

Experimental Investigation of the Dishwasher Cleaning Performance

Oğuzhan KELEŞ¹  Zeynep PARLAR^{1,*} 

¹Istanbul Technical University, Mechanical Engineering Faculty, 34437, Beyoğlu/Istanbul

Graphical/Tabular Abstract

In this study, a lower spray arm mechanism was designed to increase the washing efficiency of dishwashers and to reduce the noise level during operation.

Article Info:

Research article
Received: 13.05.2022
Revision: 22.06.2022
Accepted: 05.07.2022

Highlights

- Mechanical Effect.
- Nozzle angle.
- Swept area.

Keywords

Washing performance
Dishwasher
Sound level
Planet spray arm
Water jet

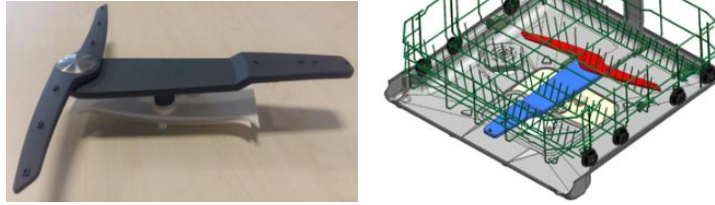


Figure A. planet spray arm mechanism design

Purpose: The parameters affecting the cleaning performance of dishwashers can be listed as temperature, time, mechanical and chemical effect [4]. The mechanical effect used in the cleaning process is created by the water jet. The pressure of the sprayed water increases after passing through the nozzle. Water pressure, rotational speed of spray arm and the area swept by the spray arm can be listed as parameters that directly affect the washing performance. In this study, it is aimed to improve the mechanical effect by increasing the area swept by the spray arm.

Theory and Methods: The washing performance of the dishwasher, in which this planet spray arm mechanism is used, has been experimentally investigated in accordance with the EN 50242 Standard. Washing performance tests were carried out on a 14-person dinner set. The contaminants, minced meat, eggs, oats, spinach, margarine, milk and tea, were applied to the parts of the dinnerware as specified in the standard. Afterwards, all of the parts that make up the set were evaluated according to the dirt-area scoring and the washing score value was obtained.

Results: In this study, the parameters affecting the washing performance of the dishwasher were examined and a lower spray arm was designed to increase the washing performance. With the proposed planet spray arm design, 82% of the interior volume can be swept. The nozzles on the spray arms are placed at the angle and position where the best performance can be obtained. Thus, both the washing performance is increased and the noise level is reduced.

Conclusion: The washing performance of the prototype planetary spray arm mechanism was evaluated according to EN50242 "Measurement of Washing Performance in Household Dishwashers" standards. The tests were performed under the same conditions for the proposed and existing design. As a result of the tests, an increase of 6.14% was observed in the washing performance. The sound levels of the existing lower spray arm and the planetary spray arm design were also compared. An improvement of 3 dBA was observed in the sound level.



Experimental Investigation of the Dishwasher Cleaning Performance

Oğuzhan KELEŞ¹ Zeynep PARLAR^{1,*}

¹Istanbul Technical University, Mechanical Engineering Faculty, 34437, Beyoğlu/İstanbul

Abstract

Today, with the advancement of technology, studies on machines that make human life easier have also increased. While the companies in the sector compete with each other, they work hard to design machines that make a difference and to improve customer perception. In present study, a lower spray arm mechanism was designed to increase the washing efficiency of dishwashers and to reduce the noise level during operation. The washing performance of dishwashers could be increased with long washing times and the use of chemicals. However it causes increasing water and energy consumption, as well as environmental effect. For this reason, it has been aimed to improve the cleaning performance with the help of water jet, which is defined as the mechanical effect. For this purpose, a new mechanism design with planet spray arm, which allows sweep more area in the interior volume of the dishwasher, has been realized. The washing performance of the dishwasher, in which this planet spray arm mechanism is used, has been experimentally investigated in accordance with the EN 50242 Standard. The washing performance has been improved by 6.14% and dramatic decreases in sound level were observed.

Makale Bilgisi

Araştırma makalesi
Başvuru: 13.05.2022
Düzeltilme: 22.06.2022
Kabul: 05.07.2022

Keywords

Washing performance
Dishwasher
Sound level
Planet spray arm
Water jet

Anahtar Kelimeler

Yıkama performansı
Bulaşık makinası
Ses gücü düzeyi
Uydu pervane
Su jeti

Bulaşık Makinası Yıkama Performansının Deneysel Olarak İncelenmesi

Öz

Günümüzde teknolojinin ilerlemesiyle beraber insan hayatını kolaylaştıran makineler üzerinde yapılan çalışmalar da artmıştır. Sektörde yer alan firmalar birbirleri ile rekabet ederken fark yaratan makineler tasarlamak ve müşteri algısını geliştirmek için yoğun bir çalışma içerisindeyler. Sunulan çalışmada bulaşık makinelerinin, yıkama etkinliğini artırma ve çalışma sırasında meydana gelen ses düzeyini düşürmeye yönelik bir pervane mekanizması tasarlanmıştır. Bulaşık makinelerinin yıkama performansının uzun yıkama süreleri ve kimyasal kullanımı ile artırılması hem su ve enerji tüketimini arttırdığı hem de çevresel nedenlerle istenmemektedir. Bu nedenle mekanik etki olarak tanımlanan su jeti yardımıyla temizleme performansının iyileştirilmesine yönelinmiştir. Bu amaçla bulaşık makinası iç hacminde daha fazla alan taramaya imkân veren uydu pervaneli yeni bir mekanizma tasarımı gerçekleştirilmiştir. EN 50242 Bulaşık Makinaları Yıkama Performansının Ölçülmesi standardına uygun olarak bu pervane mekanizmasının kullanıldığı bulaşık makinasının yıkama performansı deneysel olarak incelenmiştir. Hali hazırda kullanılan pervane sistemine göre yıkama performansı %6.14 oranında iyileştirilmiştir. Bunun yanında nozül tasarımındaki değişikliklerle ses düzeyinde de ciddi düşüşler gözlemlenmiştir.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

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. Sunulan çalışmada elektrikli ev aletlerinden bulaşık makineleri ele alınacaktır. Bulaşık makineleri kirli bulaşıkları otomatik olarak yıkama ve durulama işlemini yaparak kullanıcılara zaman ve enerji tasarrufu sağlamakta, günden güne kullanım oranı artmaktadır [1]. Tüketicilerin Richter'in yaptığı araştırmaya göre bulaşık makinesi satın alırken en çok yıkama performansı, su ve enerji tüketimini dikkate aldıkları görülmektedir. Ayrıca düşük ses seviyesi ve satış fiyatı da tercih nedenleri arasında yer almaktadır [2]. Berkholz ve diğerlerinin yaptığı çalışmaya göre zaman tasarrufu sağladığı ve daha sağlıklı olduğu için tüketiciler bulaşık makinesi almayı tercih etmektedirler [3].

Bulaşık makineleri temizleme işlemini otomatik olarak yapan ve kir ile yüzey arasındaki bağı koparmaya yarayan makineler olarak tanımlanabilir. Genel olarak yıkama, durulama ve kurutma adımlarından oluşan bir çevrimde çalışmaktadır. Bu makinelerin temizleme performansını etkileyen parametreler sıcaklık (suyun ısıtılması), zaman (yıkama süresi), mekanik (su jeti ile kirin yüzeyden uzaklaştırılması) ve kimyasal (deterjan yardımıyla temizleme) etki olarak sıralanabilir [4].

Kimyasal (deterjan) kullanımı ve uzun yıkama süreleri ile en etkili temizlemeyi elde etmek mümkündür. Ancak günümüz insanları kimyasal yollarla temizleme işlemini sağlıklı bulmadığından bunun yerine mekanik etkiyle temizleme yöntemi gibi 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 [5].

Temizleme sürecinde kullanılan mekanik etki su jetiyle oluşturulmaktadır. Pervane içerisindeki suyun nozüllere ulaştığı sırada ani kesit daralmasıyla birlikte hızının yükselmesi sonucunda oluşan etki su jeti olarak tanımlanmaktadır. Püskürtülen su, pervane nozülünden geçtikten sonra basıncı yükselmektedir. Bu yüksek basınç yardımıyla kirin yüzeyle arasındaki bağı daha kolay kopması sağlanmaktadır [6].

Tsouknidas ve Zhang yaptıkları çalışmada, mekanik etkinin iyileştirilmesinin iki ana faktöre bağlı olduğunu ve bunların pervane dönüş hızı ve pervane nozüllerinin çıkışındaki su basıncı olduğunu ifade etmişlerdir. Yüksek basınç ve düşük dönüş hızında yıkama performansının en iyi sonucu verdiğini, yüksek dönüş hızı ve düşük basınçta ise azaldığı tespit edilmiştir. Ayrıca makinenin toplam ses seviyesinin bu parametrelere bağlı olduğunu ve bu parametrelerdeki değişimlerin ses seviyesini nasıl etkilediği çalışma kapsamında incelenmiştir [7].

Tutkak yaptığı çalışmada yıkama adımlarının enerji tüketimi üzerindeki etkisini incelemiştir. Yıkama performansında en yüksek etkiye sahip parametrenin yıkama suyu sıcaklığı olduğu ifade edilmiştir [8]. Sertore ve diğerleri tarafından yapılan 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 [9]. Aynı araştırmacılar tarafından yapılan diğer bir çalışmada ise etki yüzeyi açısı ile kuvvet arasındaki ilişki incelenmiştir. Jetleme açısının artmasıyla etkiyen kuvvetin azaldığı gözlemlenmiştir [10].

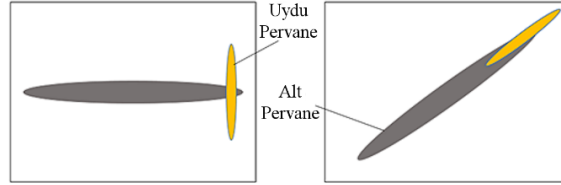
Nomura ve diğerleri tarafından yapılan çalışmada, geleneksel bulaşık makinelerinde kullanılan tek pervaneli sistemde suyun erişebildiği alanların kısıtlı olduğu ve bu sebeple yıkama veriminin artmasının zorlaştığı iddia edilmektedir. Bu problemi çözebilmek adına tasarlanan sistem, normal pervane üzerine küçük bir pervane daha konularak ve nozül açıları ayarlanarak sağlanmıştır. Böylece geleneksel pervane sistemlerindeki periyodik hareketin kaotik bir harekete çevrildiği ve yıkama performansının artırıldığı söylenmektedir [11].

Su ve enerji kaynakları talebin günden güne artması bu kaynakların daha dikkatli kullanılmasını teşvik etmektedir. Su ve enerji tüketiminin azaltılarak yıkama performansının iyileştirilmesi bulaşık makinelerinin kullanımını arttırmaktadır. Bu çalışmada bulaşık makinelerinin, yıkama performansını iyileştirmek amacıyla mekanik etkiyi arttırmak üzere bir uydu pervane mekanizması önerilmiş, aynı zamanda nozül açıları değiştirilerek ses düzeyini düşürmek hedeflenmiştir.

2. YIKAMA PERFORMANSINI ARTTIRMAYA YÖNELİK PERVANE TASARIMI (SPRAY ARM DESIGN TO INCREASE WASHING PERFORMANCE)

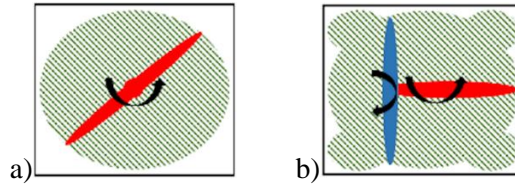
Günümüzde kullanılan bulaşık makinelerinin yıkama sistemleri genellikle bir alt pervane ve bir üst pervane olmak üzere toplamda iki adet pervaneden oluşmaktadır. Bu çalışmada Arçelik firmasına ait bir bulaşık makinesi kullanılmış ve alt pervane ele alınmıştır. Yıkama sepetinin alt kısmında ve yıkama alanının tam ortasında bulunan alt pervane plastik parçaya yataklanmış olup, kendi eksenini etrafında serbestçe dönebilmektedir. Ortalama olarak bulaşık makinalarında bulaşıklara etkiyen su basıncının 15 kPa civarında olduğu söylenebilir. Pervanenin dönüş hızı 40±5 d/dk olup suyun pervane kollarında yaratmış olduğu moment ile birlikte herhangi bir motorize sistem olmadan yıkama yapmaktadır.

Su basıncı, pervane dönüş hızı ve pervane tarafından taranan alan pervane tasarımında yıkama performansına doğrudan etki eden parametreler olarak sıralanabilir. Sunulan bu çalışmada pervane tarafından taranan alan artırılarak mekanik etkinin iyileştirilmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla alt pervanenin üzerinde ve köşe noktalara ulaşabilen ek bir pervane daha yerleştirilmesi düşünülmüştür. Bu ek pervane uydu pervane olarak adlandırılacaktır. Şekil 1 de uydu pervanenin kenar ve köşelerdeki konumu görülmektedir.



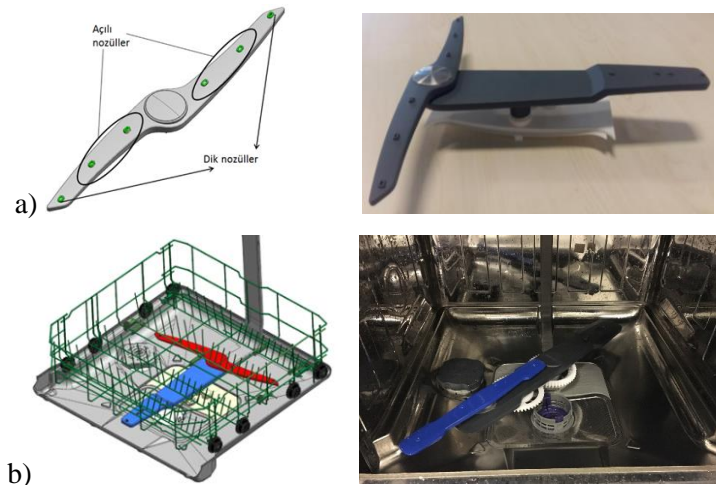
Şekil 1. Uydu pervanenin kenar ve köşelerdeki konumu

Uydu pervanenin alt pervane ile senkron hareket etmesi, köşe ve yan duvarlardaki konumunun kontrol edilebilmesi için gereklidir. Bu amaçla, uydu pervanenin ana pervane dönme ekseninde 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. Uydu pervane ana pervane üzerine yataklanmış olup yıkama için gerekli suyu ana pervane içerisinde kalan delikli yapı sayesinde almaktadır. Alt pervanenin hareketiyle tahrik edilen dişli çark sistemi, kendisine bağlı olan uydu pervanenin dönmesi sağlanmaktadır. Mevcut ve uydu pervane sisteminin bulaşık makinası yıkama tabanında süpürdüğü alan Şekil 2 de görülmektedir. Dairesel süpürme ile bulaşık makinasının tabanının %67'si, ek pervane yerleşimiyle %82'si taranmaktadır.



Şekil 2. a) Alt pervanenin mevcut durumda taradığı alan, b) Uydu pervane sisteminin taradığı alan

Nozüllerin konumlarının ve açılarının belirlenmesi su jetinin oluşturulabilmesi için gerekmektedir. Mevcut durumda pervane köşelerinde bulunan nozüller, pervanenin köşe noktalarındaki yıkama etkinliğini artırmak için açılı bir şekilde tasarlanmıştır. Fakat pervane köşe noktalarda olmadığı için nozüllerden çıkan suyun kazan yan duvarına çarpması nedeniyle gürültü meydana gelmektedir. Bu durumu iyileştirmek için uydu pervane üzerinde köşe noktalarda bulunan nozüller düz olarak tasarlanmış olup, diğer nozüller suyun pervanenin dönüşüne yardım edebilmesi için açılı olarak tasarlanmıştır. Ana pervanenin alt tarafına dönme momentini artırmak üzere ayrıca nozüller eklenmiştir. Şekil 3 de uydu pervanedeki nozül yerleşimi ve alt pervane ile birlikte bulaşık makinasına montaj durumu görülmektedir.



Şekil 3. a) Uydu pervane nozül tasarımı ve prototipi, b) Tasarlanan yeni alt pervane montaj hali

Uydu pervane sistemi mevcut pervanenin kullanıldığı aynı özellikteki bulaşık makinasına montaj edilmiştir. Bu nedenle her iki durumda da kullanılan su pompaları aynıdır. Bulaşık makinesinin hangi fonksiyonda çalıştığına göre sistem basıncı 25-50 kPa aralığında değişkenlik göstermektedir. 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 sisteminde dişli çark grubu alt pervane içerisine yerleştirilmiş olduğundan akış alanı daha dar hala gelmiş ve bunun sonucunda alt pervanedeki basınç değeri 28-29 kPa aralığına düşmüştür. Mevcut sistemde alt pervane 40±5 d/dk ile dönerken, yeni tasarlanan uydu pervane sistemde dişli çark mekanizmasında meydana gelen kayıplar nedeniyle dönme hızı 33±3 d/dk olarak ölçülmüştür.

3. MALZEME VE METOT (MATERIAL AND METHOD)

3.1. Yıkama Performansının Belirlenmesi (Determination of Washing Performance)

Bulaşık makinalarında yıkama performansının belirlenmesinde EN50242 “Ev Tipi Bulaşık Makinelerinin Performansının Ölçülmesi” standardı uygulanmaktadır [12]. Bu standarda göre 14 kişilik yemek takımı; kıyama, yumurta, yulaf, ıspanak, margarin, süt ve çay ile kirletilmektedir. Daha sonra kirletilmiş yemek takımı, yıkama performansı tespit edilecek makina ve referans makina aynı koşullarda teste tabi tutulmalıdır. Yıkama sonrası kirletilmiş yemek takımının temizlik durumuna bağlı olarak bir yıkama puanı hesaplanmaktadır. Test edilen makinanın yıkama performansı P,

$$P = \frac{\text{Test edilen makinenin yıkama puanı}}{\text{Referans makinenin yıkama puanı}}$$

şeklinde hesaplanabilir. Bu değere karşılık gelen yıkama performansı sınıfı Tablo 1’de görüldüğü gibi tespit edilir [8].

Tablo 1. Yıkama performansı sınıfları [8].

Yıkama Performans Sınıfı	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	$0.52 \geq$

3.2. Deney Şartları (Experimental Parameter)

Yıkama testlerinde istenen ortam koşulları; 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 ± 20 kPa, su sertlik değeri 2.5 ± 0.5 mmol/l olarak standartta tanımlanmıştır. Tablo 2’de yıkama performansı değerlendirilecek yeni pervane sisteminin montaj edildiği makina A ve standartta tariflenen referans makine B’ye ait teknik özellikler görülmektedir.

Tablo 2. A ve B bulaşık makinalarının teknik özellikleri.

Özellik	Makina A	Makina 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 hızı(d/dk)	40±5	35±5

Yıkama performans testlerine başlanılmadan önce, bulaşık makinesi standartta yer alan referans deterjanla durulama maddesi olmaksızın üç kez çalıştırılmıştır. Yıkama performansı testlerinde standart deterjan ve durulama maddesi bileşimi kullanılmıştır [12].

3.3. Deney Numunelerinin Hazırlanması (Preparation of Experimental Samples)

Yıkama performansı testleri 14 kişilik yemek takımı üzerinde gerçekleştirilmiştir. Takımı oluşturan parçaların hepsi testten öncesi kir-alanı puanlamasına göre 5 skorunu (hiç kir olmama) alacak şekilde temizlenmiştir. Deney makinesi A ve referans makina B için hazırlanan tüm kirletme maddeleri aynı partiden seçilmiştir. Deney için gerekli her bir kirletme madde miktarının tamamı 0,001 gr hassasiyetli bir tartı kullanılarak tartılmış, gerekli porsiyonlara ayrılmış ve takımın parçalarına uygulanmıştır. Deneylerde kullanılan yemek takımına ait parçaların boyutları Tablo 3'te görülmektedir.

Tablo 3. 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 kâsesi	200 mm
Orta servis kâsesi	160 mm
Küçük servis kâsesi	130 mm

Kirletme maddeleri olan kıyma, yumurta, yulaf, ıspanak, margarin, süt ve çay standartta belirtildiği şekilde yemek takımının parçalarına uygulanmıştır.

Kıyma kiri: Domuz ve sığır kıymasından 1:1 oranında homojen karıştırılarak hazırlanmıştır. 150 gram kıyılmış ete çirpilmiş 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 uygulanmıştır. Standartta tariflenen bir plastik çatal yardımıyla tabakların üst tarafına ve kenar kısımlarda 20 mm boşluk temiz kalacak şekilde eşit olarak dağıtılmıştır.

Yumurta kiri: Üç adet yumurtanın beyazı sarısından ayrıştırılmış ve yumurta sarısı bir kâsede çirpılmıştır. Daha sonrasında düz tabak ve tatlı tabaklarının sayıca yarısına ve üst kısmına kenar kısımlardan 20 mm boşluk temiz kalacak şekilde standartta tanımlanan genişliği 25 mm olan fırça yardımıyla eşit olarak sürülmüştür. Tüm çatalara ise yumurta kirinden ince düzgün bir tabaka şeklinde uygulanmış ve çatalar ayrı bir tabakta uç kısımları aşağı gelecek şekilde kurumaya bırakılmıştır.

Yulaf kiri: 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. Çorba tabaklarının ve çorba kaşıklarının tamamına yulaf lapası uygulanmıştır. Çorba kaşıkları hazırlanan yulaf lapasına daldırılmış ve kaşığın sırt kısmı yukarıya gelecek şekilde deney yüküne ait olmayan bir tabak üzerinde kurumaya bırakılmıştır. Çorba tabaklarına ise tabağın üst yüzeyine ve kenardan 20 mm boşluk temiz kalacak şekilde standartta tanımlanan 25 mm genişliğindeki fırça yardımıyla eşit olarak uygulanmıştır.

İspanak kiri: Dondurulmuş ve içerisinde hiçbir katkı maddesi olmayan ıspanak oda sıcaklığında çözüldükten sonra standartta yer alan kevgire konulmuştur. Ispanak kevgir üzerinde ezilerek ufak parçalara ayrılmış, yemek takımı parçası başına 3 gram uygulanacak şekilde standartta tanımlanan 25 mm

genişliğindeki fırça yardımıyla tatlı tabaklarının yarısı, küçük ve orta boy servis kâselerine kenar kısımlardan 20 mm boşluk temiz kalacak şekilde sürülmüştür.

Margarin kiri: Evlerde kullanılan margarin oda sıcaklığına gelene kadar bekletilmiş, oval düz bir tabağa bir bıçak yardımıyla kenarlardan 20 mm boşluk temiz kalacak biçimde uygulanmıştır.

Süt kiri: Kirletme malzemelerinden süt 250 ml kapasiteli, yüksekliği 115 mm ve çapı 60 mm olan laboratuvar cam bardaklarında hazırlanmıştır. Hazırlama işlemine geçilmeden önce mikrodalga fırında bir ön ısıtma işlemi gerçekleştirilmiştir. Her biri 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.

Çay kiri: 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 doldurulduktan sonra 80°C'ye ısıtılan ısı dolabına konulmuş ve 1 saat süreyle ısı dolabında bekletilmiştir. Isı dolabından çıkarılan fincan ve tabaklar üzerinde kalan çay boşaltılmış, çay kiri hazır hale getirilmiştir.

Kirletilmiş yemek takımı parçaları birbirine çok yakın olmayacak şekilde ısı dolabına yerleştirilerek 80°C de iki saat bekletilmiştir. Isı dolabından çıkarılan kirli yemek takımı parçaları 40 dk süre ile ortam sıcaklığında soğutulmuştur. Isı dolabından çıkan kirlere ait görseller Şekil 4'de görülmektedir.



Şekil 4. Yıkama için hazırlanan kirletilmiş yemek takımı parçaları

4. DENEYSEL BULGULAR VE TARTIŞMA (EXPERIMENTAL RESULTS AND DISCUSSION)

4.1. Deneyleerin yapıışı (Experimental Procedure)

Kirletilmiş yemek takımı parçaları A ve B makinasını üreten firmaların talimatlarına uygun olarak üst ve alt sepetlere Şekil 5'de görüldüğü gibi yerleştirilmiştir.

Yıkama performansı testleri, deney makinesi ile referans makinasının aynı anda çalıştırılması ile başlatılmıştır. Makina A için ekonomi programı, Makina B için üniversal programı verilmiştir. Testler beş kez tekrarlanmıştır. Her yıkama için Bölüm 3.3 de anlatıldığı şekilde yemek takımı parçaları kirletilmiştir.



Şekil 5. Kirletilmiş yemek takımı parçalarının alt ve üst sepete yerleşimi

4.2. Yıkama Sonrası Değerlendirme (Evaluation after washing)

Her bir kirletilmiş yemek takımı parçası yıkama periyodu sonrası aynı eğitimli deney personeli tarafından görsel olarak değerlendirilmiştir. Değerlendirmenin yapıldığı ortamın aydınlık seviyesi 1500 lux'tur. Tablo 4'te görüldüğü üzere küçük nokta biçimli kir parçacıklarının sayısına veya toplam kirletilmiş alan büyüklüğüne göre yapılmaktadır. Birden fazla skor için kurallar karşılanıyorsa, en düşük uygulanabilen skor verilmiştir (EN 50242 2016). Nokta biçimli kir parçacıklarının sayısı veya kirletilmiş alan büyüklüğü matematiksel olarak ifade edilebilen büyüklükler olduğundan değerlendirme işlemi güvenilirdir ve kişiden kişiye göre değişmemektedir.

Tablo4. Kir alanı-yıkama puanı

Küçük nokta biçimli kir parçacıklarının sayısı (n)	Toplam kirletilmiş alan (mm ²)	Puan
Uygulanmaz	Kir alanı >200	0
Uygulanma	50<Kir alanı<200	1
n>10	4<Kir alanı<50	2
4<n≤10	Kir alanı <4 veya 5-10 parçacık	3
0<n≤4	Kir alanı <4 veya 1-4 parçacık	4
n=0	Temiz	5

Değerlendirmeler sırasında puanlanan yemek takımına ait fincan üzerinde Tablo 4 dikkate alınarak yapılan puanlama örnek olarak şekil 6 da gösterilmiştir.



Şekil 6. Yemek takımının kirlilik durumunun değerlendirilmesi

Yemek takımının bütün parçaları göz önünde bulundurularak Makina A da mevcut alt pervanenin bulunması durumu için yıkama performansı değerlendirilmesi Tablo 5'te görülmektedir. Değerler 5 yıkamanın ortalaması alınarak verilmiştir. Yemek takımının göz önüne alınan parçası için yıkama puanı $(yp_i) \sum yp_i = \text{puan değeri} \times \text{parça adedi}$ şeklinde hesaplanmıştır.

Tablo 5. Mevcut pervane sisteminin yıkama performansının değerlendirilmesi

Yemek Takımı Parçası	Kir Türü	Toplam Kir Miktarı	Parça Adedi	Puan Değerlendirmesi						
				5	4	3	2	1	0	yp _i
Çorba tabağı	Yulaf	42 g	14			3	6	5		26
Düz tabak	Yumurta	14 g	7		6	1				27
Düz tabak	Kıyma	21 g	7		4	3				25
Tatlı tabağı	Yumurta	14 g	7	2	4	1				29
Tatlı tabağı	Ispanak	35 g	7	1	4	2				27
Oval düz tabak	Margarin	12 g	1		1					4
Fincan	Çay	Yarıya kadar	14		8	2	4			46
Fincan Tabağı	Çay	Yarıya kadar	14	2	10	12				50
Büyük servis kâsesi	Kıyma	4 g	1		1					4
Orta servis kâsesi	Ispanak	3.5 g	1		1					4
Küçük servis kâsesi	Ispanak	2.5 g	1			1				3
Bardak	Süt	10 ml	14			3	5	6		25
Çatal	Yumurta	Fırça sürülerek	14	13	1					69
Çorba kaşığı	Yulaf	Daldırarak	14	9	5					65
Bıçak	Yok	Yok	14	12	2					68
Çay kaşığı	Yok	Yok	14	11	3					67
Tatlı kaşığı	Yok	Yok	14	13	1					69
Servis takımı	Yok	Yok	4	4						20

Yemek takımının bütün parçaları göz önünde bulundurularak yeni tasarlanan uydu pervanesinin olduğu hal için Makina A'nın yıkama performansı değerlendirilmesi Tablo 6'da görülmektedir. Değerler 5 yıkamanın ortalaması alınarak verilmiştir.

Tablo 6. Uydu pervane sisteminin yıkama performansının değerlendirilmesi

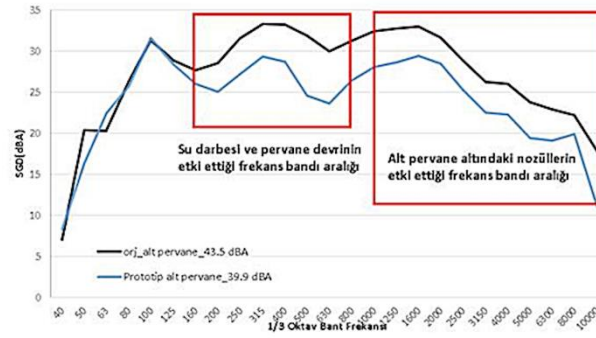
Yemek Takımı Parçası	Kir Türü	Toplam Kir Miktarı	Parça Adedi	Puan Değerlendirmesi						
				5	4	3	2	1	0	yp _i
Çorba tabağı	Yulaf	42 g	14	1	1	4	3	5		32
Düz tabak	Yumurta	14 g	7	2	3	1	1			27
Düz tabak	Kıyma	21 g	7		5	1	1			25
Tatlı tabağı	Yumurta	14 g	7	3	3					27
Tatlı tabağı	Ispanak	35 g	7	4	2	1				31
Oval düz tabak	Margarin	12 g	1	1						5
Fincan	Çay	Yarıya kadar	14	3	7	4				55
Fincan Tabağı	Çay	Yarıya kadar	14	4	9	1				59
Büyük servis kâsesi	Kıyma	4 g	1	1						5
Orta servis kâsesi	Ispanak	3.5 g	1	1						5
Küçük servis kâsesi	Ispanak	2.5 g	1		1					4
Bardak	Süt	10 ml	14		4	4	5	1		39
Çatal	Yumurta	Fırça sürülerek	14	10	4					69
Çorba kaşığı	Yulaf	Daldırarak	14	13	1					66
Bıçak	Yok	Yok	14	12	2					68
Çay kaşığı	Yok	Yok	14	11	3					67
Tatlı kaşığı	Yok	Yok	14	13	1					69
Servis takımı	Yok	Yok	4	4						20

Bulaşık makinasının yıkama puanı (YP) ise $\sum y_{p_i}$ değerinin toplam parça sayısını bölünmesi ile elde edilmektedir. Buna göre mevcut pervanesinin kullanıldığı bulaşık makinası için yıkama puanı 3.91, uydu pervanesinin kullanıldığı bulaşık makinasının yıkama puanı 4.15 olarak hesaplanmıştır. Bu değerler dikkate alındığında uydu pervane kullanımı ile yıkama performansının %6.14 oranında arttığı söylenebilir.

Referans B makinasının yıkama puanı benzer şekilde de 3.64 olarak hesaplanmıştır. Mevcut pervane sisteminin bulunduğu Makine A'nın yıkama endeksi hesaplandığında $P_{Amevcut}=1.08$ olarak Tablo 1 göz önüne alındığında B yıkama sınıfına karşılık geldiği görülmektedir. Benzer şekilde uydu pervane tasarımının olduğu bulaşık makinesi yıkama endeksi hesaplandığında $P_{Auydu}=1.14$ olarak A yıkama sınıfına karşılık geldiği görülmektedir.

4.3. Ses Gücü Düzeyi Ölçümleri (Measurement of Sound power level)

Ses gücü düzeyini iyileştirmek amacıyla uydu pervane sisteminde nozül açıları değiştirilmiştir. Bulaşık makinası dış ortam seslerinden yalıtılmış bir odaya yerleştirilmiş, bir metre uzağına yerleştirilen bir mikروفon yardımıyla ses gücü düzeyi ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Ölçümler soğuk yıkama esnasındaki ilk alt yıkama periyodunda yapılmıştır. Sonuçlar doğrudan mevcut alt pervane ile uydu pervane ses gücü değerlerini karşılaştırma fırsatı vermektedir. Ancak bulaşık makinasının toplam ses gücü düzeyi iyileşmesini görmek için sıcak yıkama dâhil tüm yıkama çevriminde ölçüm yapmak gerekmektedir. Yapılan testlerde elde edilen sonuçlar Şekil 7'da görülmektedir.



Şekil 7. Ses gücü düzeyi

Sonuçlara göre alt pervane gürültüsünde yaklaşık olarak 3.5 dBA iyileşme sağlanmaktadır. Bulaşık makinesindeki toplam iyileşme etkisi üst pervane gürültüsü de dikkate alınarak değerlendirilmesi gerekmektedir. Uydu pervane üzerinde yer alan nozüller orijinal durumdaki kadar yüksek açılıyla yerleştirilmemiş olmaması yan duvarlara suyun çarpmasıyla oluşan gürültünün azalmasına sebep olduğu düşünülmektedir.

5. SONUÇ (CONCLUSION)

Sunulan çalışmada 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.

Yıkama performansının mekanik etki ile artırılması için pervanenin taradığı alanın artırılması gerekmektedir. Mekanik etki oluşturulan su jetine ve nozül çıkışındaki su basıncına bağlıdır. Bu parametreler dikkate alınarak yeni bir pervane tasarımı geliştirilmiştir.

Prototip imalatı gerçekleştirilen uydu pervane mekanizmasının EN50242 “Ev Tipi Bulaşık Makinelerinin Yıkama Performansının Ölçülmesi” standartlarına uygun olarak yıkama performansı değerlendirilmiştir. Testler geliştirilen tasarım ve mevcut tasarım için aynı şartlar altında gerçekleştirilmiştir. Testler sonucu elde edilen verilere göre, makina yıkama performansında %6.14’lik bir artış görülmüştür.

Yıkama performansının iyileştirilmesinin yanı sıra müşteri konforunu artıracak yönde makinenin çalışma esnasındaki ses düzeyini düşürmekte çalışmanın amaçlarından biridir. Mevcut durumda alt pervane köşe noktalarındaki nozüllerin köşe noktalara suyu götürebilmek adına açılı tasarlandığı bilinmektedir. Bu açılı nozüller yıkama alanının köşe noktalarından geçmediği durumlarda kazan yan duvarlarına çarparak gürültü oluşturmaktadır. Uydu pervane tasarımı ile köşe noktalara su ulaşabildiğinden dolayı pervane üzerindeki nozüllerin açılı tasarımı değiştirilmiştir. Köşe noktalardaki bulaşıklara dik olarak vuran yeni nozüller böylelikle köşe noktalar dışındaki konumlarda yan duvarlara çarpmayacağı için ekstra bir ses oluşturmamaktadır. Bu yönde yapılan ses ölçüm çalışmalarında mevcut alt pervane ile uydu pervane tasarımının ses düzeyleri karşılaştırılmıştır. Yapılan testler sonucu elde edilen sonuçlara göre 3 dBA’lik bir ses düzeyi iyileşmesi görülmüştür.

TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGMENTS)

Çalışma kapsamında gerçekleştirilen deneyler Arçelik AŞ merkez ArGe laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Yazarlar Arçelik AŞ Merkez ArGe Laboratuvarına desteklerinden dolayı teşekkür eder.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Düzgün, B. , Bayındır, R. & Aydınalp Köksal, M. (2021). Estimation of Large Household Appliances Stock in the Residential Sector and Forecasting of Stock Electricity Consumption: Ex-Post and Ex-Ante

- Analyses . Gazi University Journal of Science Part C: Design and Technology, 9 (2) , 182-199 . DOI: 10.29109/gujsc.871922
- [2] Richter, C., (2010). Automatic dishwashers: efficient machines or less efficient consumer habits? *International Journal of Consumer Studies* Vol.35, pp.180–186. <https://doi.org/10.1111/j.1470-6431.2010.00973.x>
- [3] Berkholz, P., Stamminger, R., Wnuk, G., Owens, J. and Bernarde, S., (2010). Manual dishwashing habits: an empirical analysis of UK consumers. *International Journal of Consumer Studies* Vol.34, pp.235–242.
- [4] Andersson, S., and Hagejard, J., (2016). Development of a Sustainable Dishwasher for Compact Living, Master of Science Thesis, Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden
- [5] US consumer dishwashing study. (2012). Dupont. http://fhc.biosciences.dupont.com/fileadmin/user_upload/live/fhc/DuPont-US-Dishwashing-Study-infographic.pdf
- [6] Çengel, Y., and Cimbala, J., (2014). Fluid Mechanics: Fundamentals and Application. 3rd Edition. McGraw-Hill, New York
- [7] Tsouknidas, P., and Zhang, X., (2010). Dishwasher Improvement at ASKO, Developing A Simplified Test Method to Determine the Influence of Spray Speed and Pressure, Master of Science Thesis, Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden
- [8] Tutkak, E., (2010). Bulaşık Makinesi Enerji Tüketimi – Yıkama Performansı İlişkisinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul. (Tez)
- [9] 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, pp.18-22.
- [10] Sertore, D., Fusetti, M., Michelato, P., ve Pagani, C., (2008). “High Pressure Rinsing Water Jet Interactions”, *Proceedings of EPAC08*, 23-27 June, Milano, Italy, pp.910-912.
- [11] Nomura, H., Wakami, N., ve Kondo, S. (1995). Non-linear technologies in a dishwasher. *Proceedings of 1995 IEEE International Conference on Fuzzy Systems*, 20-24 March 1995, DOI: [10.1109/FUZZY.1995.410039](https://doi.org/10.1109/FUZZY.1995.410039)
- [12] TS EN 50242 (2016). Elektrikli Bulaşık Makinaları- Performans Ölçme Metotları