : Kıyma kırı ile hazırlanmış numuneler.	63
Şekil 6.4 : Fırça yardımı ile yumurta sürülen tabak.	64
Şekil 6.5 : Yumurta ile kirletilmiş numuneler.	64
Şekil 6.6 : Yulaf lapası.	65
Şekil 6.7 : Çorba kaşıklarının yulaf lapasına daldırılarak hazırlanması.	65
Şekil 6.8 : Çorba tabaklarına yulaf lapasının uygulanması.	66
Şekil 6.9 : Ispanak kırımın fırça yardımıyla uygulanması.	66
Şekil 6.10 : Ispanak kırı ile hazırlanmış numuneler.	67
Şekil 6.11: Margarin kırımın hazırlanması.	67
Şekil 6.12 : Tüm kirlerin ısı dolabına konulmadan önce hazırlanmış hali.	67
Şekil 6.13 : Isı dolabına dizilen kirli bulaşıklar.	68
Şekil 6.14 : Isı dolabından çıkarılan kirler.	69
Şekil 6.15 : Kirli bulaşıkların alt ve üst sepete yerleşimi.	70
Şekil 6.16 : Referans makine sepet yerleşimi	70
Şekil 6.17 : Yemek takımı parçalarının değerlendirilmesi.	72
Şekil 6.17 (devam) : Yemek takımı parçalarının değerlendirilmesi.	73
Şekil 6.18 : Deneysel çalışmalar sonucu elde edilen yıkama performansları.	77

BULAŞIK MAKİNESİ YIKAMA PERFORMANSINA ETKİ EDEN MEKANİK PARAMETRELERİN DENEYSEL VE TEORİK OLARAK İNCELENMESİ

ÖZET

Günümüzde teknolojinin ilerlemesiyle beraber insan hayatını kolaylaştıran makineler üzerinde yapılan çalışmalar da artmıştır. İnsanların en çok zaman geçirdiği mekân olan evlerde kullanılan ev aletleri de bu değişimden pozitif olarak etkilenmekte ve insan hayatını kolaylaştıracak yönde yapılan araştırma ve geliştirme faaliyetleri sektördeki şirketlerin AR-GE merkezlerinde yürütülmektedir. Yapılan çalışmalar beyaz eşya üreticileri arasında rekabet oluşturmakta ve firmalar daha performanslı, daha az enerji tüketen, daha sessiz ve daha verimli makineler üretmek adına yoğun bir çaba göstermektedir.

Sektörde yer alan firmalar birbirleri ile rekabet ederken fark yaratan makineler tasarlamak ve müşteri algısını geliştirmek için yoğun bir çalışma içerisindeyler. Üretim adetlerinin çok yüksek sayılarda olması bu makinelere talebin çok fazla olduğunu göstermektedir. Firmaların satış rakamlarını artırabilmesi ancak müşterinin konforunu artıran ve fark yaratan tasarımlarla mümkün olabilmektedir.

Bu çalışmada yıkayıcı ev aletlerinden biri olan bulaşık makinelerinin, yıkama etkinliğini artırma amacına yönelik tasarlanan pervane mekanizmasının detaylı bir şekilde incelenmesi ve prototipinin oluşturularak yapılan deneysel çalışmalar ile performans iyileştirmesi ele alınmıştır.

Bulaşık makinelerinin yıkama performansı dört etkene bağlıdır. Bunlar kimyasal etki, mekanik etki, sıcaklık ve zaman olarak sıralanabilir. Bu çalışmada bulaşık makinesindeki yıkama performansını etkileyen mekanik etki faktörünün artırılmasına yönelinmiştir. Mekanik etki yıkama performansında diğer etkenlere göre daha az bir paya sahip olsa da insanlar kimyasal yolla temizleme işlemini sağlıklı bulmamakta ve alternatif çözüm yolları aramaktadır. Ayrıca müşteriler uzun süren yıkama işlemleri sonucunda da memnuniyeti yüksek bir kullanıcı deneyimi yaşayamamaktadır. Bu nedenlerle mekanik etkinin artırılarak temizleme performansının artırılması üzerine olan bu çalışmanın doğrulaması, mekanik etkinin ne olduğu ve nasıl artırıldığı üzerinden yapılabilir.

Tasarım aşamasında bulaşık makinesinde mevcut durumda kullanılan pervane sistemi incelenmiş ve geliştirmeye açık yönler belirlenmiştir. Bunun yanı sıra sektörde rekabet halinde bulunan firmaların yıkama sistemleri incelenerek çok yönlü bir araştırma yapılmıştır. Bu aşamada literatürde yer alan makalelerden de faydalanılarak bulaşık makinelerinin temizleme performansının değerlendirme ölçütlerinin nasıl yapıldığı araştırılmıştır.

Tasarım kriterleri oluşturulurken mevcut bulaşık makinesinde bulunan geometrik kısıtların korunmasına dikkat edilmiş olup, mevcut sistemde en az değişiklik yapılarak

bir tasarım yapılmasına önem verilmiştir. Bu durum tasarlanan sistemin maliyetini düşürerek firmaya daha kolay devreye alınabilecek bir proje sunacaktır.

Tasarım kriterlerinin oluşturulmasının ardından taslak çizimler oluşturulmuştur. Taslak çizimlerin ardından yapılan hesaplamalar ve boyutlandırmalar ile CAD ortamında tasarım oluşturulmuştur. Ön şekillendirme aşamasında oluşturulan tasarımın aşamadığı geometrik kısıtlar tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra yapılan müşteri araştırmalarında bulaşık makinesi içerisinde gözle görülen bir noktada dişli mekanizması bulunması müşteriler tarafından istenmeyen bir durumdur. Ön şekillendirme aşamasında gözlemlenen bu problemleri aşabilmek adına yeni çözümler üzerinde çalışılmıştır. Bu noktada dişlilerin pervane içerisine taşınması düşünülerek yola çıkılmış ve tasarlanacak sistemde öncelikli olarak buna yoğunlaşmıştır.

Tasarımın dişlilerin pervane içerisine taşınarak son aşamaya gelmesi için, pervane boyutları ve dişli boyutları tekrardan hesaplanmıştır. Pervanelerin ve dişlilerin yataklanması ön şekillendirme aşamasına göre farklılaşmıştır. Ön şekillendirmede aşılamayan geometrik kısıtları aşmak adına ana pervane kademeli hale getirilmiştir.

Yapılan tasarımın doğrulanması aşamasında literatürde yer alan makalelerden faydalanılarak bir mekanik etki faktörü belirlenmiştir. Mekanik etki faktörü matematiksel olarak ifade edilmiş ve mevcut bulaşık makinesindeki mekanik etki faktörü ile yeni tasarım bulunduğu makinenin mekanik etki faktörü karşılaştırılarak tasarım doğrulanmıştır.

Tasarımın doğrulanmasının ardından prototip imalatı gerçekleştirilmiştir. Prototip imalatında hızlı prototipleme teknolojilerinden olan 3 boyutlu yazıcılardan ve CNC tezgahlardan faydalanılmıştır. Bu üretim yöntemleri sayesinde çok kısa bir sürede çalışır prototip elde edilmiştir. Çalışır prototip makineye montajı yapılarak deneysel çalışmalara tabi tutulmuştur. Bu deneysel çalışmalar EN 50242 Bulaşık Makineleri Yıkama Performansının Ölçülmesi standardına göre yapılmıştır. Yıkama performansı ölçülen yeni tasarımda yıkama etkinliğinin arttığı gözlenmiş ve deneysel sonuç ile mekanik etki faktörü hesabından elde edilen matematiksel sonucun örtüştüğü görülmüştür.

Tasarım ile elde edilmek istenen yıkama etkinliğinin artırılması yapılan testler ve oluşturulan matematik model ile doğrulanmış ve daha performanslı bir pervane sistemi ortaya çıkmıştır.

THEORETICAL AND EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF MECHANICAL PARAMETERS AFFECTING THE DISHWASHER CLEANING PERFORMANCE

SUMMARY

While technology has been being improved day by day, investigation on machines which simplify human life is increasing. Household appliances which are used frequently in house that people can spend most of their time are affected positively. Research and Development operations that facilitate the human lifestyles are performed at R&D centers of companies. Home appliance producers competes each other in order to obtain more efficient, low-energy consuming, more silent machines and companies focus on them and make their intensive efforts on these points.

World's most known firms which creates home appliances investigate deeply for designing different and unique machines and development of customer perception. High number of production demonstrates considerable demands of customer. Increase in sales figures of companies can be possible by producing machines which elevates customer comfort and machines with making difference.

In this thesis, it was aimed to increase washing efficiency of dishwashers which is one of the washer appliances. Therefore, spray arm mechanism has been examined in detail with experimental studies and differences on performance has been observed by creating prototype.

Dishwashers take part almost every home nowadays and they have been being designed so as to ease style of human living. In this extent of study, history of dishwasher has been examined. Dishwashers are defined as machines which perform kitchen equipments cleaning and rinsing. The first cleaning system has been discovered at second half of 19th century and they are not automatic as today's machines and they have more likely mechanic structure. Then, automatic dishwashers have been coming into human life at 20th century. By development and optimization, these machines has been transformed into current figure.

Primarily, structure and working principles of dishwasher has been addressed in order to obtain new structural design with elevated performance. Dishwashers are basically divided into 4 parts which are defined as boiler, door, washing group and control panel. Extent of this study includes components of each part and their function in details. The most important subject is washing group which affects washing performance. Washing group is composed of lower spray arm, upper spray arm, lower basket, upper basket, filter, cutlery basket. Lower spray arm has been supported with lower region boiler while being independent from lower basket. On the other hand, upper spray arm has been located at the bottom of the upper basket and they have been moved together. Nozzles on the spray arm have been located at the region in order to gain more efficient washing and cleaning performance. Waste materials have been collected from dirty dishes and filter groups which also remove external materials from washing water.

Soils at dishwashers which are closed system are removed by combination of chemicals and mechanic effect. Washing steps are divided into hot and cold. Firstly, cold washing steps are performed, then, hot washing steps are applied. After these washing steps were terminated, rinsing step begins and drying step will be followed. When cleaning process has been started, running water is heated until appropriate temperature in respect to chosen washing program.

Cleaning performance is dependent on 4 parameters which are chemical effect, mechanic effect, temperature and time. In this research, studies are focused on increase of mechanic factor which is the parameter of washing performance. Although washing efficacy of mechanic factors is lower than chemical factors, chemical washing methods are not preferred, since, most of the people are prone to choose healthy and natural living. In addition, customer experiences were not recorded with maximum satisfaction until now. Therefore, alternative resolution procedures were searched. Confirmation of this study which aims enhancing cleaning performance by boosting mechanical effect can be explained by defining mechanic effect and how it can be raised.

By scope of literature research, cleaning procedures has been stated simply. Water jet impact on washing performance, experimental standards of washing practice and studies about boosting washing performance has been examined. 3 crucial elements which affect cleaning performance exist: water pressure, speed of spray arm, the angle of arrival of the water on the contaminated surface. According to these parameters, cleaning performance of dishwasher can be varied machine to machine. EN50242 “Test methods for measuring the performance of electric dishwashers for household use” standards are applied in order to clarify cleaning performance. According to these standards, it is determined that machines which are tested could be classified and specified which machines are belongs to which class in respect to their score. It can be compared with each other and measurement of performance enhancing can be analyzed by using these scores.

Designs which are able to wide to cleaning area and spray arm mechanisms which rotate with gearwheel has been surveyed at the extent of patent research. Examined studies point out that numerous different resolution ways exist.

Dishwasher spray arm system has been analyzed during design phase and some lack points which needs to be developed have been identified. Dishwasher contains 2 spray arms which are upper spray arm and lower spray arm. Lower spray arm of dishwasher is located under of washing basket and center of washing area. Nozzles which are located at spray arms have been positioned in which best performance and angle could be obtained.

During creating designing criterias, it was paid attention that geometric limitation which belongs to current design was conserved and it was noticed that minimum alteration has been applied on design of present system. Thus, design criterias has been generated via performed trial and design has been made in respect these metrics. This study results in project simplification while decreasing the cost of project.

After designing criterias had been created, draft sketch has been completed. Then, design has been constituted at CAD software upon calculation and dimensioning. Geometric limitation which design was not able to overcome has been detected at preform stage. On the other hand, visible gear mechanism inside of the dishwasher does not satisfy customers according result of survey and research on customer demands.

In order to handle with these problems at the preform stage, it was studied on new resolution ideas. In the result of this situation, gears were placed inside of spray arms and it was focused on designed system, primarily.

To reach final stage thereby designed gears were positioned inside of the spray arms, dimension of spray arms and gears have been calculated once more. Bearing of spray arms and gears were differentiated in respect to preform stage. Main spray arm has been brought into gradual form so as to overcome geometric limitation.

At the confirmation stage of final design, mechanical effect factor has been established by using articles at literature. Mechanical effect factor has been expressed mathematically and design was confirmed by comparing existing dishwasher mechanical effect factor with mechanical effect factor at new design.

After design had been confirmed, prototype has been manufactured. It was utilized from 3D printer, which is additive manufacturing technology and CNC during prototype manufacturing. Gears and spray arms were manufactured by applying machining process at CNC after materials has been selected. Thanks to this manufacturing procedures, prototype has been obtained rapidly. The working prototype was mounted on the machine and subjected to experimental work. These experimental studies were carried out according to EN 50242 “Test methods for measuring the performance of electric dishwashers for household use” standard. It was observed that cleaning performance of new design whose cleaning performance has been measured has been increased and it corresponds to experimental result and mathematical result, which was obtained from mechanical effect factor.

Increasing cleaning performance during running of dishwashers were confirmed by applied methods, experimental design, mathematical model and spray arm system with high performance aroused.



1. GİRİŞ

Modern şehir yaşantısında giderek çalışma hayatına katılan kişi sayısının artması insanların evde geçirdiği vaktin azalmasına neden olmaktadır. Bu bağlamda özellikle genç nüfusun evdeki günlük işlere ayırdıkları zamanı azaltmak istemeleri elektrikli ev aletlerine olan ihtiyacı arttırmaktadır. Elektrikli ev aletleri günlük hayatta mutfaktan banyoya, salondan yatak odasına kadar her alanda kullanılmaktadır. Bu amaçla kullanılan makineler genel olarak soğutucular, yıkayıcılar ve pişiriciler olmak üzere üç temel başlıkta sınıflandırılabilir.

Yıkayıcı ev aletleri grubuna bulaşık, çamaşır, kurutma ve benzeri makineler girmektedir. Sunulan çalışmada yıkayıcı ev aletlerinden olan bulaşık makineleri ele alınacaktır. Bulaşık makineleri kirli bulaşıkları otomatik olarak yıkama ve durulama işlemini yaparak kullanıcılara zaman ve enerji tasarrufu sağlar. Çizelge 1.1’de gösterildiği üzere, Richter’in yaptığı araştırma kullanıcıların bulaşık makinesi satın alırken göz önünde bulundurdıkları en önemli özelliklerin su tüketimi, enerji tüketimi, yıkama performansı, düşük ses seviyesi ve satış fiyatı olduğunu iddia etmektedir [1].

Çizelge 1.1 : Kullanıcılar için bulaşık makinesi satın alırken en önemli faktörler [1].

	Almanya	İngiltere	İsveç	İtalya	Toplam
	n=331	n=311	n=256	n=308	n=1206
	%				
Düşük su ve enerji tüketimi	95	76	77	81	82,9
Temizleme performansı	76	84	59	69	72,5
Düşük ses seviyesi	42	34	69	52	48,2
Satış fiyatı	38	47	31	31	37,1

Berkholz, Stammer ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada tüketicilerin bulaşık makinesi satın alma nedenlerinden bahsedilmektedir. Çizelge 1.2’de görüldüğü üzere tüketicilerin büyük çoğunluğu, zaman tasarrufu sağladığı ve daha sağlıklı olduğu için bulaşık makinesi almayı tercih etmektedir [2].

Çizelge 1.2 : Kullanıcıların bulaşık makinesi satın alma nedenleri [2].

Satın alma nedenleri	Yanıtlar (%)
Zaman tasarrufu	66
Elde yıkamaya göre daha iyi temizleme	48
Elde yıkamaya göre daha sağlıklı	41

Su ve enerji kaynakları talebin günden güne artması bu kaynakların daha dikkatli kullanılmasını teşvik etmektedir. Ayrıca tüketicilerin elektrik ve su faturalarına ödedikleri miktarı minimuma indirmek istemeleri, üretici firmaların geliştirdikleri ürünlerde bu faktörleri göz önüne almaya zorlamaktadır. Yukarıda belirtildiği gibi su ve enerji tüketiminin gayet yüksek olduğu elde yıkama testlerinde harcanan süre ve emeğe rağmen başarılı yıkama sonuçları elde edilememektedir. Su ve enerji tüketiminin azaltılarak yıkama performansının iyileştirilmesi bulaşık makinelerinin kullanımını arttırmaktadır. Bu bağlamda sektörde yer alan firmalar birbirlerine ile rekabet edebilmek, fark yaratmak ve yarattıkları fark ile kullanımı artan bu makinelerin satış sayılarını yükseltmek adına üniversiteler ile birlikte araştırma-geliştirme çalışmaları yürütmektedir. Bu çalışmada bulaşık makinelerinin, yıkama performansına etki eden parametreler ele alınarak yıkama etkinliğini artırmak amaçlanmıştır.

1.1 Tezin Amacı ve Kapsamı

Bu tez kapsamında bulaşık makinesi yıkama performansına etki eden mekanik parametrelerin deneysel ve teorik olarak incelenerek yıkama performansının artırılması amaçlanmıştır.

Bulaşık makinesi yıkama performansında etkili olan mekanik faktörler su basıncı, pervane dönüş hızı ve pervane tarafından taranan alan olarak söylenebilir. Yıkama performansının artırılmasına yönelik yapılan bu çalışmada pervane tarafından taranan alan mekanik etkinin iyileştirilmesi açısından büyük bir önem teşkil etmektedir. Pervane tarafından taranan alanın artırılması için yeni bir pervane tasarımı gerçekleştirilmiştir. Pervane tasarımında pervanenin maksimum alana ulaşması ve pervane hızının belirli bir oranda düşürülmesi amaçlanmıştır. Bu sayede yıkama performansının, mekanik etki yardımı ile iyileştirilmesi hedeflenmiştir.

Yapılan pervane tasarımının doğrulanması, kirli bulaşığın temizlenmesinde su basıncı, pervane dönüş hızı ve pervane tarafından taranan alana bağlı olarak tanımlanmıştır. Su

basıncı ve pervane dönüş hızının yıkama performansı üzerinde düzensiz bir davranış göstermesinden dolayı bu ifadedeki parametrelerin stabil davranış gösterdiği durumlar ele alınarak analitik bir yaklaşım oluşturulmuştur. Bu yaklaşımda üsteller arasında tanımlanabilir bir korelasyon oluşturulamamıştır. Belirli durumlar analiz edilerek bu üstellere yaklaşık olarak değerler atanmıştır. Boyutsuz büyüklükler ile mevcut pervanenin yıkama performansı ve yeni tasarlanan pervanenin yıkama performansı üzerindeki mekanik etki karşılaştırılmıştır.

Deneysel çalışmalar kapsamında prototipi oluşturulan yeni tasarımın ve mevcut tasarımın yıkama performansının belirlenmesinde kullanılan standartlara göre testleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre yıkama performansındaki iyileştirme oranı belirlenmiştir.

1.2 Literatür Özeti

Yapılan literatür araştırması kapsamında aşağıda belirtilen konular incelenmiştir:

- Genel Bilgiler
 - Temizleme işlemi
 - Nozüller ve su jeti oluşumu
- Makale araştırması
- Patent araştırması

1.2.1 Genel bilgiler

Temizleme, kirli yüzeyden kirleri arındırma işlemi olarak tanımlanabilir. Bulaşık makineleri ise temizleme işlemini otomatik olarak yapan ve kir ile yüzey arasındaki bağı koparmaya yarayan makinelerdir. Şekil 1.1’de görüldüğü üzere bulaşık makinelerinde temizleme performansını etkileyen parametreler aşağıdaki gibi sıralanabilir [3]:

- Sıcaklık
- Mekanik etki
- Kimyasal etki
- Zaman



Şekil 1.1 : Temizleme performansını etkileyen parametreler [3].

Mekanik etkinin temizleme üzerinde görece en az etkili parametre olduğu açıkça görülmesine rağmen azımsanamayacak ölçüde önemli olduğu da açıktır. Günümüz insanları kimyasal yollarla temizleme işlemini sağlıklı bulmadığından dolayı kimyasal etki ile temizleme yöntemi yerine alternatifler aramaktadır. Amerika’da % 80’i bulaşık makinesi kullanıcısı olan 500 kişiyle kullanıcı davranışlarını incelemek üzere yapılan anket çalışmasında, kullanıcıların %54’ü uzun süren yıkama işlemlerine rağmen bulaşık makinesinin iyi temizlemediğini düşünmektedir. Kullanıcıların %75’i ise kirlerin daha iyi çıkarılması için, kirli bulaşıkları makineye dizmeden önce ön durulama işlemi yapmaktadır [4].

Bulaşık makinelerinde temizleme işlemi için gerekli su nozüllerden püskürtülmektedir. Nozüller, akışkanın hızlandırılmasında kullanılan elemanlardır. Pervane içerisindeki suyun nozüllere ulaştığı sırada ani kesit alanı daralmasıyla birlikte hızının yükselmesi sonucunda oluşan etkiye su jeti denir. Püskürtülen su pervane nozulünden geçtikten sonra basıncı yükselmekte ve bu yüksek basınçtan temizleme işlemi sırasında faydalanılmaktadır. Temizleme sürecinde etkili olan mekanik etkiyi su jeti oluşturmakta ve kir ile yüzey arasındaki bağın daha kolay kopmasına yardımcı olmaktadır. Su jetinin nozulden çıktıktan sonra basınç profili Şekil 1.2’de görüldüğü gibi oluşmakta ve kirli yüzeyden kiri artan basınç ile birlikte daha kolay çıkarmaktadır [5].



Şekil 1.2 : Su jetinin nozulden çıktıktan sonraki basınç profili [5].

Bir boru hattı üzerindeki akış Şekil 1.3’de gösterilmiştir. Akışkan bu boru hattı üzerinde farklı kesitlerde yol almaktadır. A_1 kesitinde akışkanın hızı V_1 ; A_2 kesitinde akışkanın hızı V_2 , akışın kararlı ve akış boyunca kütlenin korunduğu kabul edilirse, Süreklilik denkleminde göre:

$$m_1 = m_2 \quad (1.1)$$

Buradan,

$$\rho_1 \cdot A_1 \cdot V_1 = \rho_2 \cdot A_2 \cdot V_2 \quad (1.2)$$

olacaktır.

Boru hattı boyunca akışkan aynı olduğundan, $\rho_1 = \rho_2$ ’dir. Buradan;

$$A_1 \cdot V_1 = A_2 \cdot V_2 \quad (1.3)$$

Bu denkleme süreklilik denklemi adı verilir ve nozüllerde bu denkleme göre çalışan elemanlardır [5].



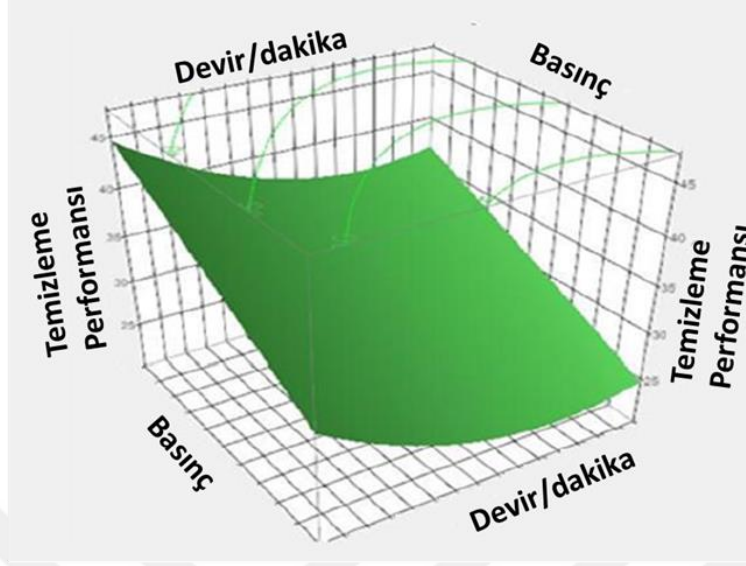
Şekil 1.3 : Bir boru hattı üzerindeki akış [5].

1.2.2 Makale araştırması

Tsouknidas ve Zhang 2010 yılında yaptıkları çalışmada, bulaşık makinesi yıkama performansını artırmak için mekanik etki üzerinde araştırmalarda bulunmuşlardır. Mekanik etkinin iyileştirilmesinin iki ana faktöre bağlı olduğunu ve bunların pervane dönüş hızı ve pervane nozüllerinden çıkıp kirli bulaşıkları yıkayan su basıncı olduğunu ifade etmişlerdir [6].

Şekil 1.4’de görüldüğü üzere, Tsouknidas ve Zhang kurdukları deney düzeneklerinde yaptıkları testler sonucu, yüksek basınç ve düşük dönüş hızında yıkama

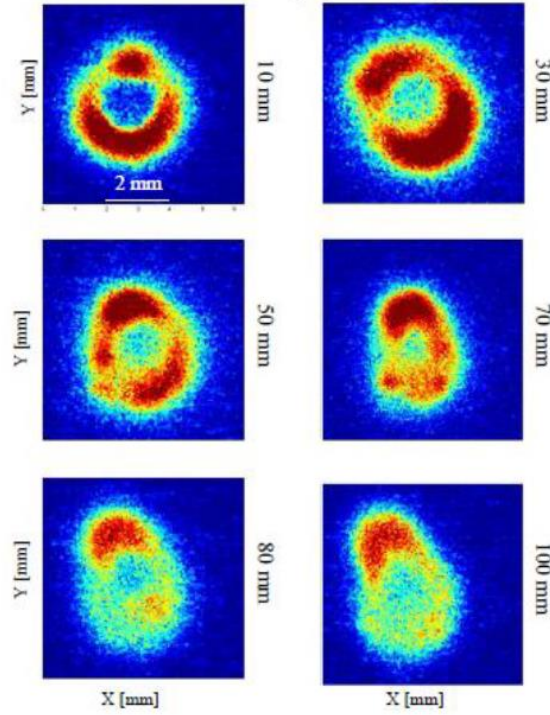
performansının en iyi sonucu verdiğini, yüksek dönüş hızı ve düşük basınçta ise azaldığını tespit etmiştir [6].



Şekil 1.4 : Temizleme performansının basınç ve d/dk ile değişimi [6].

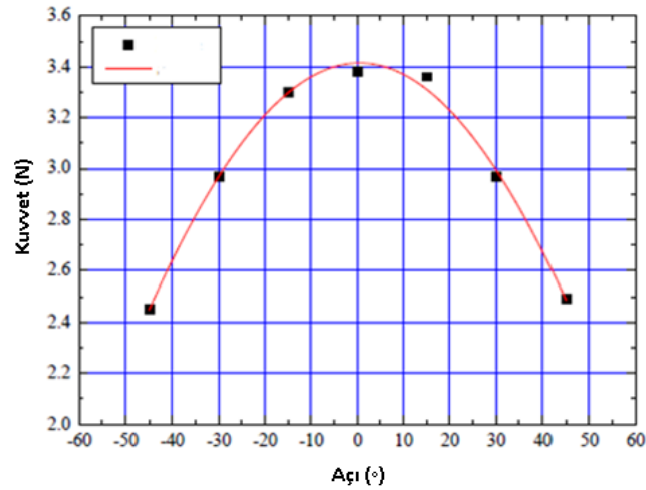
Tutkak 2010 yılında yaptığı çalışmada yıkama adımlarının enerji tüketimi üzerindeki etkisini inceleyerek yıkama adımlarının temizleme performansı ile ilişkisini belirlemeye çalışmıştır. Yüksek su tüketimi ve uzun yıkama sürelerinde bile yıkama performansının iyi sonuçlar vermediğini belirtmiştir. Yıkama endeksine bağlı parametrelerin incelendiği çalışmada, araştırılacak faktörler sıcak, soğuk yıkama süreleri ve yıkama esnasında ulaşılan maksimum su sıcaklığı olarak belirlenmiş olup yıkama performansında en yüksek etkiye sahip parametrenin yıkama suyu sıcaklığı olduğu ifade edilmiştir [7].

Fusetti, Sertore, Michelato ve Pagani tarafından 2006 yılında yapılan çalışmada ise su jeti ve etki yüzeyi arasındaki mesafe ilişkisi ele alınmıştır. Şekil 1.5’de görüldüğü üzere, yayımlanan çalışmada bir nozülün farklı uzaklıklardaki yüzeylere yönlendirilen su jetinin yüzeylerdeki yayılma profili incelenmiştir. Nozül ve nozülün etki ettiği yüzey arasındaki mesafenin artmasıyla beraber yüzeyde oluşan etki kuvvetinin azaldığı görülmüştür. Yapılan çalışmalarda kirli yüzeye gönderilen su jetinin yıkama performansına etkisinin uzaklık ile değiştiği tespit edilmiştir [8].



Şekil 1.5 : Farklı uzaklıklarda çekilen görüntüler [8].

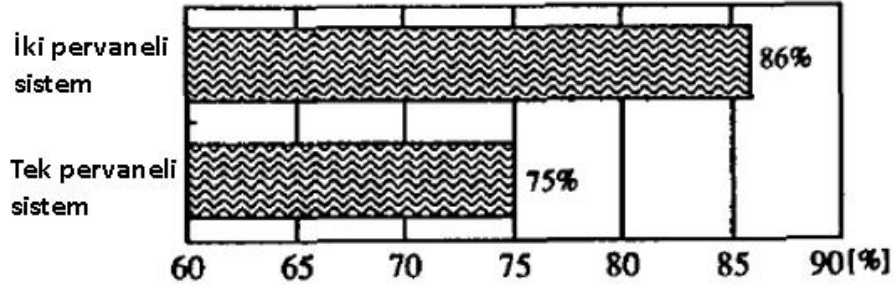
Sertore, Fusetti, Michelato ve Pagani tarafından yapılan başka bir çalışmada ise etki yüzeyi açısı ile kuvvet arasındaki ilişki incelenmiştir. Üç farklı yüzeye ve farklı açılarda 90 mm mesafeden gönderilen 100 bar basıncındaki su jeti kuvvetleri ölçülmüştür. Şekil 1.6’da görüldüğü üzere, jetleme açısının artmasıyla etkiyen kuvvetin azaldığı gözlemlenmiştir [9].



Şekil 1.6 : Kuvvet-açı grafiği [9].

Nomura, Wakami ve Kondo tarafından 1995 yılında yapılan çalışmada, geleneksel bulaşık makinelerinde kullanılan tek pervaneli sistemde suyun erişebildiği alanların

kısıtlı olduğu ve bu sebeple yıkama veriminin artmasının zorlaştığı iddia edilmektedir. Bu problemi çözebilmek adına tasarlanan sistem, normal pervane üzerine küçük bir pervane daha konularak ve nozül açıları ayarlanarak sağlanmıştır. Bu şekilde olduğunda geleneksel pervane sistemlerindeki periyodik hareketin kaotik bir harekete çevrildiği ve yıkama performansının artırıldığı söylenmektedir. Şekil 1.7’de elde edilen deney sonuçları gösterilmektedir [10].

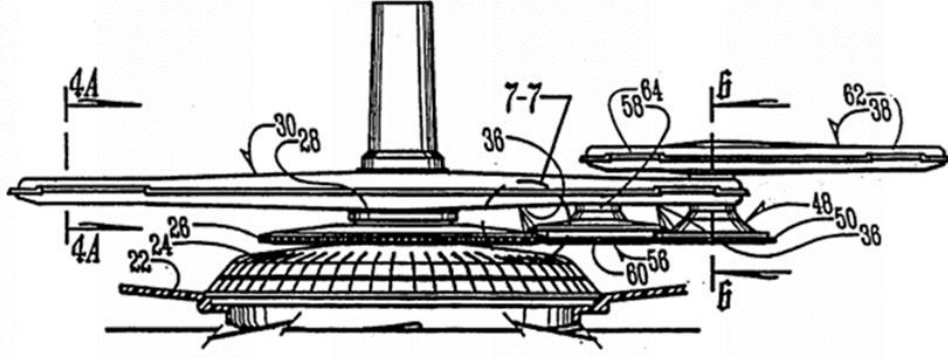


Şekil 1.7 : Yıkama oranları [10].

1.2.3 Patent araştırması

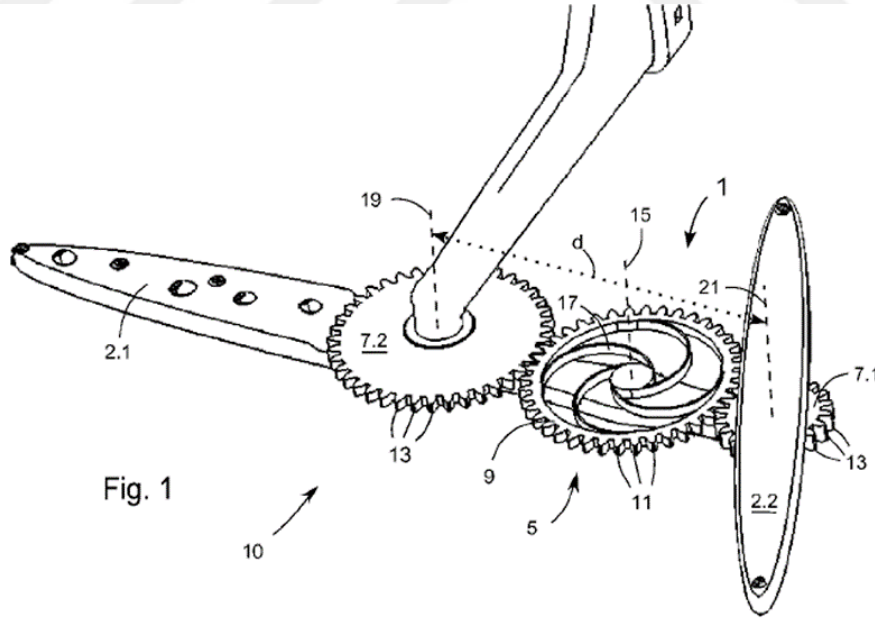
Bulaşık makinelerinde yıkama sistemleri ve dişli çark ile dönen pervane mekanizmaları ile ilgili yapılan patent araştırmalarında bu konu hakkında çeşitli çalışmaların olduğu tespit edilmiş olup, bunların bazıları aşağıdaki gibidir.

Maytag firmasına ait patentte, geliştirilmiş yıkama amaçlı kullanılmak üzere, birincil pervanenin üzerine ikincil bir döner pervane yapılmıştır. Dişli çarkların hareketiyle beraber monte edilen ikincil pervane, bulaşık makinesi yüzeyinde karesel bir alan oluşturarak yıkama işlemini gerçekleştirir. Bu şekilde pervanenin yıkama esnasında taradığı alan artmış olur. Ana pervanedeki dönme etkisini güç aktarma organı olan dişliler yardımıyla ikincil pervaneye aktarır iki pervane arasında zıt yönde dönüş sağlanmaktadır. Şekil 1.8’de bu patente ait görsel görülmektedir [11].



Şekil 1.8 : Maytag firmasına ait US5464482 numaralı patent görseli [11].

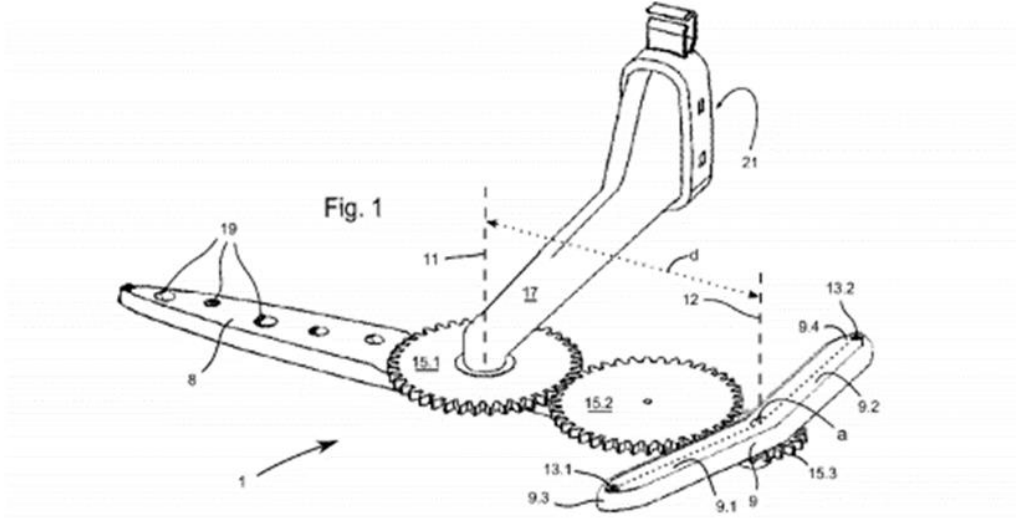
Electrolux firmasının yapmış olduğu patent başvurusunda, bulaşık makinesinde yıkama sırasında kullanışlı bir alternatif sağlamak ve tork aktarımını gerçekleştirerek bir vites düzenlemesi sağlamak amaçlanmıştır. Dişlilerin bir halka şeklinde olan diş kısımları yer değiştirecek şekilde tasarlanarak oluşan kirlerin dişlerin arasında birikmeden atılmasına olanak sağlamaktadır. Dişlilerin bir vites düzeneği gibi çalışması ve daha güvenli olması için gerekli bağlantı noktasında en az bir spiral sarmal yay, yaprak yay gibi benzeri esnek elemanlar kullanılmaktadır. Şekil 1.9’da bu patente ait görsel verilmiştir [12].



Şekil 1.9 : Electrolux firmasına ait WO2015149860 numaralı patent görseli [12].

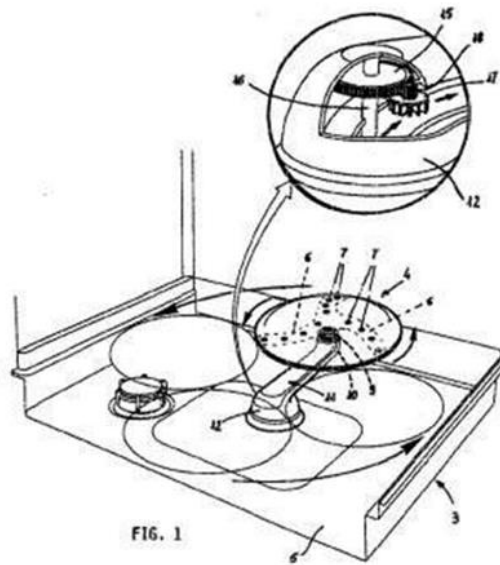
Electrolux firmasının yapmış olduğu bir diğer patent başvurusunda, bulaşık makinesi için tasarlanmış olan yıkama kolu düzeneği ikincil pervanenin makinenin en az bir köşesine ulaşması hedeflenerek tasarlanmıştır. Sistem için 3 adet dişli çark

kullanılarak iki farklı dönme eksenleri oluşturulmuş ve bu eksenler bir “d” mesafesi boyunca konumlandırılmıştır. Kullanılan ikincil pervanenin tasarımında pervaneye 135-165° arası geniş açılı bir “a” açısı verilerek daha verimli bir yıkama alanı oluşturulmuştur. Şekil 1.10’da bu patente ait görsel gösterilmektedir [13].



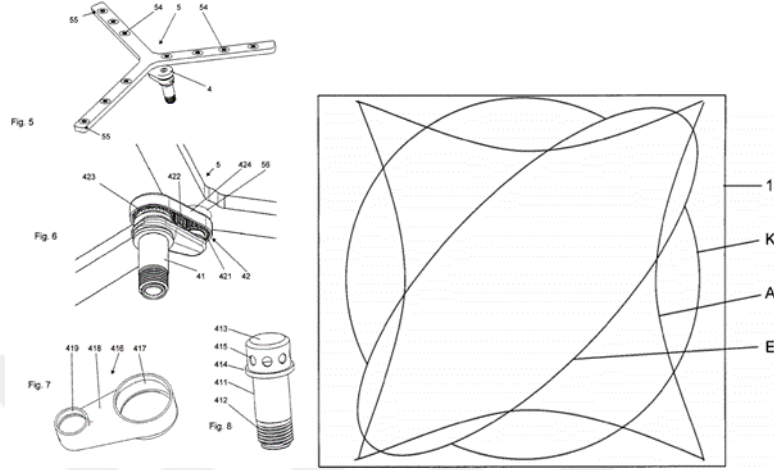
Şekil 1.10 : Electrolux firmasına ait WO2015149859 numaralı patent görseli [13].

Electrolux firmasının başka bir patent başvurusunda ise, en az bir püskürme koluna sahip döner bir püskürtme aparatı püskürtme koluna dik olan eksen etrafında dönebilen şekilde tasarlanmıştır. Aynı zamanda döner püskürtme aparatı kendi eksenini etrafında da dönebilmekte ve episikloid olarak hareket eden bir su dağılımı oluşturmaktadır. Şekil 1.11’de bu patente ait görsel gösterilmektedir [14].



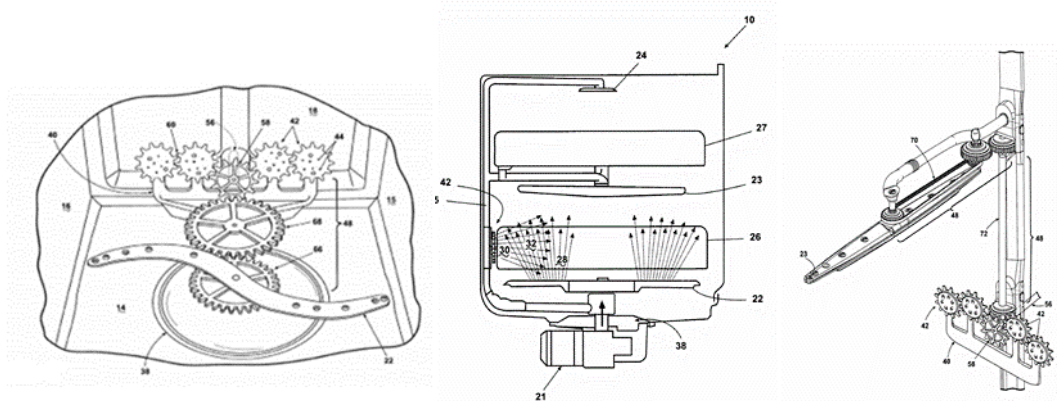
Şekil 1.11 : Electrolux firmasına ait EP1050263 numaralı patent görseli [14].

Miele firmasının yapmış olduğu patent başvurusunda, 3 kollu bir püskürtme kolu 360° dönebilmekte, kollardan en az biri dönme hareketi esnasında bulaşık makinesi yıkama alanının köşesine ulaşabilmekte ve köşe kısımlarda daha etkili yıkama sağlanmaktadır. Şekil 1.12’de bu patente ait görsel verilmiştir [15].



Şekil 1.12 : Miele firmasına ait DE102009007297 numaralı patent görseli [15].

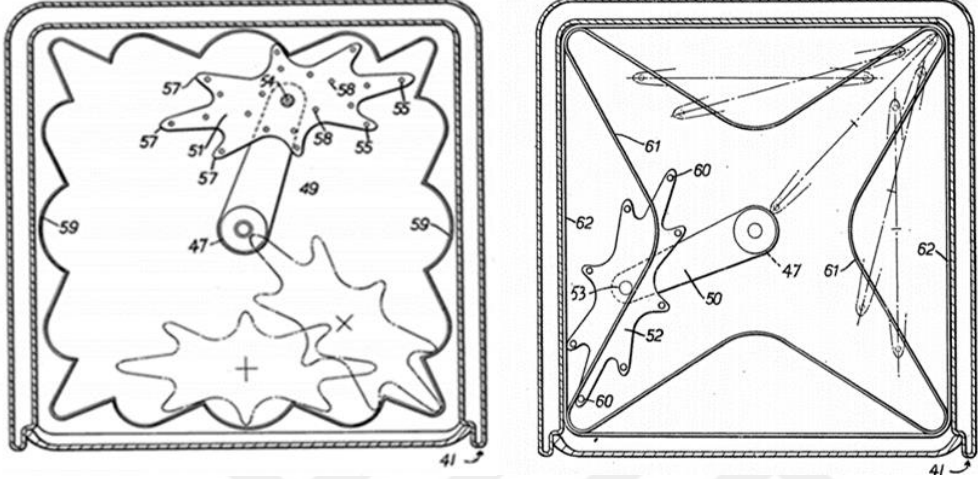
Whirlpool firmasına ait bir patentte, bulaşık makinesi alt yıkama sepetinin altında yer alan döner bir püskürtme kolu, ikinci bir yıkama alanı oluşturan döner püskürtücüler ve bu püskürtme kolu ile döner püskürtücüler arasındaki bağlantıyı sağlayan dişliler bulunmaktadır. Burada hareket bir motor yardımıyla sağlanmakta ve püskürtme kolunun dönmesiyle ona dik ekseninde dönen püskürtücülere aktarılan hareket ikinci bir yıkama alanı oluşturmakta ve yıkama etkinliğini artırmaktadır. Şekil 1.13’de bu patente ait görsel verilmiştir. [16].



Şekil 1.13 : Whirlpool firmasına ait US8347898 numaralı patent görseli [16].

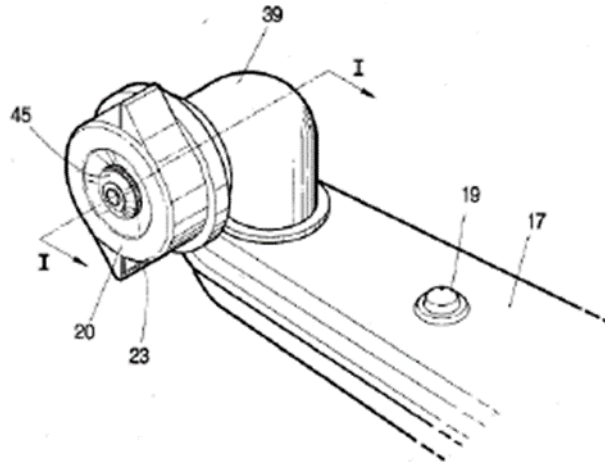
Hoover firmasına ait bir patentte, bulaşık makinesi yıkama alanının merkezine yerleştirilmiş bir döner kol ve bu döner kolun üzerinde püskürtücülerin bulunduğu bir

eleman bulunmaktadır. Üzerinde püskürtücülerin bulunduğu bu eleman döner kolun bir eksen etrafında dönmesiyle beraber bulaşık makinesi tabanında yer alan yörüngeyi takip ederek su püskürtmektedir. Bulaşık makinesi yıkama alanı tabanında yer alan bu yörünge istenildiği takdirde bir başka yörüngeyle değiştirilebilmektedir. Şekil 1.14’de bu patente ait görsel verilmiştir [17].



Şekil 1.14 : Hoover firmasına ait FR2026009 numaralı patent görseli [17].

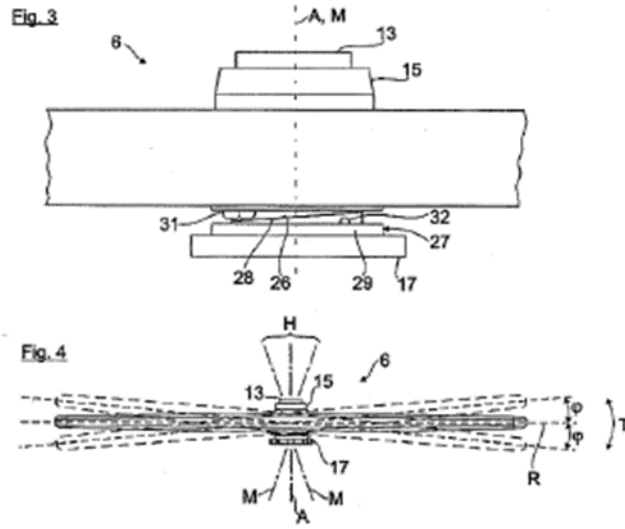
Samsung firmasına ait bir patentte, püskürtücü kol üzerine kendi eksen etrafında dönebilen ekstra bir döner eleman eklenmiş ve suyun ulaşmadığı bölgelere bu döner eleman vasıtasıyla suyun ulaştığı ve yıkama etkinliğinin artırıldığı iddia edilmiştir. Şekil 1.15’de bu patente ait görsel verilmiştir [18].



Şekil 1.15 : Samsung firmasına ait KR100258615 numaralı patent görseli [18].

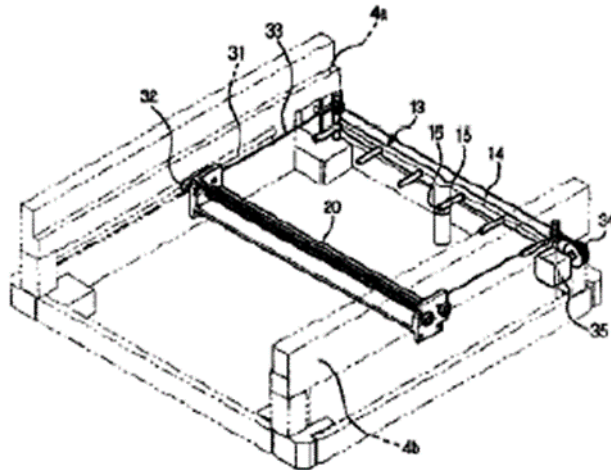
BSH firmasına ait bir patentte, pervane yataklaması pervanenin kendi eksen etrafında dönmesinin yanı sıra eğimli şekilde hareket etmesine izin verecek şekilde

tasarlanmıştır. Bu sayede pervane farklı alanlara farklı açılarda su ulaştırabilmekte ve yıkama etkinliği artırılmaktadır. Şekil 1.16’da bu patente ait görsel gösterilmiştir [19].



Şekil 1.16 : BSH firmasına ait DE102010043021 numaralı patent görseli [19].

Samsung firmasına ait bir patentte, geleneksel döner pervanelere alternatif bir çözüm getirilmiş ve yıkama alanını lineer olarak tarayan püskürtücü bir kol tasarlanmıştır. Böylelikle geleneksel pervanelerde görülen köşelere ulaşamama problemi, bu lineer kolun ileri-geri hareketi sayesinde tüm yıkama alanını tarayarak köşeleri de etkili bir şekilde yıkayabilmektedir. Şekil 1.17’de bu patente ait görsel verilmiştir [20].



Şekil 1.17 : Samsung firmasına ait CN103462574 numaralı patent görseli [20].



2. BULAŞIK MAKİNESİ

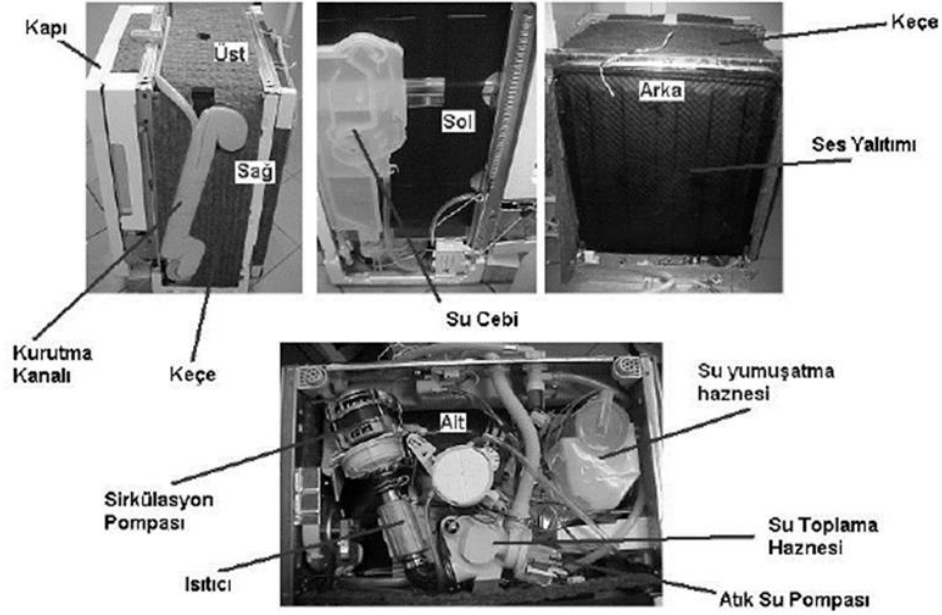
Bulaşık makineleri mutfak eşyalarını temizleme ve durulama işlemini yapan makinelerdir. İlk yıkama sistemine ait buluş 19. yüzyılın ikinci yarısında bulunmuş olup, günümüzdeki makineler gibi otomatik değil mekanik bir yapıya sahipti. Otomatik sisteme sahip ilk bulaşık makineleri ise 20. yüzyılda insan hayatına girmeye başlamıştır. Bu makineler insan ihtiyaçlarına cevap verecek şekilde yapılan geliştirmeler ve optimizasyonlar ile günümüzdeki haline ulaşmıştır. Şekil 2.1’de bulaşık makinesi görülmektedir [21].



Şekil 2.1 : Bulaşık makinesi [22].

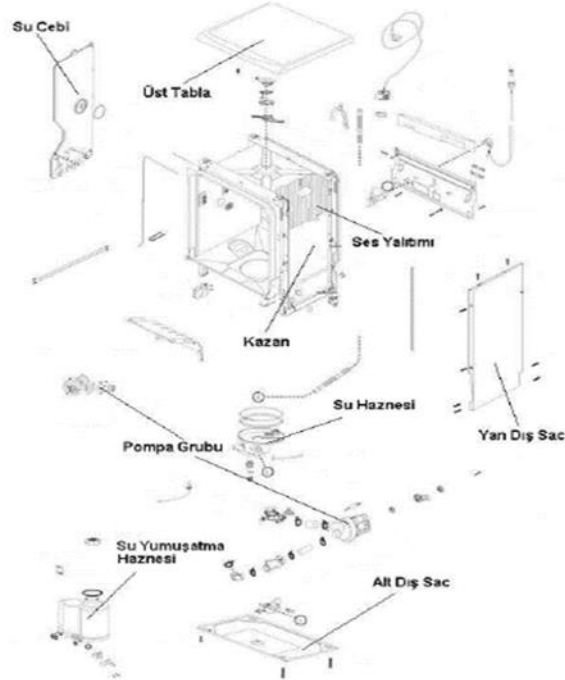
2.1 Bulaşık Makinesinin Yapısı

Bulaşık makineleri temelde dört bölümden meydana gelmektedir. Bunlar, kazan grubu, kapı grubu, yıkama grubu ve ön paneldir. Şekil 2.2’de bulaşık makinesinin bölümleri gösterilmiştir.



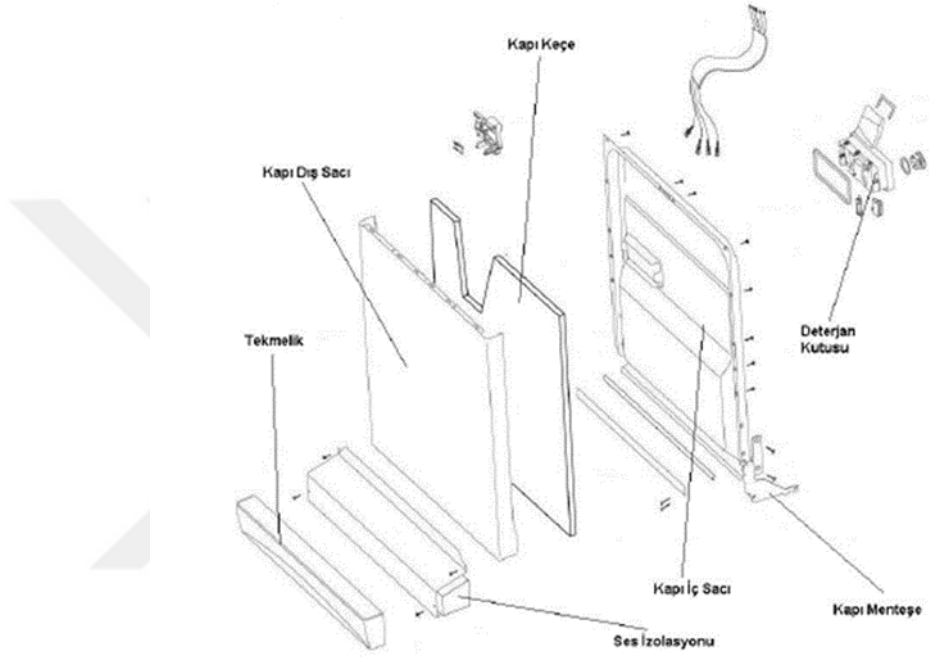
Şekil 2.2 : Bulaşık makinesinin bölümleri [23].

Kazan grubu, Şekil 2.3’de görüldüğü üzere kazan, sirkülasyon pompası, atık su pompası, su yumuşatma haznesi, su toplama haznesi, alt sac, yan sac ve kazan etrafında ses yalıtımını sağlayan malzeme ve üst tabladan oluşmaktadır [23].



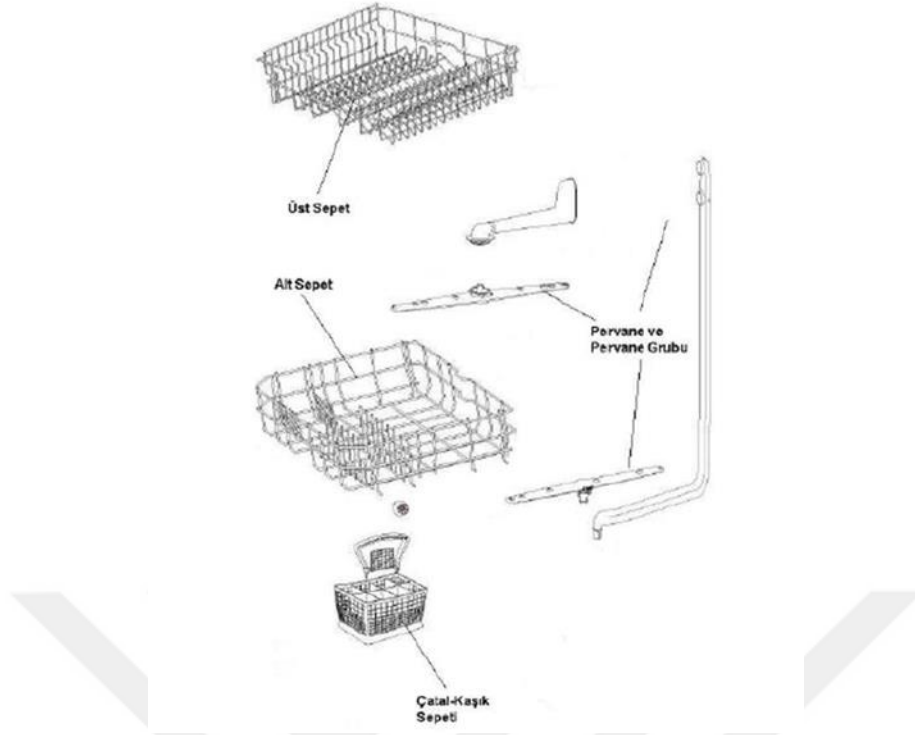
Şekil 2.3 : Kazan grubu [23].

Kapı grubu, Şekil 2.4’de gösterildiği üzere iç sac, menteşe, keçe, dış sac, ses yalıtımını sağlayan malzeme, tekmelik ve kapı grubunun iç kısmında yer alan deterjan bölmesini kapsamaktadır. Bulaşık makinesinin dinamik grubundan kaynaklanan sesin minimuma indirilmesi ses yalıtımını sağlayan malzemeler ile sağlanırken, keçe ise makine içinden dış ortama ısı kayıplarını azaltma görevini üstlenmektedir. Deterjan bölmesi ise ana karttan ilgili sinyali aldığı anda kapağını açarak deterjanın suya karışmasını sağlamaktadır [23].



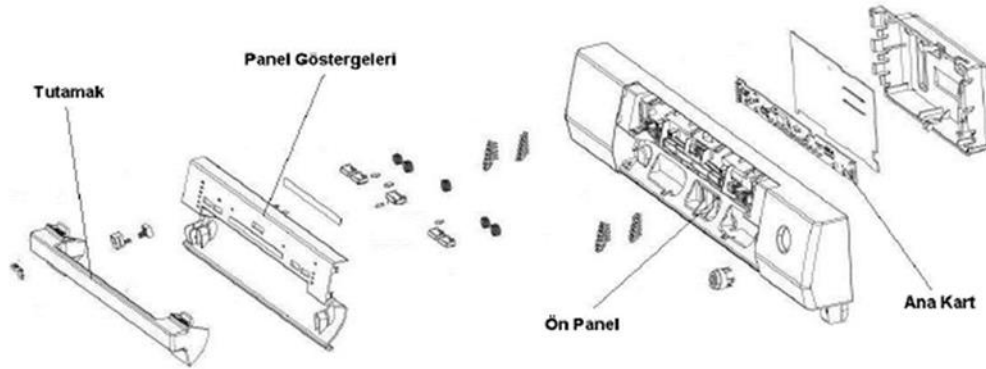
Şekil 2.4 : Kapı grubu [23].

Yıkama grubu, Şekil 2.5’de görüldüğü üzere alt sepet, üst sepet, alt pervane, üst pervane, çatal-kaşık-bıçak sepeti ve filtre grubundan meydana gelmektedir. Alt pervane kazan alt bölgesine yataklanmış ve alt sepetten bağımsız olmakla birlikte, üst pervane ise üst sepetin alt kısmında yer almakta ve üst sepet ile beraber hareket etmektedir. Pervaneler üzerindeki nozüller yapılan yıkama testlerinde elde edilen en iyi temizleme performansına göre boyutlandırılmış ve konumlandırılmıştır. Filtre grubu ise yıkama esnasında kirli bulaşıklardan gelen artık malzemeleri toplama ve yıkama suyunda istenmeyen yabancı maddeleri sudan uzaklaştırma görevini üstlenmektedir [23].



Şekil 2.5 : Yıkama grubu [23].

Ön panel grubu ise bulaşık makinesini seçilen programda çalıştırmak ve kontrol etmek için bulunan komponentlerin yer aldığı grup olup; Şekil 2.6’da görüldüğü üzere ana kart, program seçme düğmeleri ve göstergelerden oluşmaktadır [23].



Şekil 2.6 : Ön panel grubu [23].

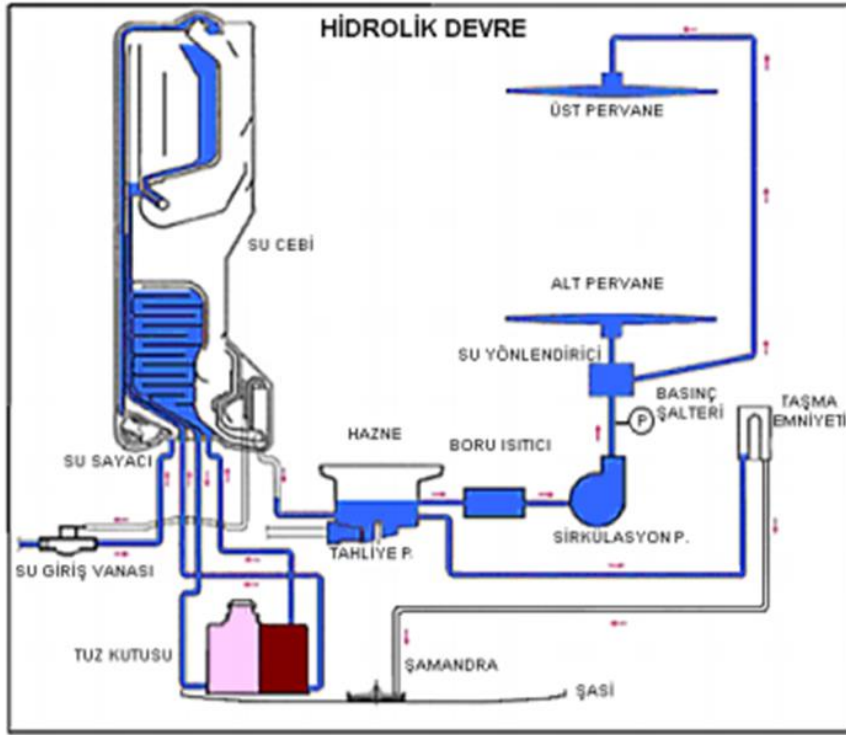
2.2 Bulaşık Makinesi Çalışma Prensibi

Bulaşık makineleri yıkama, durulama ve kurutma adımlarından oluşan bir çevrimde çalışmaktadır. Kapalı bir sistem olan bulaşık makinelerinde kir, kimyasal ve mekanik etkinin beraber oluşturduğu etki yardımıyla bulaşıklardan uzaklaştırılır. Yıkama adımları soğuk ve sıcak olarak ikiye ayrılır. Öncelikle soğuk yıkama adımı, daha sonrasında ise sıcak yıkama adımı gerçekleşir. Yıkama adımlarının sona ermesiyle beraber deterjanı sistemden uzaklaştırmak için durulama adımı başlar ve bu adımı son adım olan kurutma adımı takip eder. Yıkama çevrimi başladığında şebekeden alınan su, seçilen yıkama programına göre ısıtılması gereken sıcaklığa kadar ısıtılır [24].

Her bir yıkama prosesi başlangıcında, bir önceki çevrimde makine içerisinde su kalmış olabilme ihtimaline karşı ilk olarak tahliye pompası çalışır ve makine içerisinde kalan su uzaklaştırılır. Bu işlemi makine içerisine su alınması adımı takip eder. İçeri alınan şebeke suyu yıkama haznesine ulaşmadan önce reçineden geçirilir ve sertlik derecesi ayarlanır. Burada amaç, bulaşıkların üzerinde kireç kalıntılarının oluşmaması ve makinenin iç yüzeylerinin zarar görmemesidir. Deterjanın makine içerisinde suyla karışması soğuk yıkama adımında gerçekleştikten sonra, ısıtıcı vasıtasıyla ısıtılan su, yıkama işlemini sürdürmektedir. Yıkama adımının sona ermesiyle makine içerisindeki su, tahliye pompası yardımıyla makine içerisinden uzaklaştırılmaktadır [24].

Durulama adımı da soğuk ve sıcak durulama adımlarından oluşmaktadır. Sıcak durulama adımında parlaticı kullanılmakta ve bulaşıkların daha parlak bir şekilde görünmesi amaçlanmaktadır [24].

Şekil 2.7’de bir bulaşık makinesinin hidrolik devre şeması yer almaktadır.



Şekil 2.7 : Bulaşık makinesi hidrolik devresi [24].

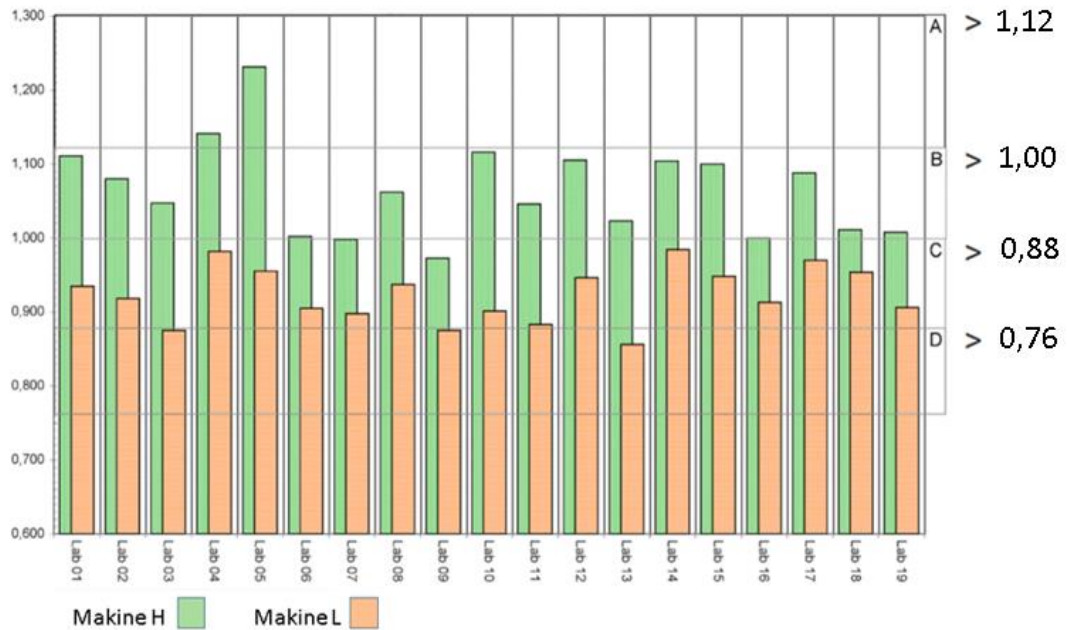
2.3 Bulaşık Makinesi Yıkama Performansının Belirlenmesinde Kullanılan Standartlar

Bulaşık makinelerinde yıkama performansının belirlenmesinde EN50242 “Ev Tipi Bulaşık Makinelerinin Performansının Ölçülmesi” standardı uygulanır. Bu standarda uygun olarak performans ölçülmesi belirli koşulların sağlanması ile mümkün olabilmektedir. Bu koşullar sıcaklık, deterjan tipi, yıkama programının seçilmesi ve kirli bulaşığın sepete yüklenme şekli ile doğrudan ilgilidir. Kirli bulaşıklar seçilirken standarda uygun kirler seçilip teste tabi tutulmaktadır. Bu bağlamda 14 kişilik yemek takımı; kıyma, yumurta, yulaf, ıspanak, margarin, süt ve çay ile kirletilmelidir. Kirletilen yemek takımı üzerinde bulunan kirler belirli bir süre kurutulduktan sonra üretici firmanın talimatlarına göre makineye yerleştirilir. Yıkama bittikten 30 dakika sonra makineden çıkarılan tabak, bardak ve çatal-bıçak takımları 0 ile 5 puan arasında kalan kir miktarına göre puanlandırılmaktadır. Puanlandırma bu konuda deneyimli kişiler tarafından görsel olarak yapılmaktadır. Bu standarda göre, yıkama performansı tespit edilecek makine ile referans bir makine aynı koşullarda teste tabi tutulmalıdır. Test edilen makinenin hesaplanan yıkama endeksi değeri referans makinenin yıkama endeksi değerine oranlanarak yıkama endeksine ulaşılır. Yıkama endeksinin

hesaplanmasının ardından Çizelge 2.1’de görüldüğü üzere yıkama endeksinde karşılık gelen yıkama performansı sınıfı tespit edilir. Yıkama performansı A, B, C ve D olarak dört sınıfa ayrılmaktadır [25,26,27]. EN50242 standardına göre bulaşık makinesinin enerji performansı, su tüketimi, yıkama performansı ve durulama performansı değerlendirilmektedir. Sunulan çalışmada bu standarda bağlı olarak yıkama performansı incelenmiştir. Şekil 2.8’de iki farklı makinenin elde edilen yıkama endekslerine göre karşılaştırılması verilmiştir.

Çizelge 2.1 : Yıkama performansı sınıfları [7].

Yıkama performans sınıfları	Yıkama endeksi (%)
A	$P \geq 1,12$
B	$1,12 \geq P > 1,00$
C	$1,00 \geq P > 0,88$
D	$0,88 \geq P > 0,76$
E	$0,76 \geq P > 0,64$
F	$0,64 \geq P > 0,52$
G	$0,52 \geq P$



Şekil 2.8 : Yıkama performansı sınıfları [27].



3. TASARIM

Pervane tasarımı Bölüm 1’de belirtildiği gibi yıkama performansı üzerinde doğrudan etkilidir. Buna göre tasarımın ilk aşamasında mevcut bulaşık makinesi alt pervane tasarımı incelenmiştir. Mevcut sistemin incelenmesi ile birlikte tasarım kriterleri ortaya konulmuştur. Tasarım kriterlerine göre ön şekillendirme yapılmış olup, karşılaşılan problemler çözülecek yönde son şekillendirme aşamasına geçilmiştir.

3.1 Mevcut Bulaşık Makinesi Pervane Sistemi

Günümüzde kullanılan bulaşık makinelerinin yıkama sistemleri genellikle bir alt pervane ve bir üst pervane olmak üzere toplamda iki adet pervaneden oluşur. Mevcut durumda bulaşık makinesinde kullanılan alt pervane, yıkama sepetinin alt kısmında ve yıkama alanının tam ortasında konumlanmaktadır. Alt pervane yıkama alanının ortasında bulunan plastik parçaya yataklanmış olup, kendi ekseninde serbestçe dönebilmektedir. Pervane üzerinde bulunan nozüller yapılan testler sonucunda en iyi yıkama performansının elde edilebildiği konumda ve açıda yerleştirilmiştir. Alt pervane 40 ± 5 d/dk hız ile dönmekte ve suyun pervane kollarında yaratmış olduğu moment ile birlikte herhangi bir tahrik sistemi olmadan çalışabilmektedir.

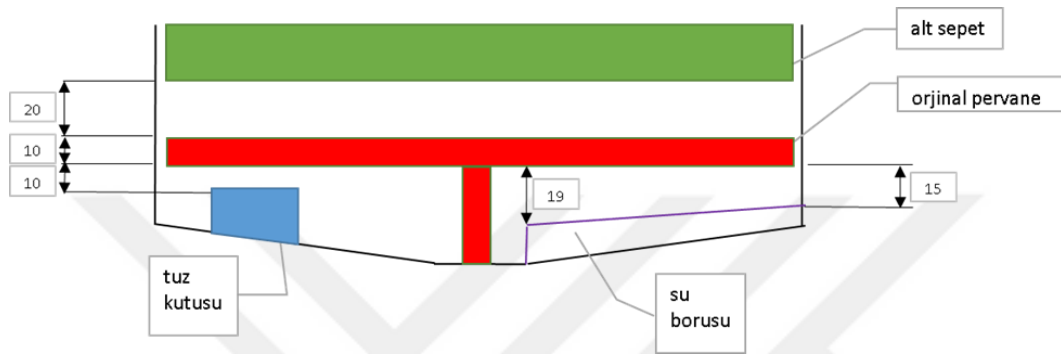
3.2 Tasarım Kriterleri

Yapılan yeni tasarımda amaç, bulaşık makinesindeki yıkama performansını artırmaktır. Mevcut durumda kullanılan bulaşık makinesi üzerinde en az değişikliğin yapılarak tasarım yapılması en önemli kriterdir. Bu bağlamda mevcut sistemde etütler yapılarak tasarım kriterleri oluşturulmuş ve bu kriterlere göre tasarım yapılmıştır. Yapılan etütlerde mevcut durumda elde edilen bilgiler şu şekildedir:

- Alt pervane ve alt sepet arasındaki mesafe 20 mm’dir.
- Pervane yüksekliğinin maksimum olduğu mesafe 10 mm’dir.

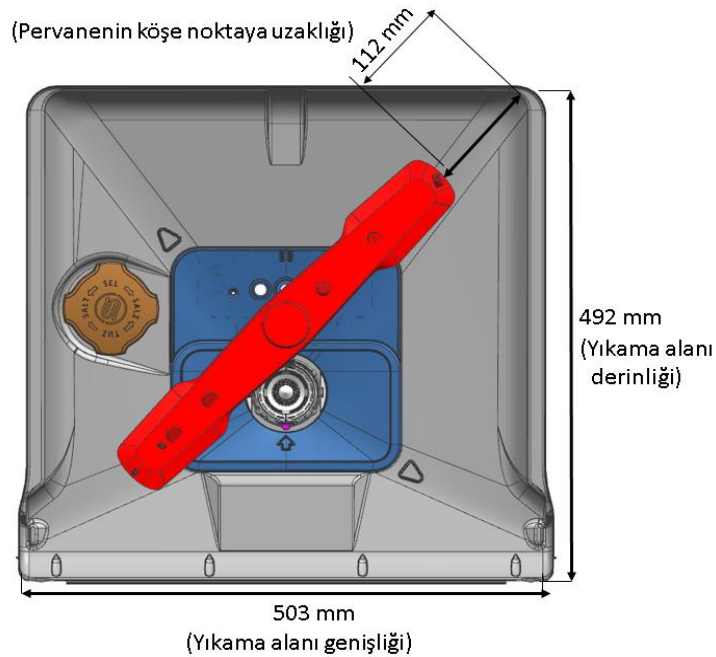
- Tuz kutusu alt taraftan pervaneye en yakın olan komponentdir. Bu bağlamda yapılacak olan yeni tasarımda da bu bölgeye dikkat edilmelidir. Tuz kutusu kapağı ile alt pervane arasındaki en yakın mesafe 11 mm'dir.
- Yıkama alanında içerisinde yer alan ve su taşıma işlemini yerine getiren su borusu ile pervane arasındaki mesafe ise en yakın yerde 15 mm'dir.

Yapılan etütlerde ölçülen büyüklüklerin şematik olarak gösterimi Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1 : Mevcut tasarıma ait etüt görseli.

Yapılan yeni tasarımda pervanenin yıkama alanının köşelerine ulaşması ve daha etkili yıkama yapabilmesi için ilk olarak yıkama alanına ait büyüklükler çıkarılmıştır. Bu büyüklükler Şekil 3.2'de verilmiştir.



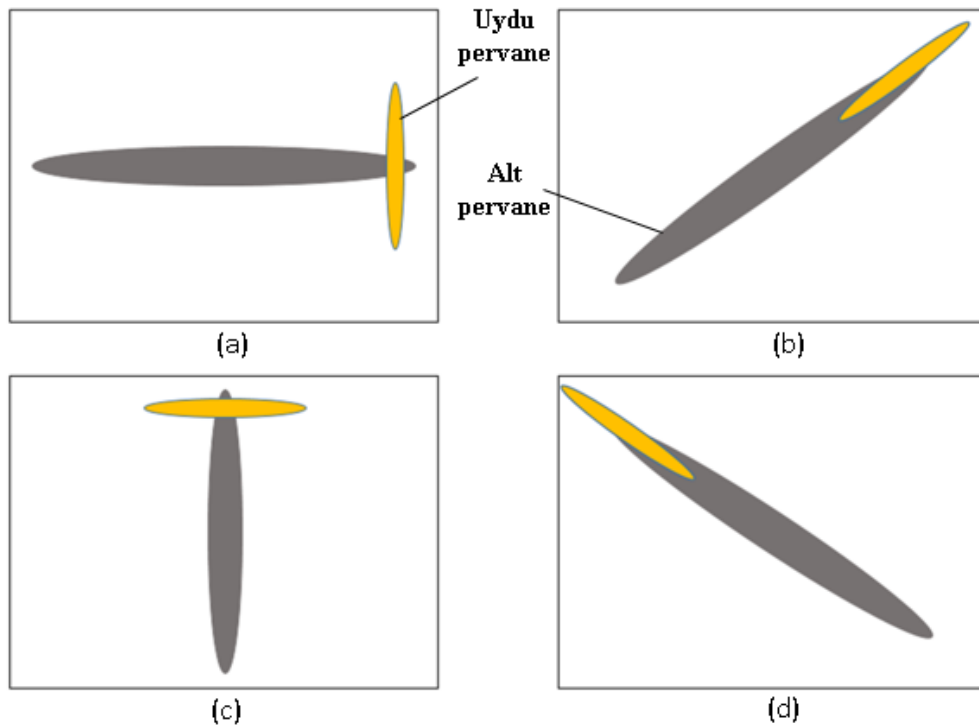
Şekil 3.2 : Bulaşık makinesi alt pervane yıkama alanı.

3.3 Şekillendirme Aşaması

3.3.1 Ön şekillendirme

Mevcut durumda alt pervanenin köşelere su ulaştırabilmesi nozüllere verilen açı ile sağlanmaktadır. Fakat nozülünden çıkan su jeti köşeye ulaşana kadar hızını kaybetmekte ve pervanenin köşe noktalarında olmadığı durumda ise kazan içerisinde yan duvarlara çarpmaktadır. Yan duvarlara çarpan su hem yıkama yapmamakta hem de ekstra bir gürültü oluşturmaktadır. Diğer bir deyişle, pervanenin uç kısımlarında yer alan nozüller köşe noktalarında yıkama yaparken, diğer konumlarda yıkama performansına bir katkı sağlamamakla beraber çalışma esnasındaki ses seviyesinin artmasına yol açmaktadır. Bu problemi çözebilmek adına yapılan çalışmalar kapsamında bir uydu pervane sistemi üzerinde çalışılmıştır.

Bu sistem, mevcut durumdaki alt pervanenin üzerinde yer alan ve köşe noktalara ulaşabilen bir pervane daha bulunması esasına dayandırılmıştır. Şekil 3.3’de bu tasarım şematik olarak verilmiştir.

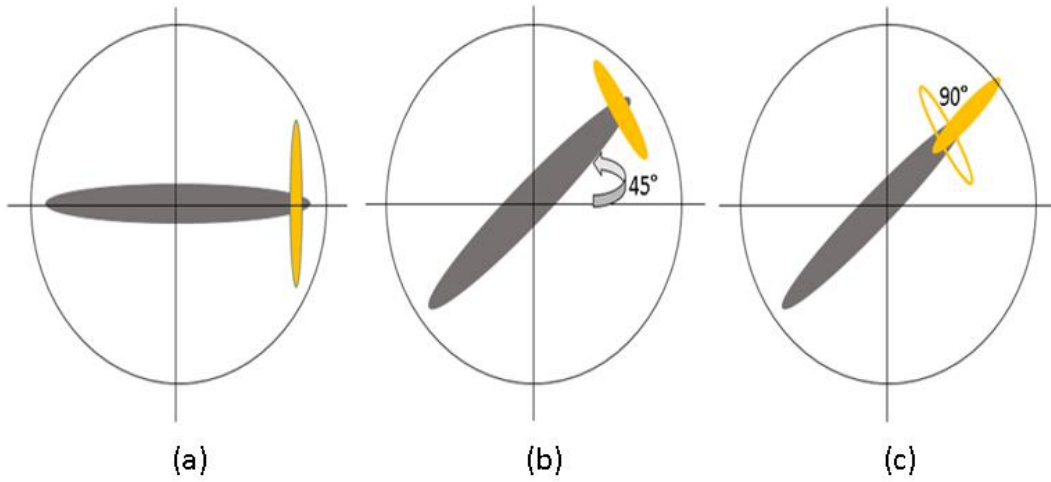


Şekil 3.3 : Alt pervane üzerinde yer alan uydu pervane tasarımına ait şematik çizim.

Bu sistemde uydu pervanenin kontrollü bir şekilde köşe noktalara uzanması ve yan duvarlarda ise yatay olarak konumlanabilmesi için bir dişli çark sistemi üzerinde çalışılmış ve bu bağlamda boyutlandırma hesabı yapılmıştır. Uydu pervane

tasarımında, uydu pervane dişliler ile alt pervaneye bağlıdır. Bu dişliler alt pervanenin dönme hareketini uydu pervaneye aktarır ve alt pervane ile uydu pervanenin senkron çalışmasını sağlar. Alt pervane bulaşık makinasının köşelerine geldiğinde, uydu pervane alt pervaneye aynı doğrultuya gelerek köşelere doğru uzanır. Böylece makinenin köşe bölgelerinde yıkama etkinliği artırılmış olur. Alt pervane köşelere geldiği durumda uydu pervanenin de aynı doğrultuya gelip köşelere uzanabilmesi için, iki pervane arasında kullanılan bir dişli mekanizması yardımıyla konum kontrolü yapılmaktadır.

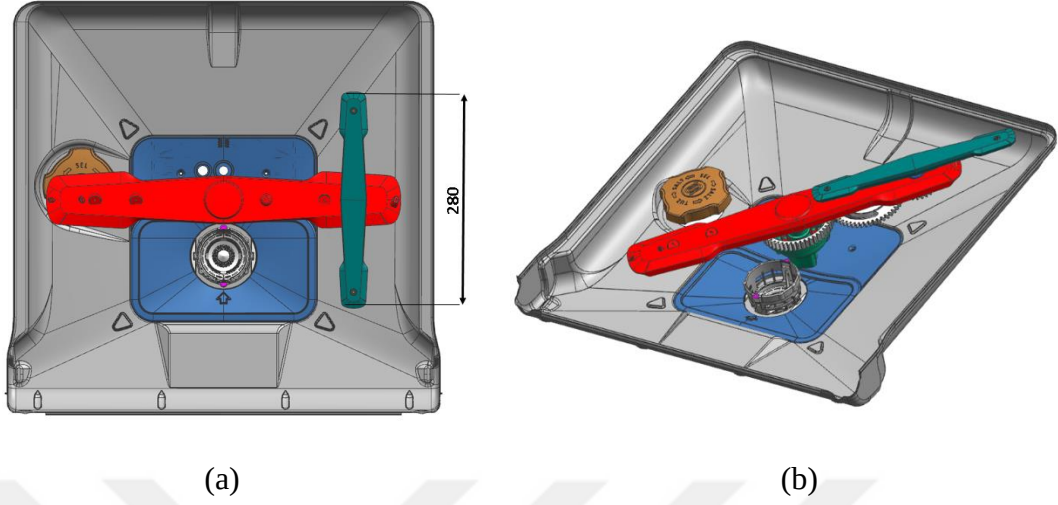
Alt pervane Şekil 3.4 (a)'da görüldüğü konumundayken uydu pervane alt pervane ile 90° 'lik açı yapmaktadır. Alt pervane 45° 'lik açı ile köşegen üzerindeki konuma geldiği zaman uydu pervane de alt pervane üzerinde hareket ettiğinden Şekil 3.4 (b)'de görüldüğü konuma gelir. Fakat uydu pervane köşe noktaları yıkama görevi yapacağından olması gereken konum Şekil 3.4 (c)'de görüldüğü gibi olmalıdır. Bu durum bize iki pervane arasında bağıl hareket olduğunu gösterir. Alt pervane saatin tersi yönde 45° 'lik açı taradığında uydu pervane saat yönünde 90° 'lik açı taramalıdır.



Şekil 3.4 : Alt pervane ve uydu pervane arasında bağıl hareketi gösteren çizim.

Alt pervane üzerinde yer alacak uydu pervanenin köşelere uzanabilmesi için gereken boyu, alt pervanenin en uç noktasından yıkama alanının en köşe noktasına olan mesafenin iki katından daha fazla olmalıdır. Bu durumun sebebi uydu pervane alt pervaneye yataklanacağından uydu pervanenin merkezi alt pervanenin üzerinde olmasıdır. Bu mesafe 112 mm'dir. Uydu pervane boyunun ise $112 \times 2 = 224$ mm'den fazla olması gerekmektedir. Alt pervane üzerinde en köşede bulunan nozulün yanından gerekli boşluk verilerek uydu pervanenin konumlandırılması yapılmış ve uydu

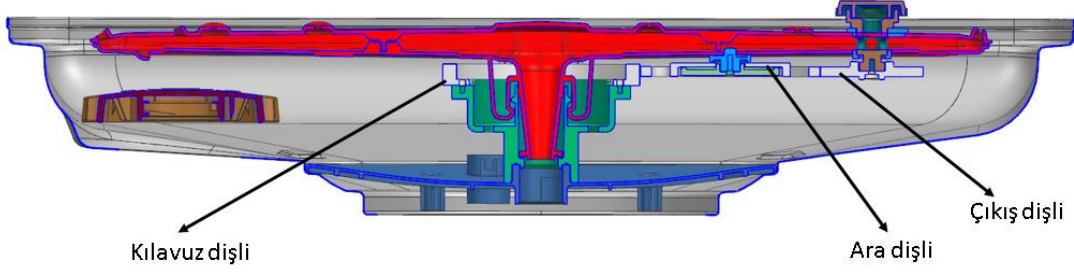
pervanenin köşeye uzanabilmesi için gerekli boyu 280 mm olarak ölçülmüştür. Şekil 3.5’de bu ölçü ve uydu pervanenin alt pervaneye göre konumu gösterilmiştir.



Şekil 3.5 : (a) Pervanelerin yan duvarlarda birbirine göre konumu. (b) Pervanelerin köşe noktada birbirine göre konumu.

Alt pervanenin dönmesi ile tahrik edilecek uydu pervaneye kuvvet aktarımı dişliler sayesinde olacağından dişli sayısının ne olacağı ve dişlilerin boyutlandırılmasının yapılması gerekmektedir. Dişli sayısı seçimi için minimum dişli kullanılarak uydu pervane tahrik edilmek istenmiş fakat tasarım iki dişli ile yapılırsa makine içerisinde iki adet çok büyük çaplarda dişli olması gerektiği görülmüştür. Bu durum yıkama esnasında bu dişlilerin büyüklüğünden ötürü üzerinde aşırı derecede kir birikmesini ve müşteri algısını kötü olarak etkilemektedir. Bu durum tasarımın üç dişli ile yapılması görüşünü öne çıkarmış ve üç dişli ile yapılacak mekanizma için boyutlandırmalar yapılmıştır.

Uydu pervanenin ana pervane dönme eksenini etrafında bir uydu hareketi yapabilmesi için bir dişli mekanizması tasarlanmıştır. Bu dişli mekanizması, ana pervanenin dönme eksenine bağlı bir kılavuz dişli ve kılavuz dişlinin etrafında belirlenen çevrim oranında dönen dişli çarklardan oluşmaktadır. Kılavuz dişlinin hemen yanında yer alan ara dişli, mevcut pervane alt tarafında tasarlanan yapıyla ana pervane ile bağlanmış ve kılavuz dişli etrafında ana pervaneyle birlikte dönerek hareket etmektedir. Ara dişlinin hemen yanında yer alan ve ara dişlinin tersi yönde dönen çıkış dişlisi ise uydu pervane ile şekilde gösterildiği gibi bir vida yardımıyla bağlanmıştır. Uydu pervane ana pervane üzerine yataklanmış olup yıkama için gerekli suyu ise ana pervane içerisinde kalan delikli yapı sayesinde almaktadır. Şekil 3.6’da sisteme ait kesit görünüşü verilmiştir.



Şekil 3.6 : Sisteme ait kesit görünüşü.

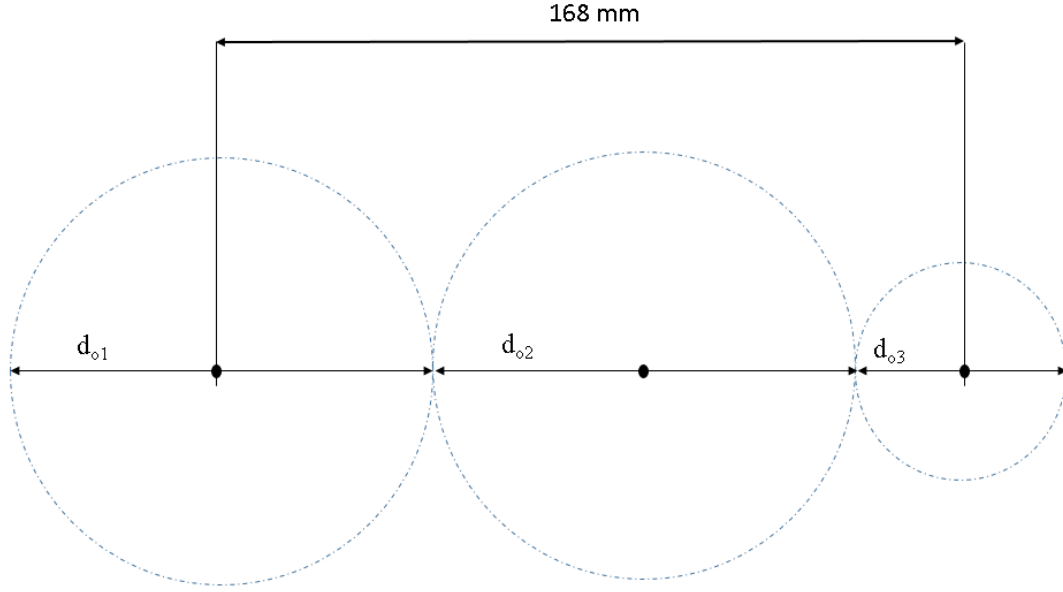
Dişli çevrim oranı i , denklem (3.1)'de verilmiştir.

$$i = \frac{w_1}{w_2} = \frac{d_{02}}{d_{01}} = \frac{z_2}{z_1} \quad (3.1)$$

Denklem (3.1) ve Şekil 3.4'e göre, alt pervanenin taradığı açı ile uydu pervanenin taradığı açı arasındaki oran $45^\circ/90^\circ$ olduğundan çevrim oranı 0,5 olarak hesaplanmıştır. Dişli mekanizmalarından toplam çevrim oranı i_{toplam} , denklem (3.2)'de verilmiştir.

$$i_{toplam} = i_1 \cdot i_2 \cdot \dots \cdot i_n \quad (3.2)$$

Mekanizma toplam çevrim oranı, $i_{toplam} = (d_{02}/d_{01}) \cdot (d_{03}/d_{02})$ olduğundan d_{03}/d_{01} oranı 0,5 olarak hesaplanır. Buna göre, köşe noktada bulunan uydu pervaneye hareketi aktarabilmek için, kılavuz dişli taksimat dairesi çapının, çıkış dişlisi taksimat dairesi çapının 2 katı olması gerekmektedir. Ara dişli taksimat dairesi çapı çevrim oranını etkilememekle beraber, diğer dişlilere göre çok daha küçük olduğu takdirde mukavemeti daha zayıf olacak ve 20° kavrama açısında literatürde önerilen diş sayısını sağlayamayacaktır. Bu bağlamda, gerekli eksenler arası mesafe ve taksimat daireleri Şekil 3.7'de görülmektedir.



Şekil 3.7 : Taksimat dairesi çapları ve eksenler arası mesafeler.

Yüksek modül değerleri ile daha yüksek döndürme momentleri iletilebilir; fakat diş yüzeyinin aşınması açısından mümkün olan en küçük modülü seçmek sürtünme enerjisini önemli oranda düşürmektedir [28]. Sunulan çalışmada hedef, dişliler yardımı ile uydu pervaneyi belirli bir açısal hızda tahrik etmek olduğundan, diş yüzeylerinin aşınmaması ve sürtünme kaybının en az olması büyük önem taşımaktadır. Hesaplanan dişli çevrim oranı ve olması gereken eksenler arası mesafede geometrik olarak yıkama alanına sığabilecek dişli mekanizması için standartta yer alan modül değerlerinden faydalanılarak modül seçilmiştir. Bu bağlamda gerekli şartları sağlayan dişli modülü 2 mm olarak seçilmiştir. Seçilen modül değerine göre dişli boyutlandırmaları yapılmıştır.

Taksimat dairesi çapı denklem (3.3)'de verilmiştir.

$$d_o = m \cdot z \quad (3.3)$$

Eksenler arası mesafe,

$$a_o = \frac{m}{2} \cdot (Z_1 + Z_2) = \frac{d_{o1} + d_{o2}}{2} \quad (3.4)$$

olduğundan $168 = (2/2) \cdot [(3d_{o3} + 2d_{o2})/2]$ denklemini sağlayan ve geometrik olarak yıkama alanına yerleşebilen dişli çapları $d_{o3} = 48$ mm ve $d_{o2} = 96$ mm olarak bulunmuştur. Buna göre $d_{o1} = 96$ mm olarak hesaplanmıştır. Kılavuz dişli ve ara dişli arası eksenler arası mesafe a_{12} olmak üzere, $a_{12} = 96 = (2/2) \cdot (Z_1 + Z_1)$ denkleminde

$Z_1 = 48$ diş ve $Z_2 = 48$ diş olarak bulunur. Ara dişli ve çıkış dişlisi arasındaki eksenler arası mesafe a_{23} olmak üzere, $a_{23} = 72 = (2/2) \cdot (48 + Z_3)$ denkleminde $Z_3 = 24$ diş olarak bulunur.

Diş başı dairesi çapı,

$$d_b = (Z + 2) \cdot m = d_0 + 2h_b \quad (3.5)$$

olmak üzere, $d_{b1} = d_{b2} = (48 + 2) \cdot 2$ denkleminde kılavuz dişli ve ara dişlinin diş başı dairesi çapları 100 mm olarak bulunur. Çıkış dişlisi diş başı dairesi çapı, $d_{b3} = (24 + 2) \cdot 2$ denkleminde 52 mm olarak bulunur.

Diş taban dairesi çapı,

$$d_t = (Z - 2,5) \cdot m = d_0 - 2h_t \quad (3.6)$$

olmak üzere, $d_{t1} = d_{t2} = (48 - 2,5) \cdot 2$ denkleminde kılavuz dişli ve ara dişli taban dairesi çapları 91 mm olarak bulunur. Çıkış dişlisi diş taban dairesi çapı, $d_{t3} = (24 - 2,5) \cdot 2$ denkleminde 43 mm olarak bulunur.

Diş başı yüksekliği,

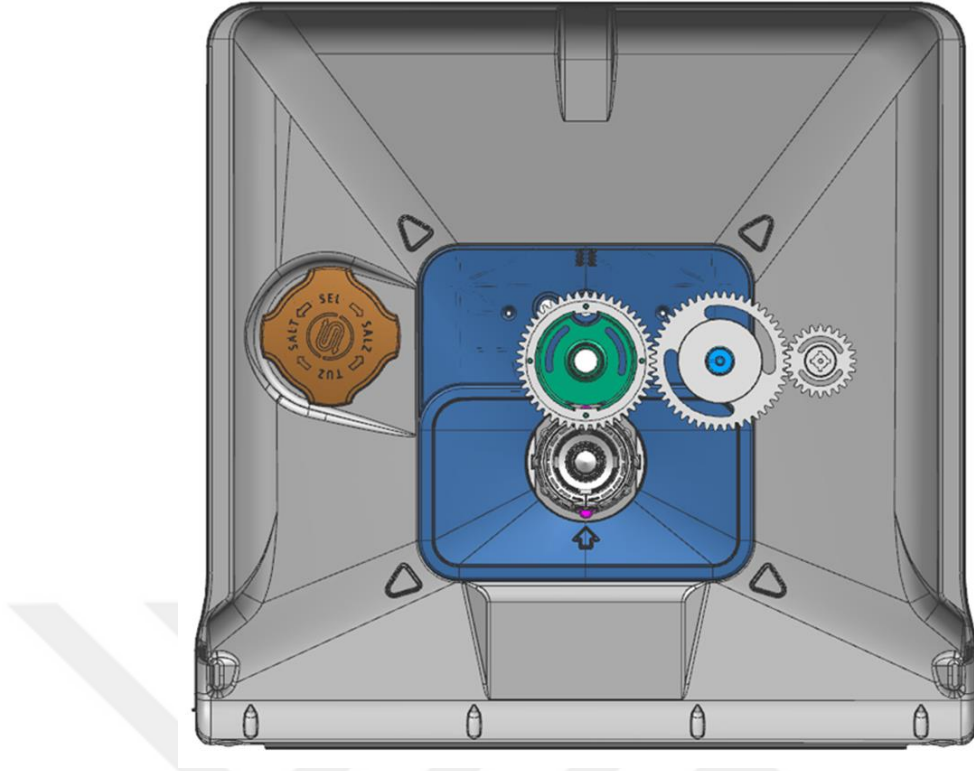
$$h_b = m \quad (3.7)$$

Diş taban yüksekliği,

$$h_t = 1,25 \cdot m \quad (3.8)$$

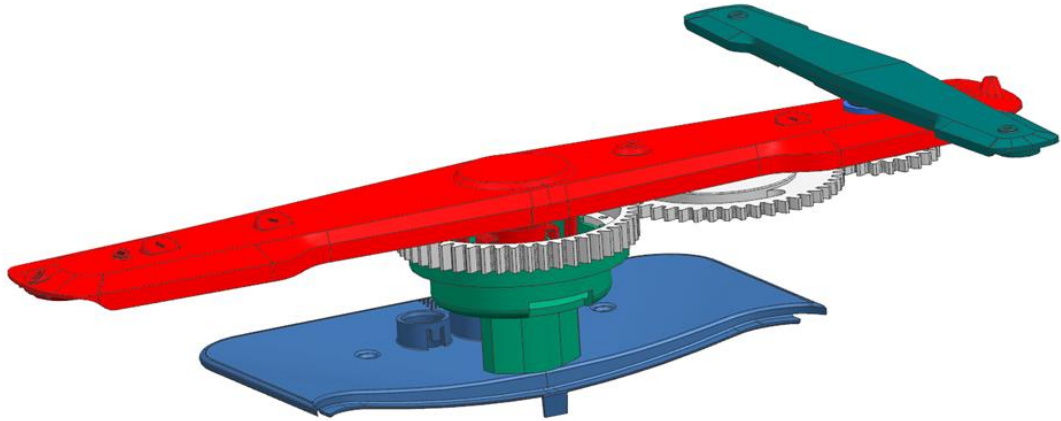
olmak üzere, diş başı yükseklikleri, $h_{b1} = h_{b2} = h_{b3} = m = 2$ mm olarak bulunur. Diş taban yükseklikleri, $h_{t1} = h_{t2} = h_{t3} = 1,25 \cdot 2 = 2,5$ mm olarak bulunur.

Dişli çarklar sistemin ağırlığını artıracak için dişli yapıları üzerinde uygun boşaltmalar yapılmıştır. Boyutlandırılan dişlilerin yıkama alanı içerisindeki yerleşimi Şekil 3.8’de gösterilmiştir.



Şekil 3.8 : Yıkama alanında dişli yapılarının yerleşimi.

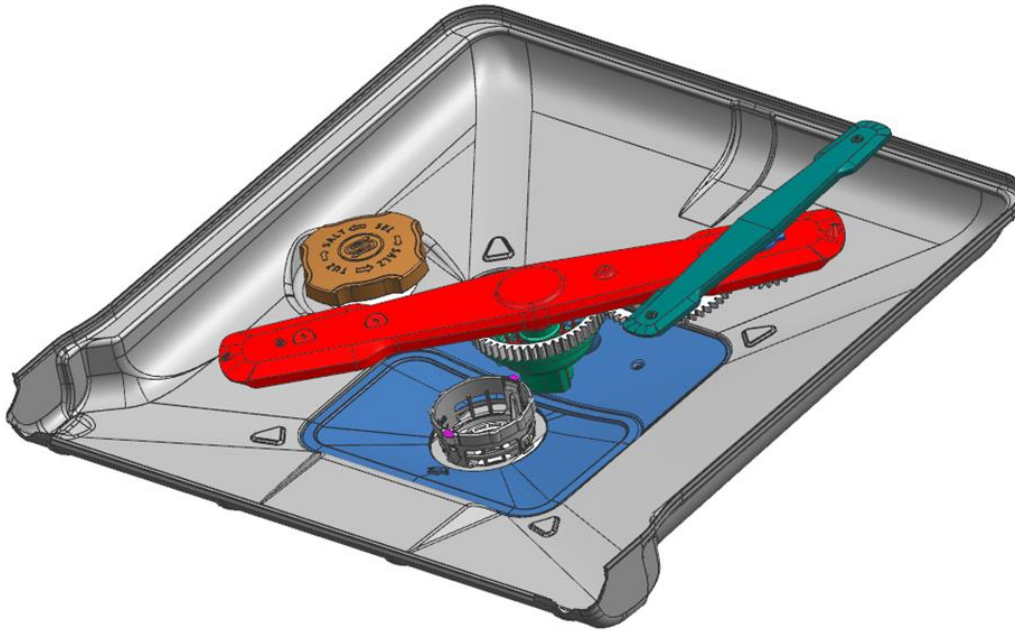
Şekil 3.9’da ön şekillendirme aşamasında tasarımın son hali görülmektedir.



Şekil 3.9 : Ön şekillendirme aşamasında tasarımın son hali.

Tasarlanan sistem mevcut bulaşık makinesinde montajı yapılarak çalıştırılmış fakat geometrik kısıtlar göz önünde alındığında, alt sepet ve uydu pervanenin girişim yaptığı ve yükseklik kısıtının aşılamadığı görülmüştür. Bunun yanı sıra yapılan müşteri araştırmalarında bulaşık makinesi içerisinde gözle görülen bir noktada dişli

mekanizmasının bulunması müşteriler tarafından istenmeyen bir durum olarak tespit edilmiştir. Tasarlanan sistemin bir başka dezavantajı ise şu şekilde açıklanabilir. Kullanıcı bulaşık makinesini temizlemek amacıyla pervaneyi makineden çıkartabilmektedir. Uydu pervane grubu bulaşık makinesinden çıkartıldığında kullanıcı uydu pervaneyi eliyle döndürerek kontrol etmek isteyebilir. Uydu pervane sisteminde, ana pervane makineden çıkarıldığında uydu pervane ve dişliler de dışarı çıkmaktadır. Kullanıcı pervane grubunu makineden çıkarttığına, uydu pervaneyi döndürerek, uydu pervane ile ana pervanenin konum ilişkisini değiştirebilmektedir. Ana pervane ve uydu pervanenin konum ilişkisi değiştirilip Şekil 3.10’da gösterildiği gibi yanlış pozisyonda makineye takılırsa, uydu pervane köşelere uzanmak için açıldığında köşelere doğru değil yan duvarlara doğru açılacak ve duvarlara çarpacaktır. Bu durumda uydu pervane hem köşe yıkama işlevini yitirecek hem de duvarlara çarpıp gürültü meydana getirerek kullanıcıyı rahatsız edecektir. Dışarı çıkarılan pervane grubu tekrar makinaya takıldığında sistemin düzgün çalışması için, ana pervane ve uydu pervane arasındaki ilişki sağlanacak şekilde makineye takılmalıdır. Yanlış takılma olması durumunda sistem çalışmayacak ve pervane kırılabilir.



Şekil 3.10 : Uydu pervane ile alt pervanenin yanlış konumda makineye takılması.

Yukarıda anlatılan bu problemleri aşabilmek adına yeni çözümler üzerinde çalışılmıştır. Bu noktada dişlilerin pervane içerisine taşınması düşünülerek yola çıkılmış ve tasarlanacak sistemde öncelikli olarak buna yoğunlaşmıştır.

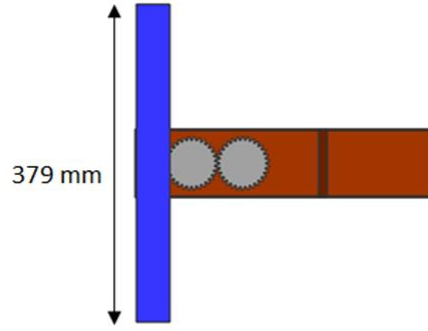
3.3.2 Son şekillendirme

Yapılan ön şekillendirme sonucunda tasarımın çalışır prototipi elde edilmesine rağmen hacimsel kısıtlardan dolayı mevcut bulaşık makinesine montajı yapıldığında uydu pervanesinin alt sepete çarptığı gözlemlenmiştir. Bu bağlamda prensip dişli yerleşimleri ve uydu pervane tasarımı aynı kalacak şekilde kademeli bir pervane yapısı düşünülmüştür. Bu yaklaşıma göre pervanesinin bir kısmı normal yüksekliğinde kalırken, uydu pervanesinin montajının yapılacağı kısma kademe verilerek uydu pervanesinin ekstra bir yükseklik oluşturmamasının önüne geçilecektir. Dişli yapıları pervane içerisine taşınarak bu yapıların üzerinde kir birikmesi engellenmiş olacaktır. Şekil 3.11’de kademeli yapıyla anlatılmak istenen sistemin şematik çizimi görülmektedir.



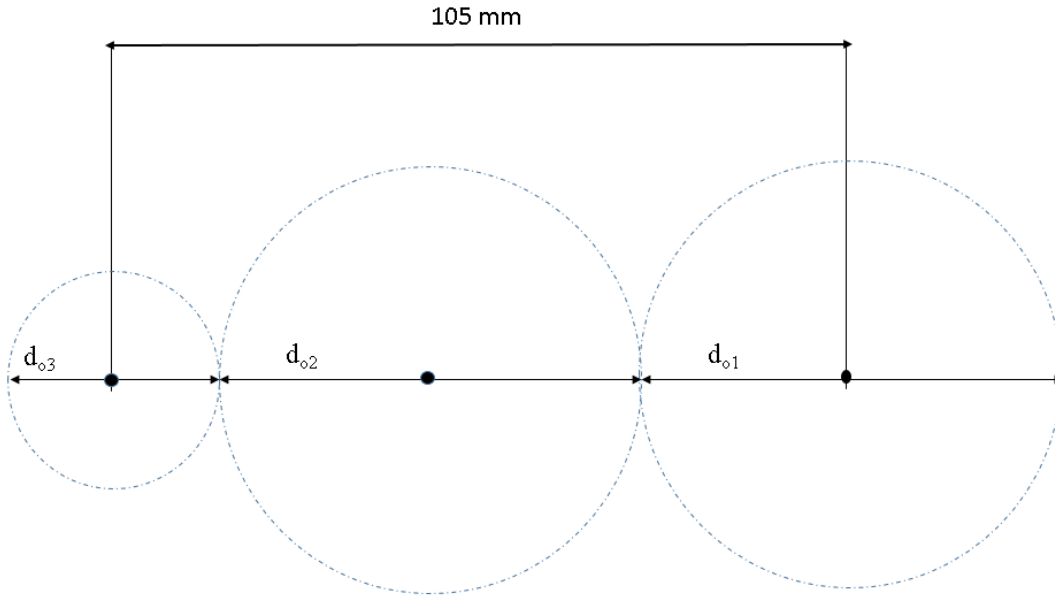
Şekil 3.11 : Ana pervanesinin kademeli hale getirilmiş hali.

Ana pervanesinin dönme merkezinden uç noktalarına doğru daralan yapısı sebebiyle, mevcut durumdaki ile aynı boy ve genişlikte kaldığı takdirde, uydu pervaneye ulaşabilmek için dişli sayısı artacaktır. Bu durum suyun yarattığı moment ile dönen pervanesinin sürtünme kayıplarının artmasına ve sistemin bir motora ihtiyaç duymasına sebep olabilecektir. Dişli sistemi pervane içerisine alınacağından ana pervane genişliği 10 mm kadar artırılmış ve ana pervane kollarından biri kısaltılarak uydu pervanesinin boyu ilk tasarıma göre 99 mm uzatılmıştır. Ana pervane üzerinde kapatılan nozüllerin yerine uydu pervane üzerinde bulunan nozüllerden yıkama yapılacağından, makine içerisinde her noktaya su ulaştırmak için gerekli uydu pervane boyu 379 mm olarak hesaplanmıştır. Ana pervane boyu ise 357,5 mm olarak hesaplanmıştır. Şekil 3.12’de kademeli hale getirilen pervane sisteminin üstten görünüşü verilmiştir.



Şekil 3.12 : Kademeli hale getirilen alt pervane ve uydu pervanenin üstten görünüşü.

Dişli çevrim oranı ön şekillendirme aşamasında anlatıldığı üzere 2 olacağından, uydu pervaneye hareketi aktaracak dişli boyutlandırmaları yapılmıştır. Köşe noktaya ulaşabilmek için gerekli eksenler arası mesafe ve taksimat daireleri Şekil 3.13’de gösterilmiştir.



Şekil 3.13 : Taksimat dairesi çapları ve eksenler arası mesafeler.

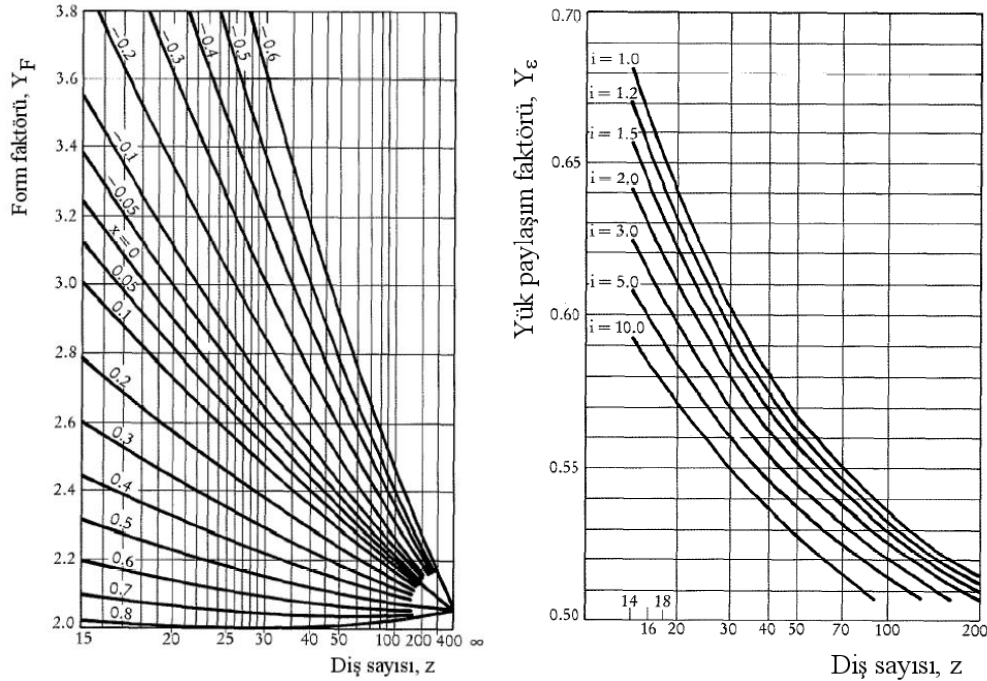
Eksenler arası mesafe $105 = (2/2) \cdot [(3d_{03} + 2d_{02})/2]$ denklemini sağlayan ve geometrik olarak yıkama alanına yerleşebilen dişli çapları $d_{03} = 30$ mm ve $d_{02} = 60$ mm olarak bulunmuştur. Buna göre kılavuz dişli taksimat dairesi çapı $d_{01} = 60$ mm olarak hesaplanmıştır. Kılavuz dişli ile ara dişli arasındaki eksenler arası mesafe bilindiğine göre, denklem (3.4) yardımıyla, $a_{12} = 60 = (2/2) \cdot (Z_1 + Z_2)$ denkleminde kılavuz dişli ve ara dişli diş sayıları $Z_1 = Z_2 = 30$ diş olarak bulunur. Ara dişli ve çıkış dişlisi arasındaki eksenler arası mesafe bilindiği için, $a_{23} = 45 = (2/2) \cdot (30 + Z_3)$ denkleminde çıkış dişlisi diş sayısı $Z_3 = 15$ diş olarak bulunur.

önemsizdir [28]. Yukarıda boyutlandırılması yapılan dişli mekanizmasında elde edilen en yüksek çizgisel hız çıkış dişlisine ait olup, $V = \pi \cdot D \cdot n / 60$ formülünden 0,13 m/s olarak hesaplanır. Bu nedenle sürtünme neticesinde meydana gelen sıcaklık artışları bu mekanizma için kritik değildir.

Diş dibi zorlanmasına göre F_t teğetsel kuvveti etkisinde diş dibinde meydana gelen eğilme gerilmesi hesaplanmıştır. Diş dibindeki gerilme denklem (3.9)'da verilmiştir.

$$\sigma_F = \frac{F_t}{b \cdot m} \cdot Y_F \cdot Y_E \quad (3.9)$$

Y_F ve Y_E faktörlerinin diş sayısına göre değişimi Şekil 3.15'e göre seçilmiştir. Buna göre, $Y_F = 3,2$ ve $Y_E = 0,7$ olarak belirlenmiştir.

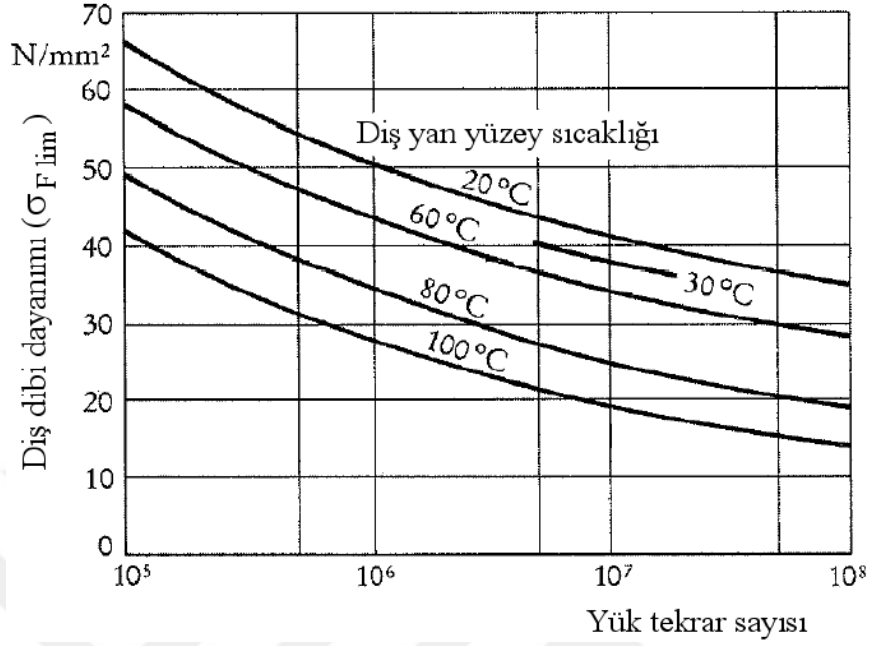


Şekil 3.15 : Form faktörü ve yük paylaşım faktörü [28].

Ana pervane dönme momenti 0,8 Nm olarak ölçülmüştür. Ana pervaneye bağlı ara dişlide aynı moment ile dönmektedir. Ara dişli yuvarlanma dairesi çapı 60 mm olduğundan ara dişliye etkiyen teğetsel kuvvet $F_t = 0,8 / 0,03$ denkleminde 26,6 N olarak hesaplanır. Diş dibindeki gerilme $\sigma_F = (26,6 / 5,2) \cdot (3,2) \cdot (0,7)$ denkleminde 5,95 N/mm² olarak hesaplanır.

POM malzeme için diş dibindeki emniyet gerilmesi Şekil 3.16'da gösterilmiştir. Diş yan yüzey sıcaklığı, makine içerisinde maksimum su sıcaklığının ulaştığı 80° C olarak alınmıştır. Bu bağlamda, diş dibindeki emniyet gerilmesi 10⁸ yük tekrar sayısında 20

N/mm² olarak bulunur. 5,95<20 N/mm² olduğundan mekanizma diş dibi zorlanmasına göre emniyetlidir.

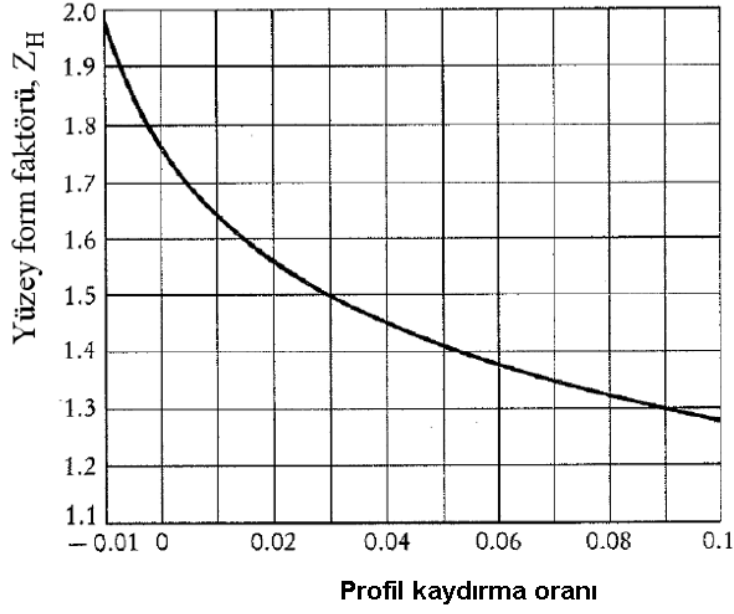


Şekil 3.16 : Diş dibi dayanımı [28].

Kuru çalışan dişliler fazla zorlanma durumunda diş yüzeylerinin aşınması sonucu hasara uğramaktadır. Temas halindeki diş yüzeylerinde meydana gelen Hertz gerilmeleri kritik bir öneme sahiptir. Düz bir alın dişlide meydana gelen yüzey zorlanması denklem (3.10)'daki gibi yazılabilir.

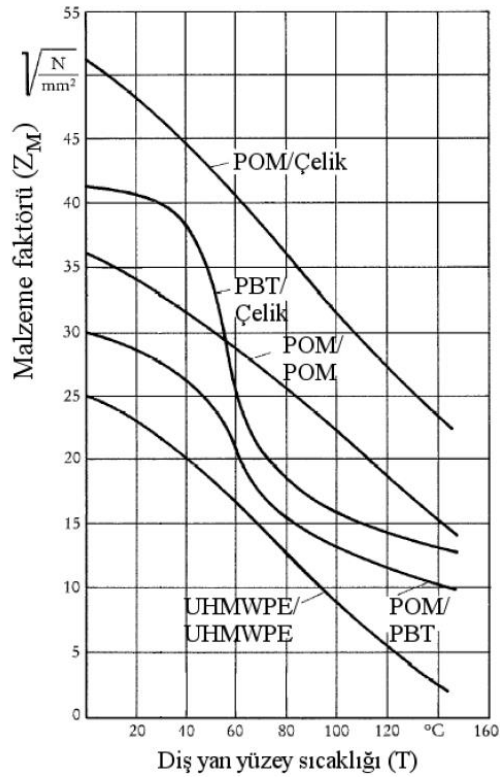
$$\sigma_H = \sqrt{\frac{F_t}{b.d}} \cdot \sqrt{\frac{i+1}{i}} \cdot Z_H \cdot Z_M \quad (3.10)$$

Yüzey form faktörü düz alın dişlilerde profil kaydırmaksız halde ve $\alpha=20^\circ$ kavrama açısı için $Z_H=1,76$ alınabilir. Şekil 3.17'de yüzey form faktörünün profil kaydırma oranı ile değişimi gösterilmiştir.



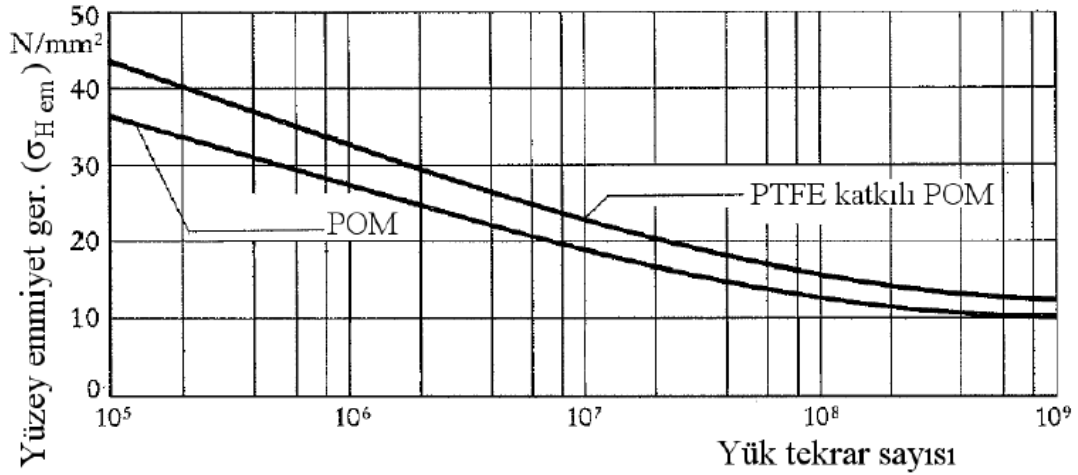
Şekil 3.17 : Yüzey form faktörü [28].

Malzeme faktörü ise dış yan yüzey sıcaklığına bağlı olarak Şekil 3.18’de gösterilen grafikten $Z_M = 25$ olarak seçilmiştir.



Şekil 3.18 : Malzeme faktörü [28].

Bu bağlamda yüzey zorlanması $\sigma_H = \sqrt{\frac{26,6}{5,30}} \times \sqrt{\frac{0,5+1}{0,5}} \cdot 1,76.25$ denkleminde 32,1 N/mm² olarak hesaplanır. POM malzeme için yüzey emniyet gerilmesi Şekil 3.19’da verilmiştir. Buna göre, 10⁵ yük tekrar sayısına kadar yüzey zorlanması emniyetli olarak söylenebilir.



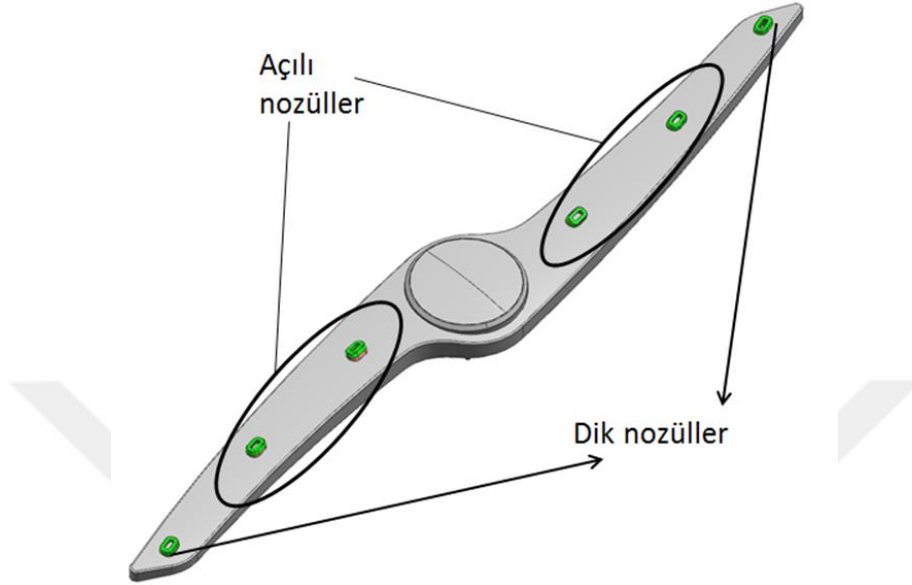
Şekil 3.19 : POM malzemedeki plastik dişlilerde yüzey emniyet gerilmesi [28].

Uydu pervanesinin köşelere uzandığı noktada, yarısı ana pervanesinin üzerinde kalmaktadır. Uydu pervanesinin yarısının ana pervanesinin üzerine geldiği konumlarda, ana pervanesinin mevcut durumda üzerinde bulunan nozüllerden çıkan su uydu pervaneye çarpacak ve yıkamaya bir etkisi olmayacaktır. Bu sebeple ana pervane üzerinde bu noktalarda bulunan nozüller kapatılarak uydu pervaneye taşınacaktır. Ana pervane üzerinde bulunan nozüllerden yapılan yıkama işlemi uydu pervane tarafından gerçekleştirilecektir.

Mevcut durumda pervane köşelerinde bulunan nozüller, pervanesinin köşe noktalarındaki yıkama etkinliğini artırmak için açılı bir şekilde tasarlanmıştır. Fakat bu durum pervane köşe noktalarda olmadığı zaman dilimlerinde gürültüye sebep olmaktadır. Bu durumun sebebi, açılı nozüllerden çıkan suyun kazan içerisinde yan duvarlara çarpmasıdır. Yan duvarlara çarpan su, müşteri konforunu düşürerek ses seviyesini artırmakta ve bu konumlarda yıkama etkinliğine bir katkıda bulunmamaktadır.

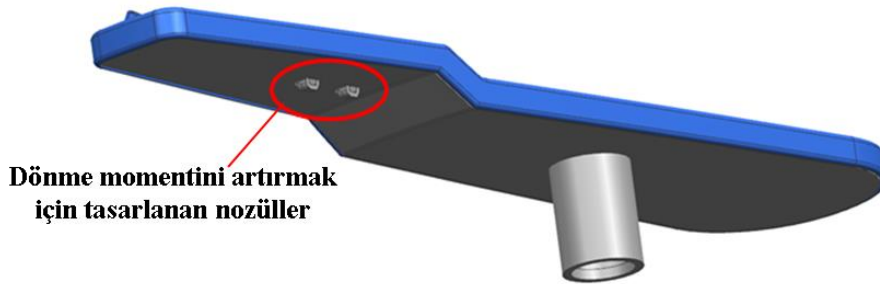
Gözlemlenen bu sebeplerden ötürü, nozül açılarında değişikliğe gitmeye karar verilmiştir. Uydu pervane üzerinde köşe noktalarda bulunan nozüller, uydu pervanesinin yan duvarları yıkadığı sırada yan duvarlara çarpıp ses düzeyini artırmasını engellemek

için düz olarak tasarlanmış olup, uydu pervane üzerinde bulunan diğerk nozüller suyun pervanenin dönüşüne yardım etmesinin istenmesi sebebiyle açılı olarak tasarlanmıştır. şekil 3.20’de uydu pervanenin üzerindeki nozüller gösterilmiştir.

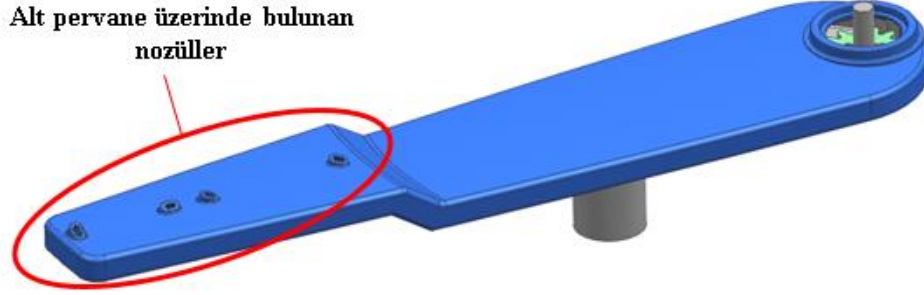


şekil 3.20 : Uydu pervane üzerinde yer alan nozüller.

Ana pervanenin alt tarafına dönme momentini artırmak için şekil 3.21’de görüldüğü üzere nozüller eklenmiştir. Ayrıca st taraftaki nozüllerde şekil 3.22’de görüldüğü gibi tasarlanmıştır.

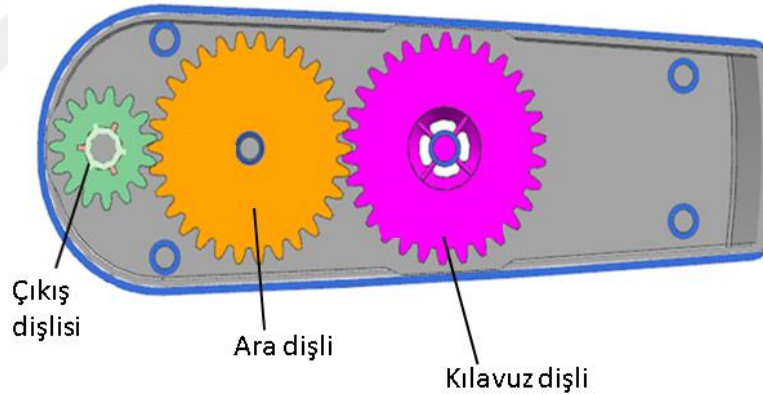


şekil 3.21 : Alt pervaneye dönme momentini artırmak için eklenen nozüller.



Şekil 3.22 : Alt pervanenin üzerinde bulunan nozüller.

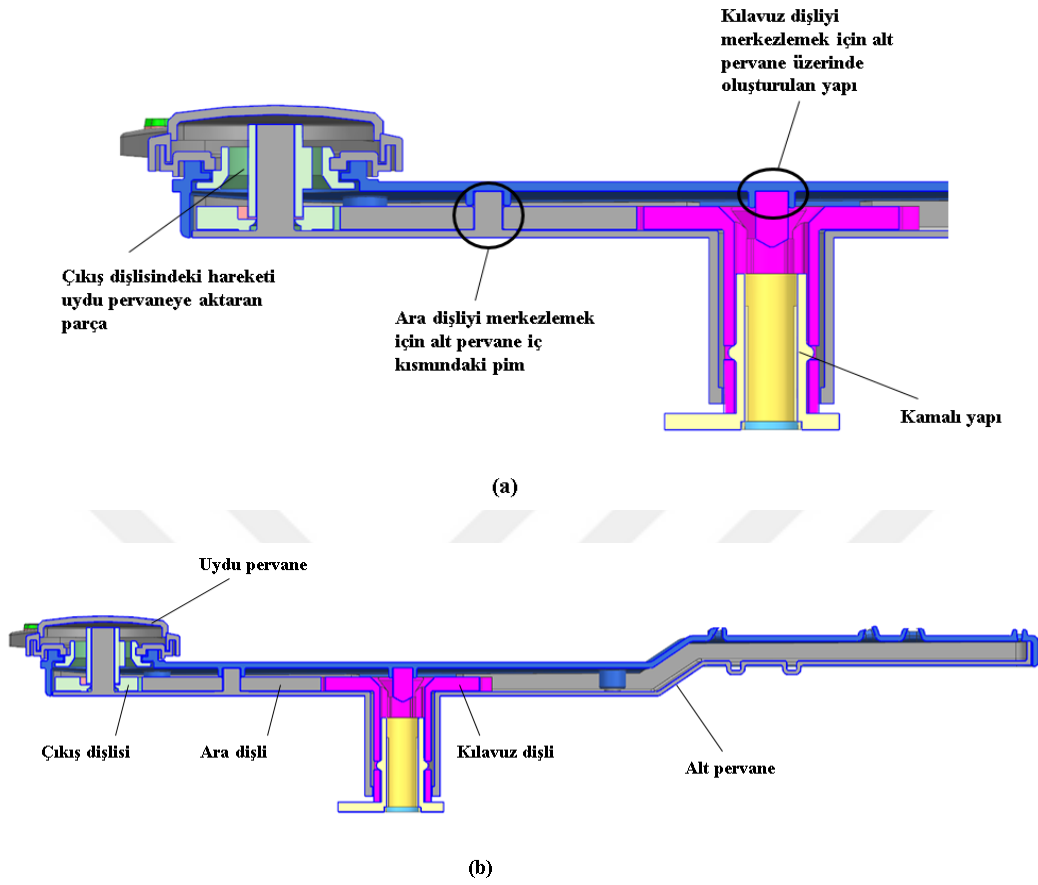
Alt pervanenin üstten kesiti alınmış durumda içerisinde konumlanan dişliler Şekil 3.23’de görülmektedir. Bu dişlilerden dönme eksenı üzerinde olan dişli kılavuz dişli olmak üzere, ara dişli pervanenin dönmesi ile beraber kılavuz dişlinin etrafında dönmektedir. Ara dişlinin dönmesi ile beraber hareket ara dişliden çıkış dişlisine aktarılmaktadır. Çıkış dişlisi ise uydu pervaneye şekil bağı ile bağı olduğundan uydu pervaneyi döndürmektedir.



Şekil 3.23 : Alt pervane üstten kesit görünüşü.

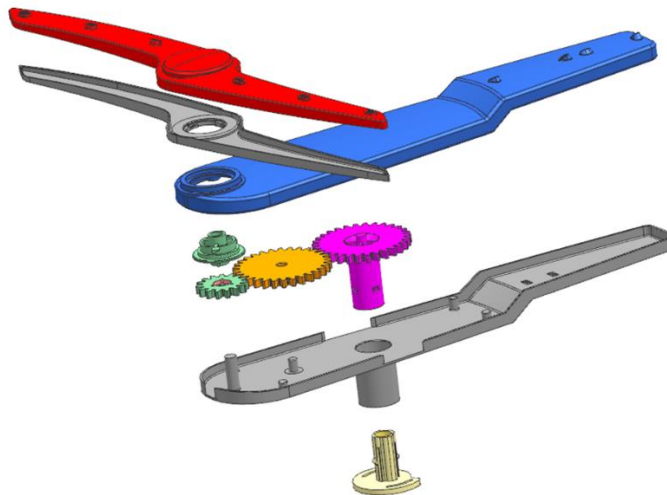
Kılavuz dişli pervanenin üst tarafında tasarlanan merkezleme deliğine girmekte ve alt tarafta tasarlanan kamalı yapı sayesinde pervanenin dönüşünden etkilenmeden sabit kalabilmektedir. Ara dişli pervanenin alt tarafında bulunan merkezleme pimine geçmektedir ve dişlinin dönmesi esnasında pervanenin alt yüzeyine sürtünmesi ile oluşacak kaybı azaltmak için alt pervaneye bu bölgede kademe verilmiş ve sürtünme yüzeyi azaltılmıştır. Aynı şekilde çıkış dişlisinin olduğu bölgeye de kademe verilerek oluşacak sürtünme kaybını azaltmak hedeflenmiştir. Çıkış dişlisindeki hareket, dişli üzerinde oluşturulan yapı sayesinde bu yapıya montajı yapılan parçaya aktarılmakta

ve bu parçada uydu pervane ile olan şekil bağı sayesinde uydu pervaneyi harekete geçirmektedir. Şekil 3.24’de bu yapıların kesit görünümü görülmektedir.



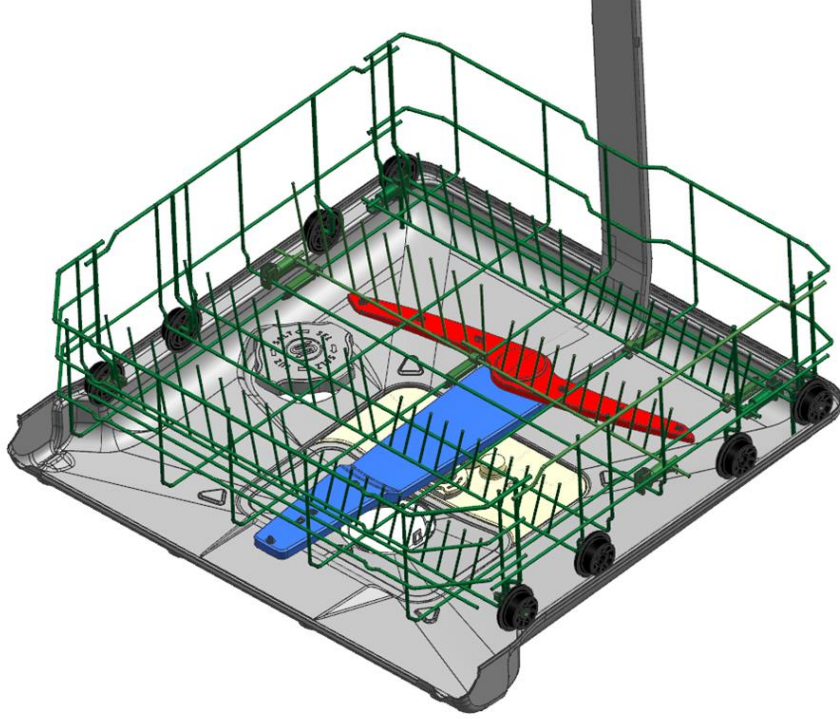
Şekil 3.24 : (a) Dişlilerin merkezlenmesi ve uydu pervaneye hareket aktarımı. (b) Tasarımın yandan kesit görünüşü.

Sistemin montaj sırasına göre patlatılmış görünümü Şekil 3.25’de gösterilmiştir.



Şekil 3.25 : Sistemin patlatılmış görünümü.

Yeni tasarımın yıkama alanı içerisindeki görüntüsü Şekil 3.26’da gösterilmiştir.



Şekil 3.26 : Yeni tasarımın yıkama alanı içerisindeki görünümü.



4. PROTOTİP İMALATI

Prototip imalatı için farklı üretim yöntemlerinden faydalanılmıştır. Bu yöntemler katmanlı üretim teknolojileri ve talaşlı imalat olarak ikiye ayrılabilir. Katmanlı üretim teknolojileri, 3 boyutlu bir CAD modelin üçgensel kafes yüzeyli bir modele (STL) dönüştürülerek özel yazılımlarla katmanlara dilimlendikten sonra 3 boyutlu yazıcı vasıtası ile tabandan başlayarak katman katman ürünün oluşturulması işlemiyle gerçekleşmektedir. Katmanlı Üretim Teknolojileri tasarım sınırlarını kaldırarak, geleneksel üretim yöntemleri ile imalatı mümkün olmayan ya da güç olan parçaları kolaylıkla ve kısa sürede üretmeye imkân sağlamaktadır. Hareketli ve montajlı parçaların bir seferde tek bir parça olarak üretilbildiği gibi, karmaşık geometrilere sahip parçalar da kolaylıkla üretilbilmektedir [29]. Talaşlı imalat ise, istenen parça geometrisinin oluşturulması için mekanik olarak malzeme uzaklaştıran kesici bir takım kullanılan imalat yöntemi olarak söylenebilir. Yüksek doğruluk ve kesinlikte bir geometri elde etmek için en uygun imalat yöntemlerinden birisi talaşlı imalat yöntemidir [30].

Pervanenin bulaşık makinesine yataklandığı kısımda katmanlı üretim yöntemlerinden olan SLS teknolojisinden faydalanılmıştır. SLS teknolojisi üretim tablasına serilen poliamid malzemenin lazer gücü ile yüksek sıcaklıkta kürlenmesi esasına dayanan bir hızlı prototipleme yöntemidir. Bir üretim yatağı içerisinde bulunan çok ince materyal katmanı üzerine verilmek istenen şekil, lazer tarafından taranır. Toz halindeki materyal sertleşerek ilk katmanı oluşturur. İlk katman oluştuktan sonra yatak aşağı çekilir ve üzerine yeni materyal serilir ve işlem ürün sonlanana kadar aynı şekilde devam eder. Bu teknolojinin avantajı, hareketli parçalar içeren mekanizmalarda hızlı ve ekonomik bir çözüm yöntemi sunmasının yanı sıra detaylı forma sahip ürünlerinde bu yöntem ile üretilmesidir. Üretim esnasında yer çekiminden dolayı çökmeyi engellemek için destek malzemesine ihtiyaç duyulmamasından dolayı üretim bittikten sonra temizleme işlemine gerek duyulmaz. Bu durum da diğer 3 boyutlu üretim yöntemlerine nazaran SLS yöntemiyle üretimi cazip kılmaktadır. Pervanenin içerisinde yer alan sabit dişlinin

yatakladığı kısımda tırnaklı bir yapı olması ve sabit dişlinin bu bölgeye esneyerek montajının yapılması SLS teknolojisinin kullanılmasının başlıca nedenidir [29].

Pervaneler ve dişliler ise talaşlı imalat yöntemi ile POM malzemeden imal edilmiştir. Bu yapıların imalatında POM malzeme seçilmesinin sebepleri şöyle açıklanabilir:

- Mekanizma sulu bir ortamda çalışacağından dolayı seçilen malzemenin düşük su emme özelliği olması gerekmektedir. Düşük su emme özelliği sistemin ağırlaşması engelleyecektir.
- Bulaşık makinelerinde 70°C sıcaklıklara çıkılmaktadır. POM malzeme sürekli artan ve azalan sıcaklıklar altında sağlamlığını korumaktadır.
- Mekanizma içerisinde dişliler yer aldığından ötürü artıp azalan yük dağılımları meydana gelecektir. POM malzeme diğer plastiklerin karşılayamayacağı değişken yükler karşısında daha sağlamdır.
- POM malzemenin yüksek mekanik dayanım özellikleri vardır.
- Düşük sürtünme katsayılı kaygan bir malzemedir.
- Özellikle makina aksamlarında iyi sonuçlar vermesi ve küçük dişlilerde dişlilerin mukavemeti açısından tercih edilmesidir.
- Uygun işleme ile mükemmel yüzey kalitesine ulaşılabilmesidir [31].

POM malzemeye ait bazı mekanik, kimyasal ve termal özellikler Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1 : POM malzeme özellikleri [32,33].

Özellik	Değer
Yoğunluk (g/cm ³)	1,41
Su emilimi 24 saatte (%)	0,2
Çekme dayanımı (MPa)	65-70
Sürtünme katsayısı	0,2-0,3
Erime sıcaklığı (°C)	168-175

Malzeme seçimi yapıldıktan sonra dişli çarklar ve pervaneler CNC tezgâhlarda talaşlı imalat yöntemiyle işlenerek imal edilmeye başlanmıştır.

Pervaneler içerisine dişlilerin montaj edilecek olması ve pervanelerin içerisinden su geçecek olması nedeniyle pervanelerin içinin boş olarak imal edilmesi gerekmektedir. Bu sebeplerden dolayı pervaneler iki parça halinde işlenmiştir. Büyük pervanenin alt parçası işlendikten sonra SLS yöntemi ile imal edilen pervanenin yataklanacağı kısma

geçme bağlantı yapılmıştır. Daha sonrasında kılavuz dişli büyük pervanenin alt parçasına tam orta ekseninden geçecek şekilde yerleştirilip üzerindeki yapı sayesinde SLS parçaya esneyerek geçmektedir. Kılavuz dişlinin hemen yanına alt pervanedeki pimlerden geçecek şekilde ara dişli ve çıkış dişlisi sırasıyla monte edilmiştir. Çıkış dişlisindeki hareketi uydu pervaneye aktaracak ara parça çıkış dişlisinin üzerindeki yapıya sıkı geçme olacak şekilde montajı yapılmıştır. Ara parça büyük pervanenin üst parçasının üzerindeki boşluklu yapıdan geçmektedir. Bu bağlantıda gerçekleştikten sonra büyük pervanenin alt parçası ile üst parçası, daha önceden hazırlanan POM malzemeden kesilmiş şeritlerin havya yardımı ile eritilmesi ile araya dolgu yapılarak tek bir parça haline gelmiştir. Bu parçanın üzerine küçük pervanenin alt parçası gelmektedir. Küçük pervanenin alt parçasıyla şekil bağı ile bağlı olan bu parçanın montajı yapıldıktan sonra küçük pervanenin üst parçası ile alt parçası POM şeritlerin havya yardımı ile eritilerek üst ve alt parça arasına dolgu yapılması sayesinde bağlanmıştır. Sonrasında pervaneler boyanarak Şekil 4.1 ve 4.2’de görüldüğü üzere prototipin son hali oluşturulmuştur.



Şekil 4.1 : Prototip görseli.



Şekil 4.2 : Prototip görseli.

5. TASARIMIN DOĞRULANMASI

Literatürde belirtildiği gibi mekanik etkinin arttırılarak temizleme performansının arttırılması üzerine olan bu çalışmanın doğrulaması mekanik etkinin açıklanması ile yapılabilir. Bu amaçla analitik bir yaklaşım ile mekanik etki faktörü tanımlanarak yıkama performansı değerlendirilebilir.

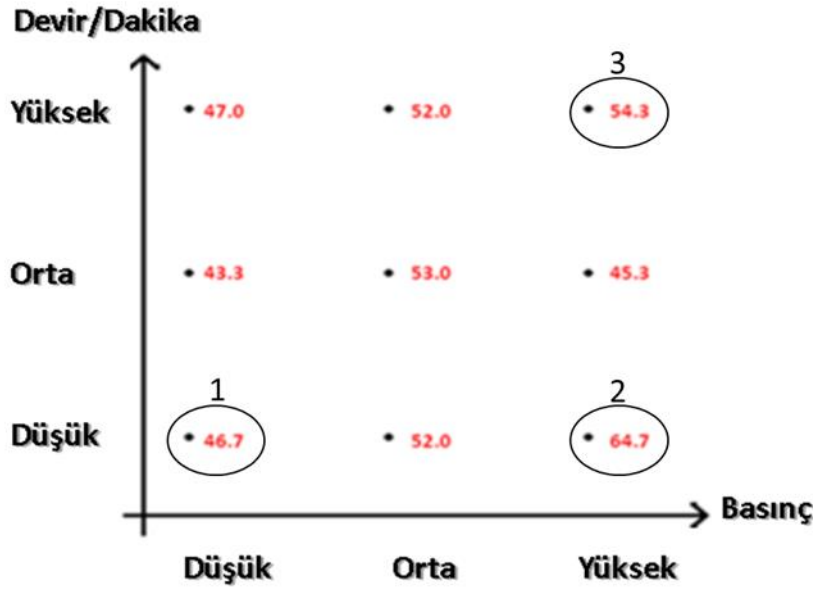
5.1 Kirli Bulaşığın Temizlenmesinde Mekanik Etki Faktörünün Belirlenmesi

Temizlemede mekanik etki literatürde gösterilen çalışmaların da değindiği üzere basınç ve pervanenin devriyle değişmektedir. Tsouknidas ve Zhang tarafından yapılan çalışmada detaylı olarak anlatıldığı üzere yıkama performansına etki eden parametreler basınç ve hızdır. Tsouknidas ve Zhang yaptıkları deneylerde 0 ile 100 arasında değişen temizleme performansı puanlandırma sistemini kullanmışlardır. Bu sisteme göre 0 puan hiç temizlenmemiş bulaşığa verilen puan iken, 100 puan ise tamamen temizlenmiş puana verilen değerdir. Yaptıkları deneyleri düşük, orta, yüksek basınç ve düşük, orta, yüksek devir sayılarının her bir kombinasyonunda yapıp deney sonuçlarını elde etmişlerdir. Şekil 5.1’de gösterilen değerler yıkama işleminin tamamlanmasının ardından her bir bulaşığa verilen puanların toplanarak aritmetik ortalamasının alınması ile elde edilmiştir [6].

Mekanik etki faktörü yaklaşımı, Tsouknidas ve Zhang’ın yaptığı çalışmadaki verileri esas alarak yapılmış analitik bir yaklaşımdır. Mekanik etki faktörünün amacı, bu deney verilerini kullanarak temizleme performansında mekanik etkiyi farklı yıkama sistemine sahip makinelerde karşılaştırmaktır. Mekanik etki faktörünün bulunması ile ulaşılan sonuç boyutsuz bir sayı olup, iki veya daha fazla yıkama sisteminin performansının sadece karşılaştırılması için kullanılabilir ve tek başına bir anlam ifade etmemektedir.

Tsouknidas ve Zhang’ın yaptığı çalışmada, en iyi temizleme performansının yüksek su basıncı ve düşük pervane hızı için elde edildiği görülmektedir. Buna rağmen sabit basınçta devri arttırmanın her zaman temizleme anlamında olumsuz sonuçlar doğurmadığı da oldukça açıktır. Bu düzensizliklerin ortadan kaldırılabilmesi ve

mekanik etki faktörü yaklaşımının uygulanabilmesi için Şekil 5.1’de yer alan 1, 2 ve 3 numaralı noktaların baz alınması uygun görülmüştür.



Şekil 5.1 : Basınç ve devir/dk'nın temizleme performansına etkisi [6].

İlgili noktalar esas alındığında temizleme üzerinde mekanik etkinin su basıncı ile doğru orantılı ve devir ile ters orantılı olduğu söylenebilir. ASKO'nun deney düzeneğinin verileri ele alındığında iki parametrenin temizleme üzerine etkisinin aynı olmadığı söylenebilir. Referans nokta olarak kullandığımız üç noktada basınç ve devir değerlerinin temizleme performansına etkisinden yaklaşık ve deneysel olarak ne ölçüde etkiledikleri hesaplanabilir.

Su basıncının artmasının temizleme performansını iyileştirmedeki etki yüzdesi 1 ve 2 numaralı noktalar incelenerek hesaplanabilir.

$$\left(\frac{64,7 - 46,7}{46,7} \right) \cdot 100 = 38,54$$

Devir sayısının artışının temizleme performansının azalmasında etki yüzdesi ise 2 ve 3 numaralı noktalar incelenerek hesaplanabilir.

$$\left(\frac{64,7 - 54,3}{54,3} \right) \cdot 100 = 19,15$$

Bu verilerle basit bir analitik yaklaşım yapılırsa mekanik etki faktörünün,

$$M = \frac{p^x}{v^y} \cdot \alpha \quad (5.1)$$

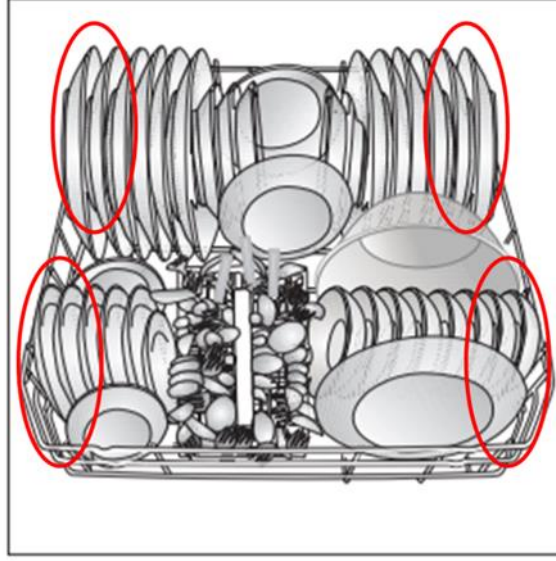
olduğu söylenebilir.

“ α ” katsayısı mekanik etkinin temizleme üzerine etkisi içerisindeki basınç ve devir dışındaki parametrelerin bir bütünü olarak söylenebilir. Müşteriler temizlemenin bireysel subjektif değerlendirmesini yaparken herhangi bir bulaşık üzerinden değerlendirme yapabilmektedir. Bu sonuç köşelere su gitmeyen bir makinada müşterinin temizlik algısını kötü etkileyebilmektedir. Müşterinin köşelere yerleştirdiği bir bulaşığın temiz yıkanmaması, temizleme faydasının az olduğunu gösterir. Bu nedenle M parametresi yaklaşımıyla bir karşılaştırma değeri elde ederken olası bir α katsayısının en önemli tanımı yıkama alanının yüzde kaçının tarandığı olmalıdır.

5.1.1 Mekanik etki faktörü yaklaşımının avantajları

Mekanik etki faktörü, literatürde yer alan yaklaşımlardan farklı olarak yıkama performansında yıkama yapılan alanın yüzde kaçının tarandığının da performansın önemli bir unsuru olduğunu iddia etmektedir. Bu bağlamda yıkama alanının köşe noktalarına ulaşmak, taranan alan miktarını artıracığı için mekanik etki faktörünü de artıracaktır.

Bulaşık makinesi performans ölçüm standartlarına göre, yuvarlak bir alan tarayan yıkama sistemine sahip makineler ile yapılan testlerde, köşe noktalarda bulunan kirli bulaşıkların, köşe noktalara ulaşabilen yıkama sistemine sahip bir makineye nazaran daha düşük puan almasına yol açmaktadır. Bu durumda yıkama performansı da düşecektir. Örneğin, Şekil 5.2’de görüldüğü gibi 12 kişi kapasiteli bulaşık makinesinde köşelere konulabilecek tabak sayısı 8’dir. Makine alt sepeti toplamda 40 adet tabak almaktadır. Bu makine yuvarlak bir alanı tarayan yıkama sistemine sahip olması durumunda, tüm alanı tarayan bir yıkama sistemine göre yaklaşık olarak %20 daha az puan alacaktır. Bu oran köşelere konulabilecek tabak sayısının toplam tabak sayısına oranı olarak hesaplanabilir.



Şekil 5.2 : Alt sepet dolu haldeyken köşe noktalarda kalan tabaklar.

5.1.2 Mekanik etki faktöründe yer alan parametrelerin tanımlanması

Mekanik etki faktöründe yer alan α katsayısının en önemli tanımının yıkama alanının yüzde kaçının tarandığı olduğundan ötürü mekanik etki faktörü,

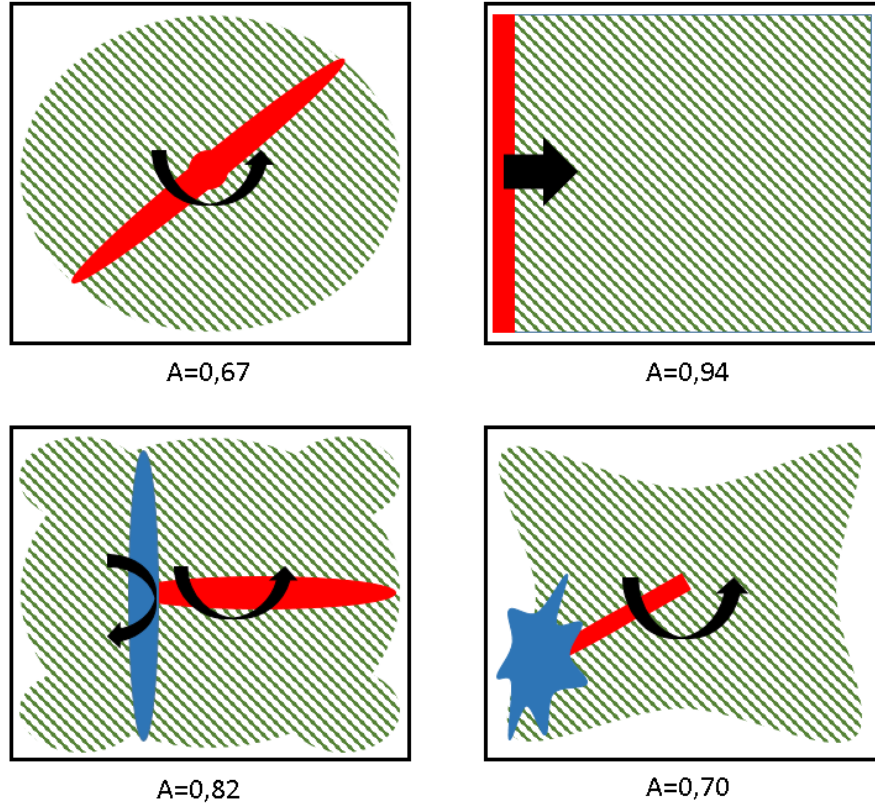
$$M = \left(\frac{P^x}{V^y} \right) \cdot A \quad (5.2)$$

olarak tanımlanabilir.

A katsayısı 0 ile 1 arasında değişen bir verim faktörü olarak düşünülebilir. Bu durumda A katsayısı, P^x / V^y oranının mekanik temizlemeye etkisinden ne ölçüde faydalandığı anlamına geldiği söylenebilir. Pervaneden çıkan basınçlı suyun taradığı hacmin tabandaki izdüşüm alanının, taban alanına oranı olarak da aşağıdaki denklemdeki gibi ifade edilebilir.

$$A = \frac{\text{Taranılan İzdüşüm Alan}}{\text{Bulaşık Makinesi Taban Alanı}} \quad (5.3)$$

Örneğin basınçlı su bulaşık makinasının kullanım yönüne göre üstten görünüşün tamamını tarıyorsa $A=1$ denilebilir. Şekil 5.3'de örnek pervane tasarımlarının A katsayıları gözükmemektedir.



Şekil 5.3 : Örnek pervane tasarımlarının A katsayıları.

Çalışma kapsamında ortaya atılan mekanik etki faktörü yaklaşımındaki en önemli parametrelerden biri basınçtır. Bulaşık makinalarında basınç değeri iki farklı noktada önem taşımaktadır. Bunlardan birinin pervaneden çıkan suyun basıncı, birinin ise bulaşık yüzeyine etkiyen su basıncı olduğu söylenebilir. Ortalama olarak bulaşık makinalarında bulaşıklara etkiyen basıncın 15 kPa civarında olduğu söylenebilir.

Bunun yanında alt pervaneden püskürtülen su basıncı ise 25 ile 35 kPa değerleri arasında değişmektedir. Akademik çalışmalarda referans değer olarak pervaneden çıkan su basıncının alındığı görülmektedir. Bu basınç değerleri mekanik etki faktörü yaklaşımına göre Çizelge 5.1'deki gibi üç sınıfa ayrılabilir.

Çizelge 5.1 : Alt pervane basınç değerleri.

Alt pervane basınç sınıfı	kPa
Düşük	25±2,5
Orta	30±2,5
Yüksek	35±2,5

Mekanik etki faktörü hesaplanırken bu üç sınıf 5,6 ve 7. Sınıf olarak tanımlanmıştır. Düşük, orta ve yüksek basıncın ortalama değerlerinin birbirlerine göre asal olacak şekilde sadeleştirilmesi sonucu bu değerler elde edilmiştir. Söz konusu değerler karşılaştırmalar yapılırken P değerinin yerine konularak M boyutsuz mekanik etki faktörünün bulunmasında önemli bir yer teşkil eder. Basınç değerlerinin hangi P sınıfına karşılık geldiği Çizelge 5.2’de görülmektedir.

Çizelge 5.2 : Basınç değerlerinin sınıflandırılması.

Sınıf	kPa
5	22,5-27,5
6	27,5-32,5
7	32,5-37,5

V değeri bulaşık makinalarında pervane devir sayısının mekanik etki faktörü yaklaşımına göre hangi sınıfa geldiğini ifade eder. Bulaşık makinelerinde alt pervane devir sayıları 40 ± 5 d/dk’dır. P sınıflarına ve denklemde yerleştirilmesine benzer şekilde V değeri de sınıf olarak denklemde yerine konulabilir. Hız değerleri de düşük, orta ve yüksek hız değerlerinin birbirlerine göre asal olacak şekilde sadeleştirilmesi sonucunda 7,8 ve 9.sınıf olarak tanımlanmıştır. Devir sayıları ve sınıfları Çizelge 5.3’de görülebilir.

Çizelge 5.3 : Alt pervane hız değerleri.

Alt pervane hız sınıfı	d/dk
Düşük	$35 \pm 2,5$
Orta	$40 \pm 2,5$
Yüksek	$45 \pm 2,5$

Hız değerlerinin hangi V sınıfına karşılık geldiği Çizelge 5.4’de görülmektedir.

Çizelge 5.4 : Hız değerlerinin sınıflandırılması.

Sınıf	d/dk
7	32,5-37,5
8	37,5-42,5
9	42,5-47,5

Bu değerlerin yerlerine yerleştirilmesi karşılaştırma yapabilmek için yeterli değildir. Bunun sebebi x ve y üstellerinin bilinmemesi olarak ifade edilebilir. Şekil 5.1’de yer alan temizleme puanlarına bakılırsa, x ve y arasında tanımlanabilir bir korelasyon

olmadığı görülebilir. Karşılaştırma yapabilmek için x ve y değerleri yaklaşık olarak atanabilir.

Literatürde bahsedildiği gibi bu ve benzeri akademik çalışmalardan elde edilebilecek en genel sonuç, basınç ile mekanik etki ilişkisindeki doğru orantı ve devir ile mekanik etki ilişkisindeki ters orantıdır.

5.2 Mekanik Etki Faktörünün Doğrulanması

Mekanik etki faktörü hesaplanırken x ve y değerleri bilinmeden bir karşılaştırma yapmanın söz konusu olmadığı görülmüştür. Örneğin, yüksek basınç ve orta hızda çalışan bir pervanenin yıkama alanının %80'ini taradığını; bir başka pervanenin ise düşük basınç ve orta hızda yıkama alanının %65'ini taradığını varsayalım. Bu varsayımlardaki veriler, $M = \left(\frac{P^x}{v^y}\right) \cdot A$ formülünde yerine konulup bir karşılaştırma yapılırsa,

$\left(\frac{7^x}{8^y} \cdot 0,8\right)$ ile $\left(\frac{5^x}{7^y} \cdot 0,65\right)$ sayısal olarak kıyaslanamayacağı görülür.

Söz konusu çalışmada ilgili karşılaştırmalar gerçekleştirilemediğinden, x ve y değerlerinin Şekil 5.1'de yer alan grafikten yararlanarak yaklaşık olarak atanması ile bir veri elde edilmeye karar verilmiştir. Devir sabit iken düşük basınçtan yüksek basınca geçildiğinde temizleme performansı üzerindeki etkinin %38,54 iyileştiği ve basınç sabit iken düşük devirden yüksek devre geçildiğinde temizleme performansı üzerindeki etkisinin %19,15 daha kötüleştiği Bölüm 5.1'de hesaplanmıştır. Buna göre $x > y$ olduğu ve su basıncının temizleme performansı üzerindeki etkisinin devre göre 2 kat daha fazla olduğu açıktır. Bu bağlamda x ve y değerleri iki farklı şekilde yaklaşık olarak atanmıştır. Çizelge 5.5'de görülen x ve y değerlerine göre, farklı sınıflardaki basınç ve hız değerlerinden elde edilen mekanik etki faktörünün pervane tarafından taranan yıkama alanına bağlı olarak hesaplanan değerleri Çizelge 5.6'daki görülmektedir.

Çizelge 5.5 : x ve y değerleri.

x	1,5
y	1

Çizelge 5.6 : Mekanik etki faktörünün farklı basınç ve hız sınıflarında A'ya bağlı değişimi.

Basınç	Devir/Dk		
	7	8	9
5	1,59A	1,39A	1,24A
6	2,09A	1,84A	1,63A
7	2,64A	2,31A	2,05A

x ve y değerleri Çizelge 5.7'deki gibi seçilirse, mekanik etki faktörünün taranan yıkama alanına bağlı olarak hesaplanan değerleri Çizelge 5.8'de gösterilmiştir.

Çizelge 5.7 : x ve y değerleri.

x	2
y	1

Çizelge 5.8 : Mekanik etki faktörünün farklı basınç ve hız sınıflarında A'ya bağlı değişimi.

Basınç	Devir/Dk		
	7	8	9
5	3,57A	3,13A	2,78A
6	5,14A	4,5A	4A
7	7A	6,13A	5,45A

Bu sonuçlara göre mevcut bulaşık makinesi ile uydu pervane sistemine sahip bulaşık makinesi mekanik etki faktörü karşılaştırılması şu şekilde yapılabilir:

Mevcut sistem ile uydu pervane sistemindeki pompalar aynıdır. Bulaşık makinesinin hangi fonksiyonda çalıştığına göre sistem basıncı 25-50 kPa aralığında değişkenlik göstermektedir [34]. En yüksek basınç pompa çıkışında 50 kPa olarak ölçülmüştür. Bu durumda üst pervane 10-15 kPa aralığında çalışırken, alt pervane 30-35 kPa aralığında çalışmaktadır. Uydu pervane tasarımı pervane içerisinde dişliler olduğundan akış alanı daha dar hala gelmiş ve bunun sonucunda alt pervanedeki basınç değeri 28-29 kPa aralığına düşmüştür. Buna göre, mevcut sistemdeki su basıncı, basınç sınıflarından 7.sınıfa karşılık gelirken, yeni tasarlanan sistemde 6.sınıfa karşılık gelmektedir.

Mevcut sistemde alt pervane 40±5 d/dk ile dönerken, yeni tasarlanan sistemde dişli çark mekanizmasında oluşan kayıplardan dolayı daha düşük hız elde edilmiştir. Yeni tasarlanan sistemde hız aralığı 33±3 d/dk olarak ölçülmüştür. Ölçüm sonuçlarına göre mevcut sistemdeki alt pervane 8. hız sınıfına karşılık gelmekte, yeni alt pervane sistemi ise 7. hız sınıfına girmektedir. Çizelge 5.9'da pervanelerin basınç ve hız sınıfları verilmiştir.

Çizelge 5.9 : Basınç ve hız sınıfları.

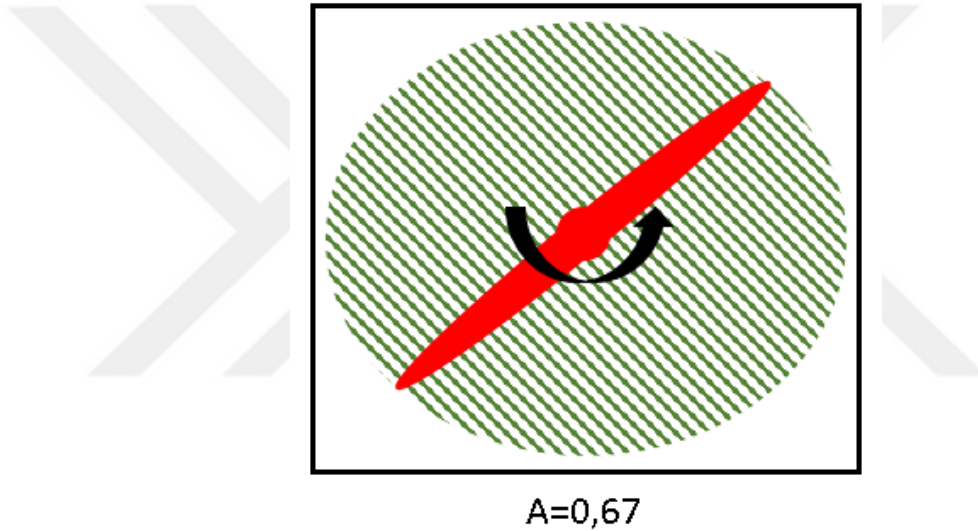
Pervane Sistemi	Basınç	Hız
Mevcut Alt Pervane	7	8
Yeni Tasarlanan Alt Pervane	6	7

Çizelge 5.9’da yer alan değerler; $x > y$ ve $x=1,5$ $y=1$ olması kabulü ile $M = \left(\frac{P^x}{V^y}\right) \cdot A$ formülünde yerine konulursa,

Mevcut alt pervane için mekanik etki faktörü:

$$M_1 = (7^{1,5}/8) \cdot 0,67 = 1,55 \text{ olarak hesaplanır.}$$

Şekil 5.4’de mevcut alt pervaneye ait A değeri gösterilmektedir.

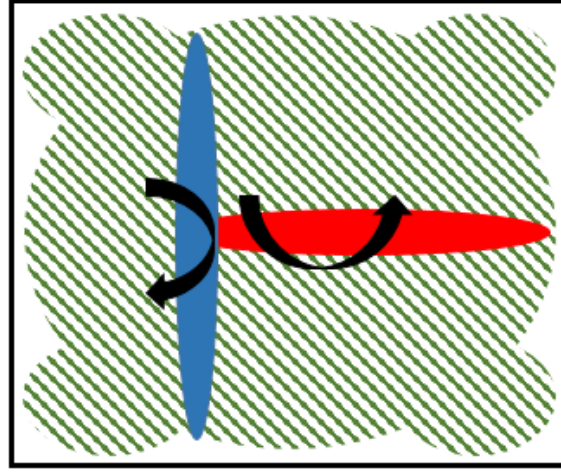


Şekil 5.4 : Mevcut alt pervane için A değeri.

Yeni tasarlanan pervane için mekanik etki faktörü:

$$M_2 = (6^{1,5}/7) \cdot 0,82 = 1,72 \text{ olarak hesaplanır.}$$

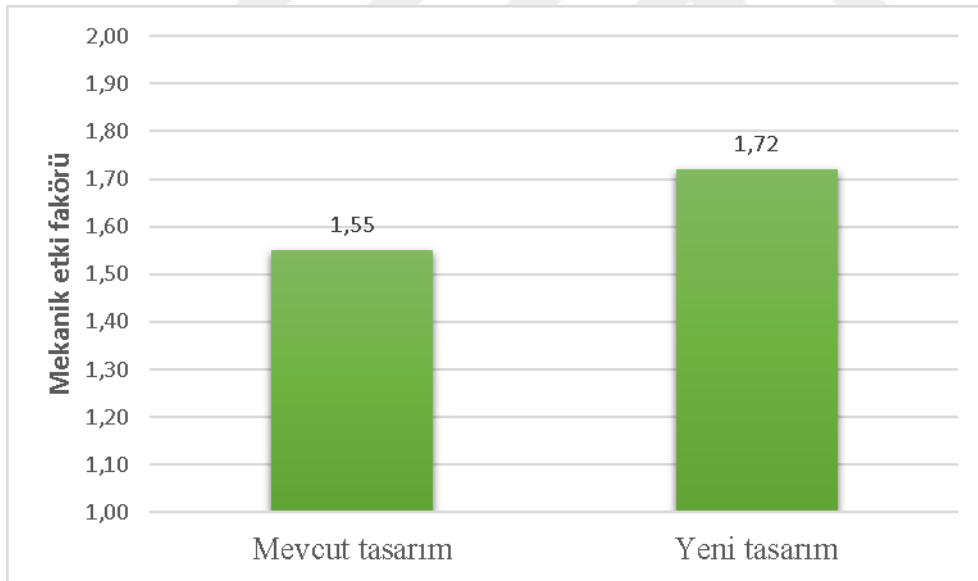
Şekil 5.5’de yeni tasarlanan uydu pervane sistemine ait A değeri gösterilmektedir.



$$A=0,82$$

Şekil 5.5 : Yeni tasarlanan alt pervane için A değeri.

Bu hesaplamalara göre, yeni tasarlanan uydu pervane sisteminin mekanik etkisinin mevcut alt pervaneye göre %10,9 iyileştirildiği söylenebilir. Şekil 5.6’da mekanik etki faktörünün değişimi gösterilmiştir.



Şekil 5.6: Mekanik etki faktörünün değişimi.

6. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Deneysel çalışmalarda performans deneyleri deney yapılacak makine ile paralel çalışan referans bir makine aynı koşullarda hazırlanan kir ile teste tabi tutulacaktır. Testler, EN50242 “Ev Tipi Bulaşık Makinelerinin Performansının Ölçülmesi” standardında yer alan yıkama performansının değerlendirilmesi kısmı referans alınarak yapılmıştır.

6.1 Deney Koşulları

Yapılan yeni tasarımın mevcut duruma göre performansının değerlendirilmesi kapsamında kullanılan makine A ve referans makine B olmak üzere, bu makinelere ait teknik özellikler Çizelge 6.1’de verilmiştir.

Çizelge 6.1 : A ve B bulaşık makineleri teknik özellikleri.

Özellik	A	B
Su tüketimi (l)	9,5	14,4±0,4
Enerji tüketimi (kwh)	0,83	1,33±0,08
Kapasite (kişi)	14	12
Alt pervane dönüş hız (d/dk)	40±5	35±5

Bu standartlara bağlı olarak olması gereken ortam koşulları aşağıdaki gibi olmalıdır:

- Oda sıcaklığı $23 \pm 2^{\circ}\text{C}$
- Bağıl nem $\%55 \pm \%5$
- Su besleme sıcaklığı $15 \pm 2^{\circ}\text{C}$
- Su besleme basıncı $240 \pm 20 \text{ kPa}$
- Su sertlik değeri $2,5 \pm 0,5 \text{ mmol/l}$

Yıkama performans ölçümüne başlanılmadan önce, bulaşık makinesi standartta yer alan referans deterjan ile durulama maddesi olmaksızın üç çevrim çalıştırılmıştır.

Yıkama performansı testlerinde kullanılan standart deterjan bileşimi Çizelge 6.2’de verilmiştir [35].

Çizelge 6.2 : Yıkama performansı testlerinde kullanılan deterjan bileşimi [35].

Kimyasal madde	Kütle (%)
Sodyum sitrat dihidrat	30
Maleik asidi / Akrilik asit kopolimer sodyum tuzu	12/20
Sodyum perborat monohidrat	5
Tetra asetil etilendiamin	2
Sodyum disilikat (kristal halinde olmayan)	25
Doğrusal yağ alkolü etoksilat (İyonik olmayan)	2
Proteaz	0,5
Amilaz	0,5
Sodyum karbonat (susuz)	100'e tamamlanır.

Yıkama performansı testlerinde kullanılan standart durulama maddesi bileşimi Çizelge 6.3'de verilmiştir [35].

Çizelge 6.3 : Yıkama performansı testlerinde kullanılan durulama maddesi bileşimi [35].

Kimyasal madde	Kütle (%)
Doğrusal yağ alkolü etoksilat	15
Kümen sulfonat	11,5
Sitrik asit (susuz)	3
Su	100'e tamamlanır.

6.2 Deney Numunelerinin Hazırlanması

6.2.1 Kirletme malzemelerinin hazırlanması

Yıkama performansı testleri 14 kişilik yemek takımı üzerinde gerçekleştirilecektir. Takımı oluşturan parçaların hepsi testten önce 5 skorunu alacak şekilde temizlenmiştir. Yemek takımı standartta yer alan süt, çay, kıyma, yumurta, yulaf, ıspanak ve margarin ile kirlendirilecektir [35]. Deney makinesi A ve referans makine B için hazırlanan tüm kirletme maddeleri aynı partiden seçilmiştir. Deney için gerekli her bir kirletme maddesinin tüm miktarı tartılmış, gerekli porsiyonlara ayrılmış ve takımın parçalarına uygulanmıştır.

Kullanılan yemek takımındaki parçaların boyutları Çizelge 6.4'de gösterilmiştir.

Çizelge 6.4 : Yemek takımı parça boyutları.

Yemek takımı parçası	Çap/Hacim/Uzunluk
Çorba tabağı	230 mm
Düz tabak	260 mm
Tatlı tabağı	190 mm
Fincan	0,21 l
Fincan tabağı	140 mm
Bardak	250 ml
Çatal	184 mm
Çorba kaşığı	195 mm
Bıçak	203 mm
Çay kaşığı	126 mm
Tatlı kaşığı	156 mm
Oval düz tabak	320 mm
Büyük servis kasesi	200 mm
Orta servis kasesi	160 mm
Küçük servis kasesi	130 mm

Yıkama testi için kirletilen tabak tipi, sayısı ve toplam kir miktarı Çizelge 6.5’de verilmiştir.

Çizelge 6.5 : Yıkama testi için kirletilen bulaşıkların kir miktarı [35].

Yemek takımı parçası	Kir türü	Parça sayısı	Toplam kir miktarı
Çorba tabağı	Yulaf	14	42 g
Düz tabak	Yumurta	7	14 g
Düz tabak	Kıyma	7	21 g
Tatlı tabağı	Yumurta	7	14 g
Tatlı tabağı	Ispanak	7	35 g
Fincan	Çay	14	Yarıya kadar
Fincan tabağı	Çay	14	Yarıya kadar
Bardak	Süt	14	10 ml
Çatal	Yumurta	14	Fırça sürülerek kirletilir.
Çorba kaşığı	Yulaf	14	Daldırma ile kirletilir.
Bıçak	Yok	14	Yok
Çay kaşığı	Yok	14	Yok
Tatlı kaşığı	Yok	14	Yok
Oval düz tabak	Margarin	1	12 g
Büyük servis kasesi	Kıyma	1	4 g
Orta servis kasesi	Ispanak	1	3,5 g
Küçük servis kasesi	Ispanak	1	2,5 g
Servis takımı	Yok	4	Yok

Kirletme malzemelerinden süt 250 ml kapasiteli, yüksekliği 115 mm ve çapı 60 mm olan laboratuvar cam bardaklarında hazırlanacaktır. Hazırlama işlemine geçilmeden önce mikrodalga fırında bir ön ısıtma işlemi gerçekleştirilmiştir. Herbiri 50 ml su ile doldurulan cam bardaklar, mikrodalga fırının döner tablasına simetrik bir şekilde yerleştirilmiş ve 780 W'ta 4 dakika ve 150 W'ta 10 dakika ısıtılmıştır. Daha sonrasında mikrodalgadan çıkarılan su dolu bardaklar boşaltılmıştır. Süt her bir bardağa 10 ml olacak şekilde bir pipet yardımıyla döküldükten sonra, mikrodalga fırında 780 W'ta 4 dakika ve 150 W'ta 10 dakika olmak üzere pişirilmiştir. İlk 6 bardak mikrodalga fırından çıkarıldıktan hemen sonra, diğer 6 bardağa ve son olarak da kalan 2 bardağa aynı işlem uygulanmıştır. Şekil 6.1'de süt ile kirletilmiş ve mikrodalga fırına yerleştirilmiş bardaklar gösterilmektedir.



Şekil 6.1 : Süt ile kirletilmiş cam bardaklar.

Çay kiri hazırlanmasında standartta yer alan firmadan temin edilen siyah çay kullanılmıştır. 1 litre kaynamış su 6 gram çay üzerine dökülmüş ve 5 dakika süreyle kapalı bir kaptaki bekletilmiştir. Fincan ve fincan tabakları yarıya kadar çay ile dolduruluktan sonra Şekil 6.2'de görüldüğü üzere 80°C'ye ısıtılan ısı dolabına konulmuş ve 1 saat süreyle ısı dolabında bekletilmiştir. Isı dolabından çıkarılan fincan ve tabaklar üzerinde kalan çay çaylar boşaltılmış ve çay kiri hazır hale getirilmiştir.



Şekil 6.2 : Isı dolabına konulan çay ile kirletilmiş fincan tabağı ve fincanlar .

Kıyma kiri homojen bir karışım ve 1:1 oranında olacak şekilde domuz kıyması ve sığır kıymasından hazırlanmıştır. 150 gram kıyılmış ete çırpılmış 50 gramlık yumurta karıştırılmış ve sonrasında 60 gramlık porsiyonlara ayrılmıştır. 60 gramlık porsiyonlara ayrılan kıyılmış etten 50 gramı 8 gram su ile homojen duruma gelene kadar karıştırılmıştır. Hazırlanan kıyma 7 adet düz tabağa ve bir adet en büyük servis kâsesine uygulanılmıştır. Standartta yer alan plastik çatal yardımıyla tabakların üst tarafına ve kenar kısımlarda 20 mm boşluk temiz kalacak şekilde eşit olarak dağıtılmıştır. Şekil 6.3’de kıyma ile kirletilmiş numuneler gösterilmektedir.



Şekil 6.3 : Kıyma kiri ile hazırlanmış numuneler.

Yumurta ile kirletilecek gereçler için üç adet yumurta kullanılmıştır. Yumurtaların beyazı sarısından ayrıştırılmış ve sarısı alınan yumurta bir kâsede çırpılmıştır. Daha sonrasında Şekil 6.4’de görüldüğü üzere düz tabak ve tatlı tabaklarının sayıca yarısına ve üst kısmına kenar kısımlardan 20 mm boşluk temiz kalacak şekilde standartta yer alan genişliği 25 mm olan fırça yardımıyla eşit olarak sürülmüştür.



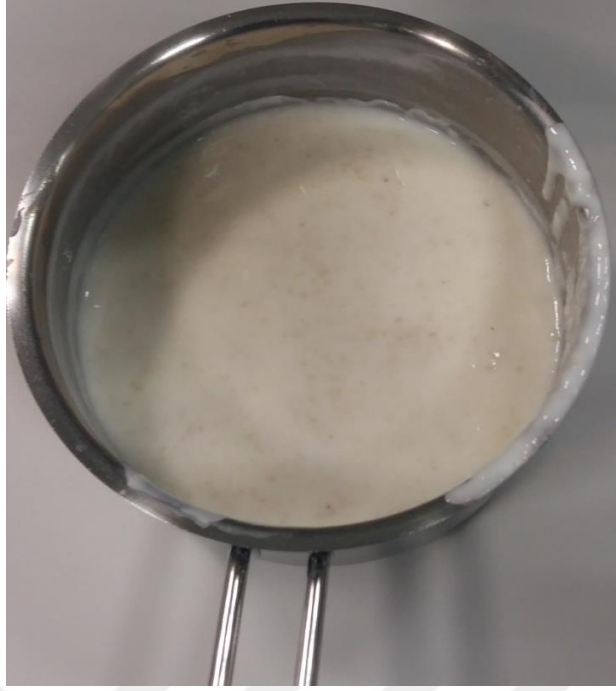
Şekil 6.4 : Fırça yardımı ile yumurta sürülen tabak.

Tüm çatalara ise yumurta kirinden ince düzgün bir tabaka şeklinde uygulanmış ve çatalar ayrı bir tabakta uç kısımları aşağı gelecek şekilde kurumaya bırakılmıştır. Şekil 6.5’de yumurta ile kirletilen çatalar gösterilmektedir.



Şekil 6.5 : Yumurta ile kirletilmiş numuneler.

Yulaf kiri hazırlanmasında, 50 gramlık yulaf ezmesi 750 ml soğuk su ve 250 ml süt ile iyice karıştırılmıştır. Karışım kaynama noktasına getirilene kadar ısıtılmış ve bir tahta kaşık yardımıyla sürekli karıştırılmıştır. Hazırlanan karışım Şekil 6.6’de görülmektedir.



Şekil 6.6 : Yulaf lapası.

Çorba tabaklarının tamamına ve çorba kaşıklarının tamamına yulaf lapası uygulanılmıştır. Çorba kaşıkları Şekil 6.7’de görüldüğü üzere hazırlanan yulaf lapasına daldırılmış ve kaşığın sırt kısmı yukarıya gelecek şekilde deney yüküne ait olmayan bir tabak üzerinde kurumaya bırakılmıştır.



Şekil 6.7 : Çorba kaşıklarının yulaf lapasına daldırılarak hazırlanması.

Çorba tabaklarına ise, Şekil 6.8’de görüldüğü üzere tabağın üst yüzeyine ve kenardan 25 mm boşluk temiz kalacak şekilde standartta yer alan 25 mm genişliğindeki fırça yardımıyla eşit olarak uygulanılmıştır.



Şekil 6.8 : Çorba tabaklarına yulaf lapasının uygulanması.

İspanak kiri hazırlanmasında dondurulmuş ve içerisinde hiçbir katkı maddesi olmayan ıspanak kullanılmıştır. Dondurulmuş ıspanak oda sıcaklığında çözüldükten sonra standartta yer alan kevgire konulmuştur. İspanak kevgir üzerinde ezilerek ufak parçalara ayrılmıştır. Ufak parçalara ayrılan ıspanak yemek takımı parçası başına 3 gram uygulanacak şekilde, Şekil 6.9’da görüldüğü üzere standartta yer alan 25 mm genişliğindeki fırça yardımıyla tatlı tabaklarının yarısı, küçük ve orta boy servis kâselerine kenar kısımlardan 20 mm boşluk temiz kalacak şekilde sürülmüştür. Şekil 6.10’da ıspanak kiri ile hazırlanmış numuneler gösterilmektedir.



Şekil 6.9 : İspanak kirinin fırça yardımıyla uygulanması.



Şekil 6.10 : Ispanak kiri ile hazırlanmış numuneler.

Margarin kiri hazırlanmasında evlerde kullanılan margarin kullanılmıştır. Buzdolabında muhafaza edilen margarin, kullanım esnasında ortam sıcaklığına gelene kadar bekletilmiştir. Oval düz bir tabağa bir bıçak yardımıyla kenarlardan 20 mm boşluk temiz kalacak biçimde uygulanmıştır. Şekil 6.11’de margarinin oval tabağa uygulanması ve margarin ile kirletilmiş oval düz tabak gösterilmektedir.



Şekil 6.11: Margarin kirinin hazırlanması.

Tüm kirler Şekil 6.12’de görüldüğü gibi hazırlandıktan sonra, kirli yemek takımları bir ısı dolabına konulur.



Şekil 6.12 : Tüm kirlerin ısı dolabına konulmadan önce hazırlanmış hali.

6.2.2 Kirli kapların kurutulması

Çay kirinin ön kurutmasının bitmesinin ardından, Şekil 6.13’de görüldüğü üzere margarin ile kirletilmiş oval düz tabak, temiz çatal, kaşık ve bıçak dışındaki tüm kirler kaplar birbirine çok yakın olmayacak şekilde 10 dakika içerisinde ısı dolabına konulmuştur.



Şekil 6.13 : Isı dolabına dizilen kirli bulaşıklar.

Isı dolabında iki saat süreyle bekletilen numuneler daha sonra ısı dolabından çıkarılarak 40 dk süre ile ortam sıcaklığında soğutulmuştur. Isı dolabından çıkan kirlere ait görseller Şekil 6.14’de görülmektedir.



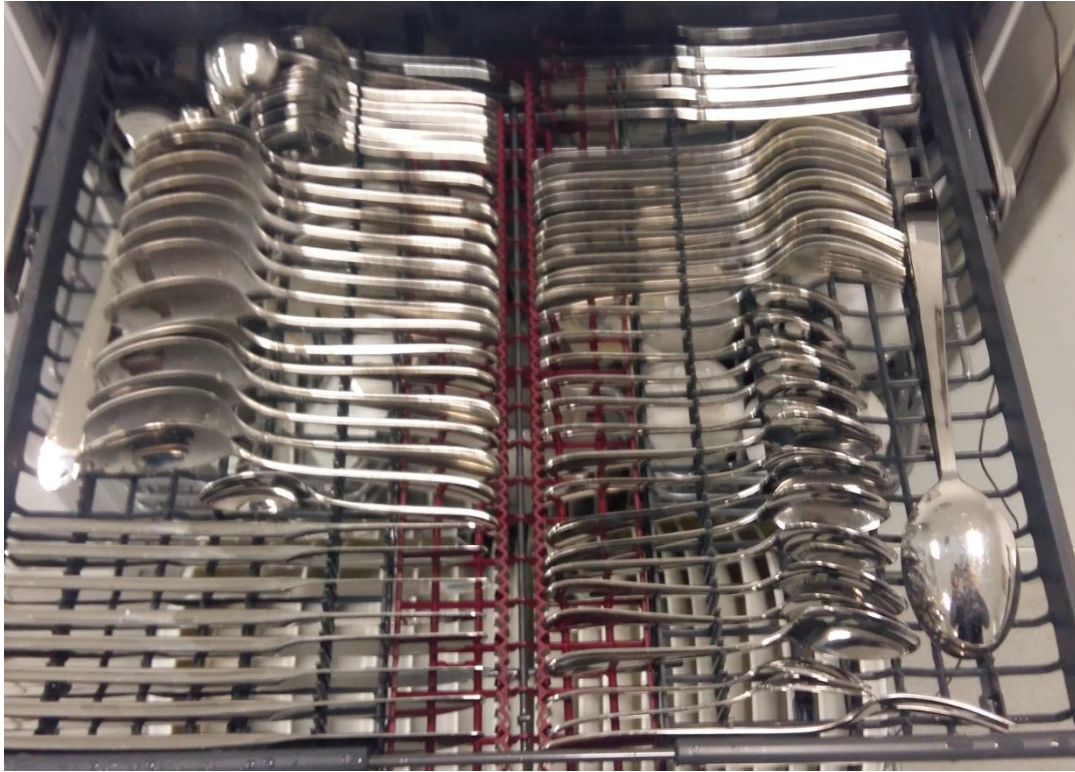
Şekil 6.14 : Isı dolabından çıkarılan kirler.

Soğutma işleminin hemen ardından numuneler bulaşık makinesine yerleştirilmeye başlanmıştır.

6.3 Deneyin Yapılması

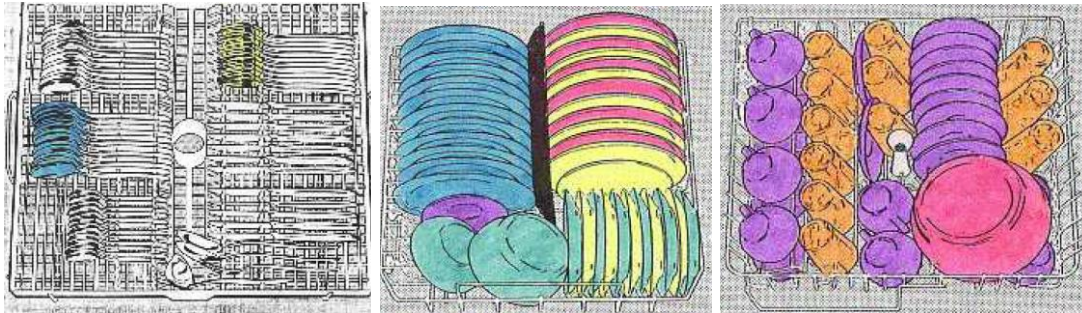
6.3.1 Deneyin başlatılması

Standarta uygun olarak hazırlanan kirli numuneler A ve B makinesini üreten firmaların talimatlarına göre sepetlere yerleştirilmiştir. Hazırlanan numunelerin talimata göre sepete yerleştirilmiş hali Şekil 6.15’de görüldüğü gibidir.



Şekil 6.15 : Kirli bulaşıkların alt ve üst sepete yerleşimi.

B referans makinesine ait sepet yerleşim örneği Şekil 6.16’da gösterilmiştir.



Şekil 6.16 : Referans makine sepet yerleşimi [35].

Yıkama performansı ölçümü deney makineleri ile referans makinenin aynı anda çalıştırılması ile başlatılmıştır. A makinesine ekonomi programı, B makinesine ise Universal 65 programı verilmiştir. Makineler beş çevrim çalıştırılmıştır. Her çevrimden sonra Bölüm 6.2’de anlatıldığı üzere kirli numunelerin hazırlanması aşaması gerçekleştirilmiş ve makineye tekrar çevrim verilmiştir.

6.3.2 Değerlendirme

Her bir yük gereci her çevrim sonunda aynı eğitimli deney personeli tarafından görsel olarak değerlendirilmiştir. Değerlendirme konumunda aydınlık seviyesi 1500 lux’tur. Değerlendirme işlemi kişiden kişiye değişmeyen bir işlem olup, Çizelge 6.6’da görüldüğü üzere küçük nokta biçimli kir parçacıklarının sayısına veya toplam kirletilmiş alan büyüklüğüne göre yapılmıştır. Birden fazla skor için kurallar karşılanıyorsa, en düşük uygulanabilen skor verilmiştir [35]. Nokta biçimli kir parçacıklarının sayısı veya kirletilmiş alan büyüklüğü matematiksel olarak ifade edilebilen büyüklükler olduğundan değerlendirme işlemi güvenilirdir. Bu ölçüm tekniği tüm dünyada uygulanan bir ölçüm tekniği olup, değerlendirme aşamasından sonra ilgili bulaşık makinesi ölçüm yetkinliği olan bağımsız kuruluşlarda tekrar değerlendirilmektedir. Bu ölçümler ile bağımsız kuruluşlar tarafından yapılan ölçümlerin belirli bir tolerans aralığında örtüşmesi gerekmektedir. Makinenin yıkama sınıfı ancak bu ölçümlerden sonra açıklanabilir.

Çizelge 6.6 : Kir alanı-yıkama puanı tablosu [35].

Küçük nokta biçimli kir parçacıklarının sayısı (n)	Toplam kirletilmiş alan (mm²)	Puan
Uygulanmaz	Kir Alanı > 200	0
Uygulanmaz	50 < Kir Alanı < 200	1
n > 10	4 < Kir Alanı < 50	2
4 < n ≤ 10	Kir Alanı < 4	3
0 < n ≤ 4	Kir Alanı < 4	4
n = 0	Temiz	5

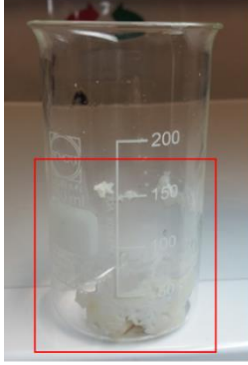
Değerlendirmeler sırasında puanlanan yemek takımına ait bazı parçalar ve bu parçaların Çizelge 6.6’da yer alan prosedüre göre aldığı puanlar Şekil 6.17’de gösterilmiştir.



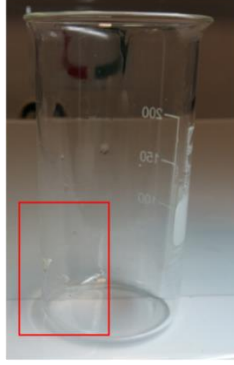
4



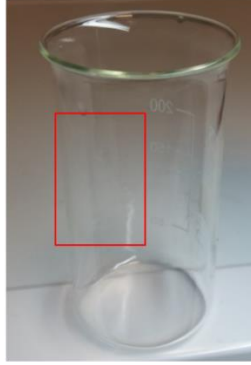
5



1



2



3



4



2



2



4



5



1



4



5



3



4



5

Şekil 6.17 : Yemek takımı parçalarının değerlendirilmesi.



2



5



2



4



5



2



4



5



3



5

Şekil 6.17 (devam) : Yemek takımı parçalarının değerlendirilmesi.

A makinesinde mevcut alt pervanenin olduğu sistemin yıkama performansı Çizelge 6.7’de görüldüğü gibi değerlendirilmiştir. Puanlama değerleri 5 çevrimin ortalama değerlerini göstermektedir.

Çizelge 6.7 : Mevcut sistemin yıkama performansının değerlendirilmesi.

Parça sayısı	Tabak tipi	Kır türü	Sepet yerleşimi	Puanlama tablosu					
				5	4	3	2	1	0
14	Çorba tabağı	Yulaf	üst						0
			alt			3	6	5	26
7	Düz tabak	Yumurta	üst						0
			alt		6	1			27
7	Düz tabak	Kıyma	üst						0
			alt		4	3			25
7	Tatlı tabağı	Yumurta	üst						0
			alt	2	4	1			29
7	Tatlı tabağı	Ispanak	üst						0
			alt	1	4	2			27
14	Fincan	Çay	üst		8	2	4		46
			alt						0
14	Fincan tabağı	Çay	üst	2	10	2			56
			alt						0
1	Oval düz tabak	Margarin	üst						0
			alt		1				4
1	Büyük servis kasesi	Kıyma	üst		1				4
			alt						0
1	Orta servis kasesi	Ispanak	üst		1				4
			alt						0
1	Küçük servis kasesi	Ispanak	üst			1			3
			alt						0
74									251
14	Bardak	Süt	üst			3	5	6	25
			alt						0
14									25
14	Çorba kaşığı	Yulaf		9	5				65
14	Çatal	Yumurta		13	1				69
14	Bıçak	Yok		12	2				68
14	Tatlı Kaşığı	Yok		11	3				67
14	Çay Kaşığı	Yok		13	1				69
4	Servis Takımı	Yok		4					20
74									358

A makinesinde yeni tasarlanan uydu pervane tasarımının olduğu sistemin yıkama performansı Çizelge 6.8’de görüldüğü gibi değerlendirilmiştir. Puanlama değerleri 5 çevrimin ortalama değerlerini göstermektedir.

Çizelge 6.8 : Uydu pervane tasarımının olduğu sistemin yıkama performansının değerlendirilmesi.

Parça sayısı	Tabak tipi	Kır türü	Sepet yerleşimi	Puanlama tablosu					
				5	4	3	2	1	0
14	Çorba tabağı	Yulaf	üst						0
			alt	1	1	4	3	5	32
7	Düz tabak	Yumurta	üst						0
			alt	2	3	1	1		27
7	Düz tabak	Kıyma	üst						0
			alt		5	1	1		25
7	Tatlı tabağı	Yumurta	üst						0
			alt	3	3				27
7	Tatlı tabağı	Ispanak	üst						0
			alt	4	2	1			31
14	Fincan	Çay	üst	3	7	4			55
			alt						0
14	Fincan tabağı	Çay	üst	4	9	1			59
			alt						0
1	Oval düz tabak	Margarin	üst						0
			alt	1					5
1	Büyük servis kasesi	Kıyma	üst	1					5
			alt						0
1	Orta servis kasesi	Ispanak	üst	1					5
			alt						0
1	Küçük servis kasesi	Ispanak	üst		1				4
			alt						0
74									275
14	Bardak	Süt	üst		4	4	5	1	39
			alt						0
14									39
14	Çorba kaşığı	Yulaf	alt	13	1				69
14	Çatal	Yumurta	alt	10	4				66
14	Bıçak	Yok	alt	12	2				68
14	Tatlı Kaşığı	Yok	alt	11	3				67
14	Çay Kaşığı	Yok	alt	13	1				69
4	Servis Takımı	Yok	alt	3	1				19
74									358

Yıkama performansları yukarıda görüldüğü gibi puanlanan sistemlerin yıkama endeksleri Eşitlik (6.1) ile hesaplanır.

$$YE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N ye_i \quad (6.1)$$

Mevcut pervane sisteminin bulunduğu A makinesinin yıkama endeksi Eşitlik (6.1)'den 3,91 olarak hesaplanmıştır. Uydu pervane tasarımına sahip sistemin yıkama endeksi ise 4,15 olarak hesaplanmıştır. Referans makinenin ise aynı koşullarda yıkama endeksi 3,64 olarak hesaplanmıştır.

Bu sonuçlara göre, A makinesi yıkama performansının iyileştirilme oranı şu şekilde hesaplanabilir:

$$\frac{4,15 - 3,91}{3,91} \cdot 100 = 6,14$$

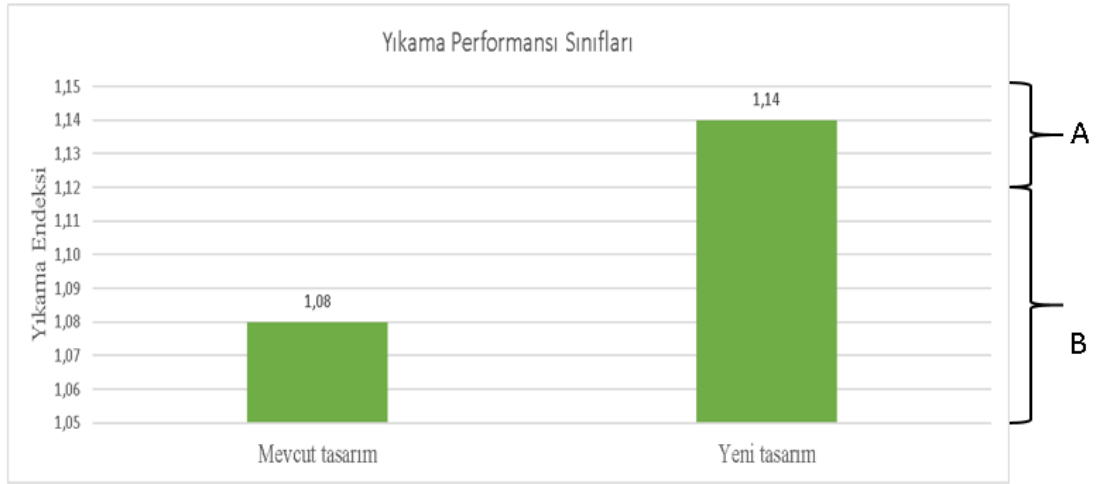
Yapılan yıkama testlerinde elde edilen sonuçlara göre, mevcut tasarım ve uydu pervane tasarımının olduğu bulaşık makinesi yıkama sınıfları da tespit edilebilir. Yıkama sınıflarının hangi aralıkta yer aldığı bilgisi literatür araştırması kapsamında bahsedilmiştir. Yıkama sınıfını tespit edebilmek için,

$$P = \frac{\text{Test edilen makinenin yıkama puanı}}{\text{Referans makinenin yıkama puanı}} \quad (6.2)$$

oranını hesaplamak gereklidir.

Mevcut pervane sisteminin bulunduğu A makinesi yıkama sınıfı, 3,91/3,64 oranından 1,08 olarak hesaplandığı için B yıkama sınıfına karşılık gelmektedir.

Uydu pervane tasarımının olduğu bulaşık makinesi yıkama sınıfı, 4,15/3,64 oranından 1,14 olarak hesaplandığı için A yıkama sınıfına karşılık gelmektedir. Yıkama performan sınıfları Şekil 6.18'de gösterilmiştir.



Şekil 6.18 : Deneysel çalışmalar sonucu elde edilen yıkama performansları.



7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Tez çalışması kapsamında bulaşık makinesi yıkama performansına etki eden parametreler incelenerek performansı artıracak yönde bir alt pervane tasarımı gerçekleştirilmiştir. Performansa etki eden faktörler; mekanik etki, kimyasal etki, sıcaklık ve zaman olarak dört ana başlık altında toplanmıştır. Bu faktörlerin her biri yıkama performansı üzerinde farklı etkilere sahiptir. Çalışma kapsamında mekanik etki faktörünün iyileştirilerek yıkama performansının artırılması amaçlanmıştır. Mekanik etki faktörü, yıkama performansı üzerinde en az etkili parametre olmasına rağmen, azımsanmayacak kadar da önemli bir yere sahiptir. Kullanıcılar tarafından kimyasal etkilerin artırılarak yıkama etkinliğinin yükseltilmesi istenmeyen bir durum olarak ortaya çıkmaktadır. Bunun yanı sıra, yıkama işleminin uzun sürmesi de kullanıcıların tercih etmediği bir durumdur.

Tasarım aşamasına geçilmeden önce mevcut durumdaki bulaşık makinesine ait alt pervane mekanizması incelenmiştir. Yeni tasarımın mevcut durumdaki yapıyı en az değiştirerek yapılması amaçlanmıştır. Bu sebeple mevcut durumdaki geometrik kısıtlar ortaya konulmuştur. Ön şekillendirme aşamasında geometrik kısıtlardan bazılarının aşılamadığı görülmüştür. Bir sonraki aşamada aşılamayan kısıtlara yönelik çözümler ortaya konulmuştur. Ortaya konulan çözümlerin ardından gerekli dişli hesabı ve boyutlandırmalar yapılmıştır. Yapılan hesaplamaların ardından CAD ortamında tasarım oluşturulması ile beraber prototip aşamasına geçilmiştir.

Prototipin oluşturulması aşamasında öncelikli olarak malzeme seçimi yapılmıştır. Sistemin bir dişli çark mekanizması içermesi ve yüksek miktarda su içeren bir ortamda çalışmasından dolayı POM malzeme uygun görülmüştür. Prototip imalatı sırasında üç eksenli bir CNC tezgâh ve 3 boyutlu yazıcı teknolojisinden faydalanılmıştır.

Prototip imalatının ardından tasarımı doğrulamak adına mekanik etki faktörü adında boyutsuz bir parametre tanımlanmıştır. Mekanik etki faktörünü etkileyen ana parametrelerin su basıncı ve pervane devri olduğu literatür araştırmaları kapsamında tespit edilmiştir. Bu çalışma kapsamında bu parametrelerin yanı sıra bir alfa katsayısı tanımlanmış olup, bu katsayısı mekanik etkinin temizleme üzerine etkisinde basınç ve

pervane dönüş hızı dışındaki parametrelerin bütünü olarak tanımlanmıştır. Müşterinin köşelere yerleştirdiği bir bulaşığın temiz yıkanmaması, temizleme faydasının az olduğunu göstermektedir. Bu bağlamda alfa katsayısının en önemli tanımının yıkama alanının yüzde kaçının tarandığı oluşturmaktadır. Temizleme etkinliğini etkileyen parametrelere literatürdeki yaklaşımlardan farklı olarak bir alan faktörü eklenmiştir. Analitik bir yaklaşım ile ifade edilmek istenen bu parametre, literatürdeki yaklaşımlar incelendiğinde basınç ile doğru ve devir ile ters orantılı olarak değişmektedir. Sunulan çalışmada alan faktörünü de içeren mekanik etki faktörü alan ile de doğru orantılı olarak artmaktadır. Mekanik etki faktörü boyutsuz bir sayı olup farklı makinelerin yıkama performanslarının karşılaştırılması için kullanılabilir. Buradan hareket ile, yapılan uydu pervane tasarımının olduğu makine ile mevcut bulaşık makinesi alt pervanesinin olduğu makine yıkama performansı karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucu bulaşık makinesi performansında %10,9 bir iyileşme görülmüştür.

Tasarımın sayısal olarak doğrulanmasının ardından EN50242 “Ev Tipi Bulaşık Makinelerinin Yıkama Performansının Ölçülmesi” standartlarına göre testler uygulanmıştır. Testler yapılan tasarım ve mevcut tasarım için aynı şartlar altında gerçekleştirilmiştir. Testler sonucu elde edilen verilere göre, makine yıkama performansında %6,14’lik bir artış görülmüştür. Deneysel olarak elde edilen sonuç ile analitik yaklaşım ile elde edilen sonuçlar arasında fark olmasının sebebi, deney sırasında hem alt hem üst pervanenin performansının değerlendirilerek makine performansının ortaya çıkması ve ölçüm hatalarının olmasıdır. Mekanik etki faktörü yaklaşımı ve deneysel olarak elde edilen sonuçlar yıkama performansının artırıldığını göstermiştir.

Tez çalışması kapsamında elde edilmek istenen sonuçlara ulaşılmıştır; fakat sistem daha fazla iyileştirilmeye açıktır. Yıkama esnasında pervane tarafından taranan alanının %100’e yaklaştırılarak performansının artırılması üzerine çalışılabilir. Ayrıca sistemin yıkama etkinliğini artıran en önemli etkenlerden olan basınç parametresinin artırılması için farklı bir pompa seçimi yapılarak performans iyileştirilebilir. Mekanik etki yanında yıkama performansında etkili olan diğer parametrelerin davranışları incelenerek iyileştirmeye açık yönlerinin belirlenmesi ile birlikte çok daha performanslı bulaşık makineleri elde edilebilir.

KAYNAKLAR

- [1] **Richter, C.**, (2010). Automatic dishwashers: efficient machines or less efficient consumer habits? University of Bonn, Almanya.
- [2] **Berkholz, P., Stamminger, R., Wnuk, G., Owens, J. and Bernarde, S.**, (2010). Manual dishwashing habits: an empirical analysis of UK consumers. University of Bonn, Almanya.
- [3] **Andersson, S., and Hagejard, J.**, (2016). Development of a Sustainable Dishwasher for Compact Living. Chalmers University of Technology, Goteborg.
- [4] **US Consumer Dishwasher Study**, (2012).
- [5] **Çengel, Y., and Cimbala, J.**, (2004). Fluid Mechanics: Fundamentals and Application.
- [6] **Tsouknidas, P., and Zhang, X.**, (2010). Dishwasher Improvement at ASKO, *Developing A Simplified Test Method to Determine the Influence of Spray Speed and Pressure*. Chalmers University of Technology, Goteborg.
- [7] **Tutkak, E.**, (2010). Bulaşık Makinesi Enerji Tüketimi – Yıkama Performansı İlişkisinin İncelenmesi (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [8] **Sertore, D., Fusetti, M., Michelato, P., Pagani C. ve Pierini P.**, (2006). “High Pressure Rinsing Water Jet Characterization”, Proceedings of EPAC06, 26-30 June, Edinburgh, Scotland, 18-22.
- [9] **Sertore, D., Fusetti, M., Michelato, P., ve Pagani, C.**, (2008). “High Pressure Rinsing Water Jet Interactions”, Proceedings of EPAC08, 23-27 June, Milano, Italy, 910-912.
- [10] **Nomura, H., Wakami, N., ve Kondo, S.** (1995). Non-linear technologies in a dishwasher, Japonya.
- [11] **MAYTAG CO.**(1995). U.S. Patent No. US5464482 (B).
- [12] **ELECTROLUX APPLIANCES.** (2015.) WO Patent No. WO2015149860 (A1).
- [13] **ELECTROLUX APPLIANCES.** (2015). WO Patent No. WO2015149859 (A1).
- [14] **ELECTROLUX ZANUSSI ELETTRODOME.** (2000) European Patent No. EP1050263 (A2).
- [15] **MIELE.** (2009). DE Patent No. DE102009007297 (A 1).
- [16] **WHIRLPOOL CO.** (2009). US Patent No. US8347898 (B2).
- [17] **HOOVER LTD.** (1969). FR Patent No. FR2026009 (A1).
- [18] **SAMSUNG ELECTRONICS.** (1998). KR Patent No. KR100258615 (B1).

- [19] **BSH.** (2010). DE Patent No. DE102010043021 (A1).
- [20] **SAMSUNG.** (2012). CN Patent No. CN103462574 (A).
- [21] **Url-1** < <http://www.sophisticatededge.com/who-invented-the-dishwasher.html>>, alındığı tarihi 05.09.2017.
- [22] **Url-2** < <https://www.arcelik.com.tr/bulasik-makinesi> >
- [23] **ARÇELİK A.Ş.** (2006). Ankara Bulaşık Makinesi İşletmesi – Ürün Detayları Dökümanı.
- [24] **MEGEP.** (2011). Elektrik Elektronik Teknolojisi, Bulaşık Makineleri, Ankara.
- [25] **Staminger, R.** (n.d.). Measurement standards: The example of dishwasher.
- [26] **Staminger, R.** (2009). Household and Appliance Technology Section- Report on the Dishwasher, Bonn.
- [27] **Michel, A., Bush, E., and Nipkow, J.** (2017). Dishwashers: Testing the energy variability related to different uses, Final Report.
- [28] **Temiz, V.** (n.d). *Plastik Dişliler* (Ders Notları). İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul
- [29] **Url-3** < <https://arti90.com/sls-teknolojisi> >
- [30] **Gülmez, T.** (2011). *Talaşlı İmalat Yöntemleri* (Ders Notları). İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- [31] **Url-6** < <https://www.kahveciogluplastik.com/urunler/7-pom-polioksimetilen> >
- [32] **Url-4** < <http://www.laminatedplastics.com/acetal.pdf> >
- [33] **Url-5** < <https://www.matbase.com/material-categories/natural-and-synthetic-polymers/thermoplastics/engineering-polymers/material-properties-of-polyoxymethylene-homopolymer-pom-h.html#manufacturing-properties> >
- [34] **Koç, Y.** (2017). Kişisel Görüşme 15 Eylül. İstanbul.
- [35] **TS EN 50242** (2016). Elektrikli Bulaşık Makinaları- Performans Ölçme Metotları.
- [36] **ARÇELİK A.Ş.** (n.d). Bulaşık Makinesi Kullanma Kılavuzu, Ankara.

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad : Oğuzhan KELEŞ
Doğum Yeri ve Tarihi : Samsun, 1992
E-Posta : ouzhankls@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2016, İstanbul Teknik Üniversitesi, Makina Fakültesi, Makina Mühendisliği