



## **Dıştan Dişli Pompalarda Giriş Basıncının Pompa Performansına Olan Etkisinin Had Analizi ile İncelenmesi**

**Üsâme Ali Usca<sup>1\*</sup>, Mahir Uzun<sup>2</sup>, Ünal Değirmenci<sup>3</sup>, Serhat Şap<sup>4</sup>**

<sup>1\*</sup> Bingöl Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Bingöl/Türkiye.  
ORCID No: 0000-0001-5160-5526, e-mail: ausca@bingol.edu.tr

<sup>2</sup>İnönü Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Malatya/Türkiye.  
ORCID No: 0000-0002-0907-6875, e-mail: mahir.uzun@inonu.edu.tr

<sup>3</sup> Bingöl Üniversitesi, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, Bingöl/Türkiye.  
ORCID No: 0000-0003-1480-2488, e-mail: udegirmenci@bingol.edu.tr

<sup>4</sup> Bingöl Üniversitesi, Elektrik ve Enerji Bölümü, Bingöl/Türkiye.  
ORCID No: 0000-0001-5177-4952, e-mail: ssap@bingol.edu.tr

(Alınış/Arrival: 24.11.2021, Kabul/Acceptance: 26.12.2021, Yayınlanma/Published: 31.12.2021)

### **Öz**

Çok uzun zamandır endüstriyel uygulamalarda güç ve hareket iletiminde akışkan güç sistemleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Güç iletiminde akışkan kullanılan sistemler “Hidrolik Sistemler” olarak adlandırılır. Bu sistemlerin vazgeçilmez elemanlarından biri de dıştan dişli pompalardır. Son zamanlarda bu pompaların verimi için çalışmalar giderek önem kazanmaktadır. Bu çalışmada dıştan dişli pompaların çalışma performansına etki eden parametrelerden biri olan pompa giriş basıncının pompa performansına olan etkisi HAD analizleri ile incelenmiştir. Dıştan dişli pompa HAD analizleri için giriş basıncı 0.75, 1, 1.5 bar, çıkış basıncı 250 bar ve dönme hızı ise 3000 dev.dk<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir. Yapılan analizler sonucunda pompa çıkış debisi, toplam tork, kavitasyon yüzdesi ve pompanın volümetrik verimi her bir giriş basıncı için karşılaştırılmıştır. Gerçekleştirilen analizlere göre pompa performansı için en iyi giriş basıncı 1.5 bar olduğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** HAD analizi, Dıştan Dişli Pompa, Pompa Performansı

## **Investigation of The Effect of Inlet Pressure on Pump Performance in Outer Gear Pumps by Had Analysis**

### **Abstract**

Fluid power systems have been widely used in power and motion transmission in industrial applications for a very long time. Systems that use fluids in power transmission are called “Hydraulic Systems”. One of the indispensable elements of these systems is external gear pumps. Recently, studies for the efficiency of these pumps have become increasingly important. In this study, the effect of pump inlet pressure, which is one of the parameters affecting the operating performance of external gear pumps, on the pump performance was investigated by CFD analysis. For external gear pump CFD analysis, 0.75, 1, 1.5 bar inlet pressure, 250 bar outlet pressure and 3000 rpm rotational speed were determined. As a result of the analysis, the pump output flow, total torque, cavitation percentage and the volumetric efficiency of the pump were compared for each inlet pressure. According to the analyzes carried out, the best inlet pressure for pump performance was found to be 1.5 bar.

**Keywords:** CFD analysis, External Gear Pump, Pump Performance

## 1. GİRİŞ

Günümüzde kullanılan makine ve sistemlerin performansı oldukça önemlidir. Endüstride bir makine ve teçhizat performansı en yüksek olması beklenir. Hidrolik endüstrisinde ise bu beklenti enerji verimliliği açısından gün geçtikçe daha fazla önem kazanmaktadır. Hidrolik endüstrisinde çok önemli bir yere sahip olan dıştan dişli pompaların kullanımı bazı avantajlarından dolayı oldukça fazladır. Bu avantajlara;

- Kolay imal edilebilirlik
- Geniş devir aralıklarında çalışma imkânı
- Hidrolik sistemlere kolay bağlantı avantajı
- Düşük maliyet

gibi örnekler verilebilir. Ancak bu avantajların yanı sıra pompa çalışma ses seviyesi, kavitasyon oluşumu ve ters akış oluşumu gibi dezavantajlara da sahiptirler. Bu dezavantajlar sistem çalışma performansını başka bir deyişle sistem verimliliğini önemli derecede etkilemektedir. Araştırmacılar, bu dezavantajların giderilebilmesi için sürekli çalışma yapmaktadırlar.

Szwemin et al. [1] dıştan dişli pompa için radyal ve eksenel boşlukların hacimsel verime olan etkisini incelemiştir. Rituraj et al. [2] dıştan dişli hidrolik pompaların hidro-mekanik kayıplarını modellemek için bir metodoloji sunmuşlardır. Ayrıca deneysel verilerle bu metodolojiyi doğrulamışlardır. Deney sonuçlarına göre tork kayıplarına etki eden en önemli faktörün dişlilerin kavrama anındaki sürtünmesi olduğunu belirtmişlerdir. Rituraj et al. [3] dairesel profilli dişli pompaların kaçak akışlarının analiz edilebilmesi için yeni bir model sunmuşlardır. Bu model sonucunda dişli pompadaki iç sızıntıların bilgisayar destekli analizlerle tahmin edilebilmesini kolaylaştırdığı sonucunda varmışlardır. Bir çalışmada simetrik ve asimetric profile sahip dış dişli pompa performansları kıyaslanmıştır. Bu kıyaslama hacimsel debi, gürültü seviyesi ve güç tüketimi üzerinden olmuştur. Çalışma sadece deneysel çalışma üzerinden yapılmış ve çalışma sonucunda asimetric dişliye sahip dış dişli pompa daha az gürültü seviyesinde, daha az güç tüketiminde ve daha az titreşimde çalıştığı gözlenmiştir [4]. Wang et al. [5] dişlilerin dönme hareketi esnasında basınç değişimini azaltmak amacıyla dişli boşlukları ve dişli burçlarında optimizasyon çalışmaları yapmış ve bu çalışmayı deneysel çalışma ile desteklemiştir.

Literatürde dıştan dişli pompa dişli geometrileri, dişli yatakları ve dişli-gövde boşlukları üzerine birçok çalışma bulunmaktadır. Fakat bu çalışmalar genellikle deneysel olup sayısal analiz üzerine çalışmalar son zamanlarda ön plana çıkmıştır. Ayrıca yapılan bu çalışmaların bazılarında ticari bir pompa referans alınarak yapıldığı gözlemlenmiştir [6-11].

Bu çalışmada, dıştan dişli pompa geometrisi kullanılarak farklı çalışma basınçları için HAD (hesaplamalı akışkanlar dinamiği) analizi gerçekleştirilmiştir. 0.75, 1, 1.5 bar giriş basınç değerleri kullanılarak gerçekleştirilen her bir analiz için pompa çıkış debisi, toplam tork, kavitasyon yüzdesi ve pompa verimi tespit edilmiştir.

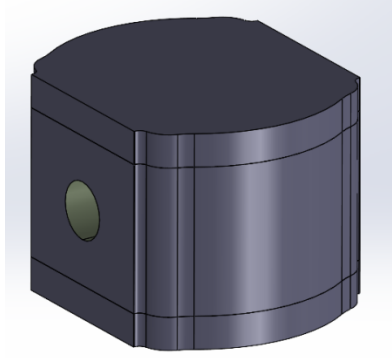
## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1. Pompa geometrisi ve akış hacminin elde edilmesi

Bu çalışma için öncelikle dıştan dişli pompa geometrisi oluşturulmuştur. Bu işlem, SolidWorks CAD programı kullanılarak dişli çark, pompa gövdesi, dişli yatakları ve pompa ön-arka kapakları oluşturularak gerçekleştirilmiştir. Endüstride ticari olarak kullanılan bir pompa çalışma koşulları (Tablo 1) baz alınarak tasarlanan pompa geometrisi şekil 1’de verilmiştir.

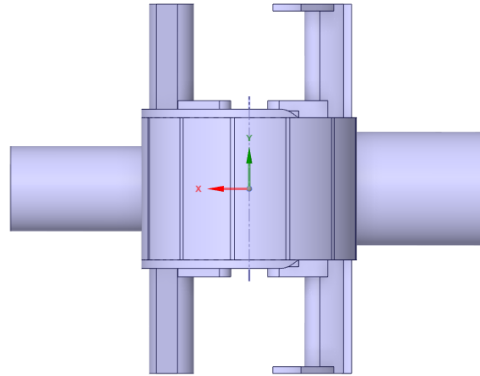
**Tablo 1.** Dıştan dişli pompa için çalışma koşulları

| İletim Hacmi<br>( $\text{cm}^3.\text{dev}^{-1}$ ) | Servis Basıncı (bar) | Hız ( $\text{dev}.\text{dk}^{-1}$ ) |
|---|----------------------|-------------------------------------|
| 16  | 250                  | 3000                                |



**Şekil 1.** Tasarlanan pompanın 3 boyutlu geometrisi.

Elde edilen geometrinin akış analizinin gerçekleştirilebilmesi için pompaya ait akış geometrisinin elde edilmesi gerekmektedir. Bu sebeple elde edilen pompa geometrisi SpaceClaim programına aktarılarak pompaya ait akış hacmi elde edilmiştir. (Şekil 2)

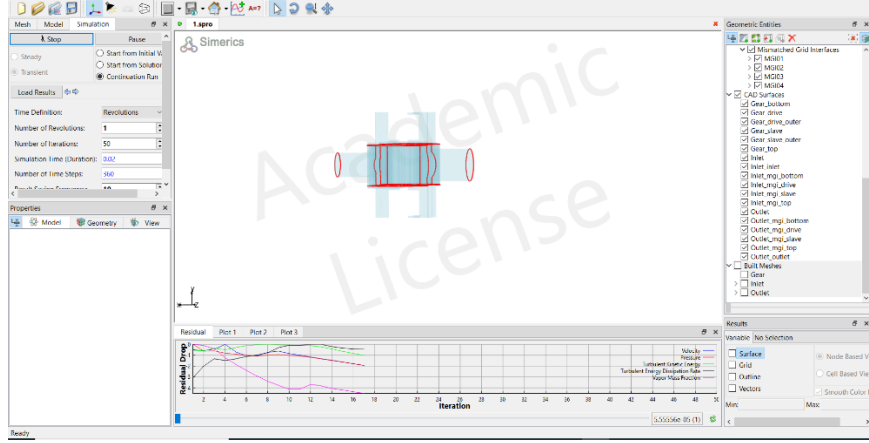


**Şekil 2.** Elde edilen akış hacmi.

Aynı programda analiz için gerekli sınır koşullarının oluşturulabilmesi için akış hacmi üzerinde gerekli tanımlamalar (giriş kısmı-dişli kısmı-çıkış kısmı) yapılarak akış hacmi, HAD analizi için hazır hale getirildi.

## 2.2. HAD analizinin gerçekleştirilmesi

Günümüzde HAD analizi akışkanlar mekaniği hesaplamaları için önemli bir unsurdur. Böylece toplam basınç, güç, vektörel oluşumlar, kavitasyon ve gerilme gibi önemli sonuçlar önceden tahmin edebilme imkânı sunar. Böylece yapılan HAD analizleri deneysel çalışmaları azaltarak ürün maliyetini azaltır. Bu çalışmada HAD analizi için Simerics MP+ programı kullanılmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Analizlerin gerçekleştirilmesinde kullanılan HAD analiz programı.

HAD analizlerinin gerçekleştirilebilmesi için akış hacmi küçük elemanlara bölünerek akış hacmi için mesh oluşturulmuştur. Bu işlemde yaklaşık 270.000 hücre ile mesh elde edilmiştir. Pompa analizi için kullanılan yağ özellikleri ise tablo 2’ de verilmiştir.

Tablo 2. Analizde kullanılan yağ özellikleri.

| Yoğunluk<br>(kg.m <sup>-3</sup> ) | Dinamik Viskozite<br>(Pa.s) | Çalışma Sıcaklığı<br>(° C) |
|-----------------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| 870                               | 0.004                       | 40                         |

Yapılan analizde için giriş şartı basınç girişi olarak belirlenmiş ve 0.75-1.0-1.5 bar değerleri seçilmiştir. Çıkış şartı basınç çıkışı olarak 250 bar servis basıncı belirlenmiştir. Ayrıca dişli çarklar için dönme hızı 3000 dev.dk<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir.

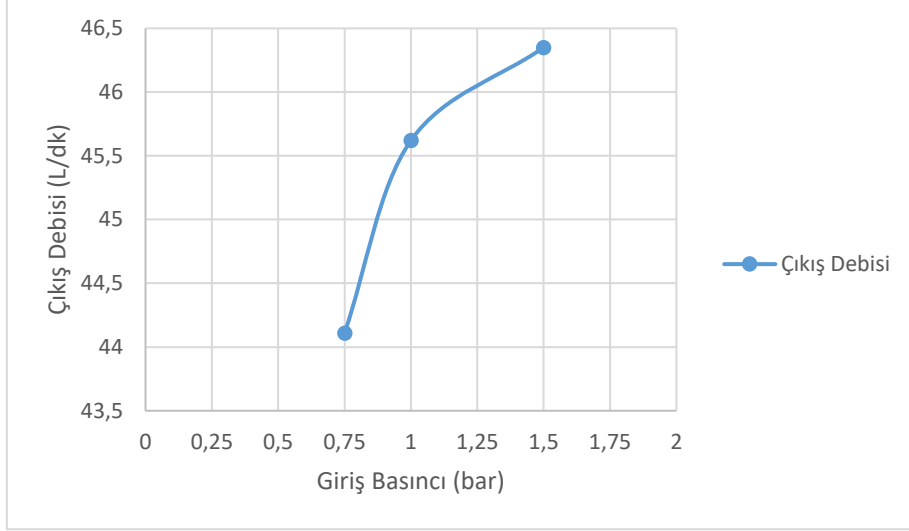
Bu düzenlemeler kapsamında her bir giriş basıncı için ayrı ayrı analizler yapıldı ve her bir analiz için çıkış debisi, toplam tork ve akış içerisindeki kavitasyon yüzdesi belirlenmiştir. Ayrıca pompanın volümetrik verimi aşağıda verilen “Eşitlik 1” kullanılarak belirlenmiştir.

$$\eta = (Q_{çıkış} * 1000)/(V * n) \quad (1)$$

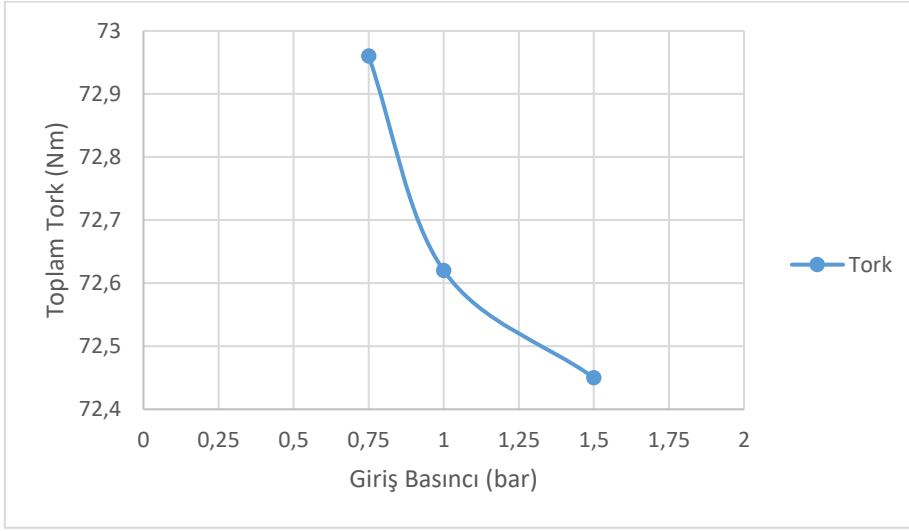
Bu formülde;  $\eta$  pompa volümetrik verimini,  $Q_{çıkış}$  pompa çıkış debisini,  $V$  pompa iletim hacmini ve  $n$  pompa dönüş hızını temsil etmektedir.

### 3. SONUÇLAR

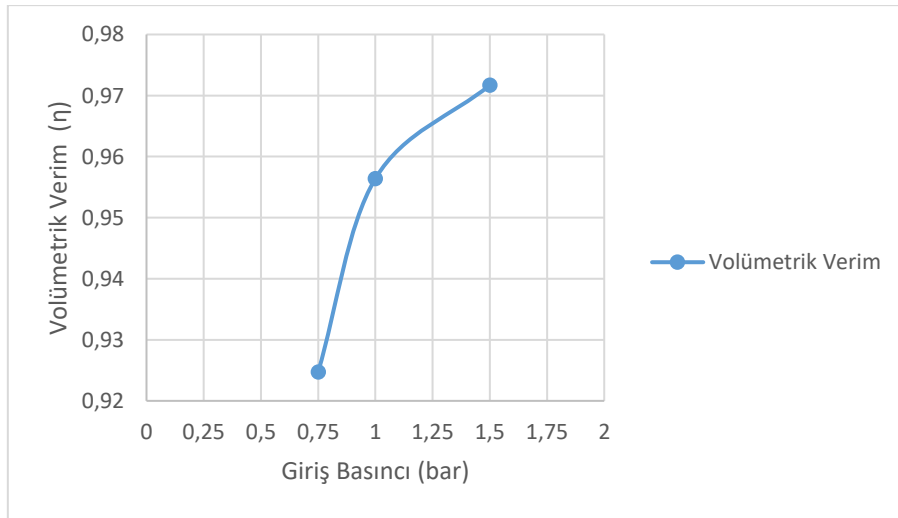
Gerçekleştirilen analiz sonuçlarına göre her bir giriş basıncına karşılık gelen pompa çıkış debisi, elde edilen toplam tork ve pompanın volümetrik verimine ait grafikler şekil 4-6’ da verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre farklı giriş basıncına sahip pompalar için performans kıyaslaması yapılmıştır.



**Şekil 4.** Analiz sonucu elde edilen debi-basınç grafiği.



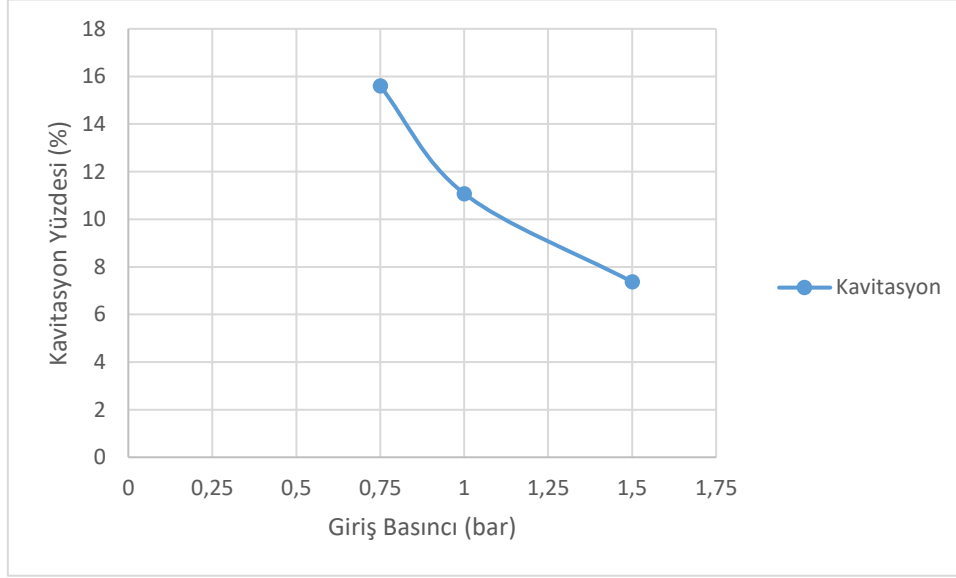
**Şekil 5.** Analiz sonucu elde edilen tork-basınç grafiği.



**Şekil 6.** Analiz sonucu elde edilen verim-basınç grafiği.

Verilen grafiklerden şekil 4 ve şekil 6 incelendiği zaman artan giriş basıncıyla birlikte pompa çıkış debisinin ve volümetrik verimin arttığı gözlemlenmektedir. Şekil 5' de ise artan giriş

basıncıyla birlikte elde edilen toplam dişli torkunun azaldığı görülecektir. Yapılan analizlerde en yüksek çıkış debisi  $46.35 \text{ l.dk}^{-1}$  ile giriş basıncı 1.5 bar olan analiz sonucunda gözlemlenmiştir. Aynı şekilde en yüksek volümetrik verim ise % 97.16 ile en yüksek giriş basıncında tespit edilmiştir. Ayrıca endüstride kullanılan dişli pompalarda giriş basıncı tavsiyesi olarak atmosfer basıncının üstü önerilir. Atmosfer basıncının altında kalan giriş basınçlarında kavitasyon olayının daha fazla olması beklenir. Şekil 7 verilen giriş basıncına bağlı kavitasyon yüzdesi grafiği ise bu kanıyı desteklemektedir.



Şekil 7. Analiz sonucu elde edilen kavitasyon-basınç grafiği.

Tüm bu grafikler birlikte değerlendirildiğinde pompa performansı açısından en iyi giriş basıncı değerinin yapılan analizler sonucunda 1.5 bar olduğu tespit edilmiştir.

#### 4.TARTIŞMA

Bu çalışmada farklı giriş basınçlarının pompa performansına olan etkisi yeni bir HAD analizi aracı ile incelenmiştir. 0.75, 1, 1.5 bar olarak seçilen giriş basınçları için  $3000 \text{ dev.dk}^{-1}$  dönme hızı ve 250 bar servis basıncı sabit tutulmuştur. Verilen pompa modeli için yapılan analizler sonucunda;

- Giriş basıncının artmasıyla elde edilen torkun düştüğü gözlemlenmiştir.
- Artan giriş basıncı ile birlikte çıkış debisinin ve volümetrik verim değerinin arttığı tespit edilmiştir.
- Pompa çalışma performansı, elde edilen verim ile birlikte pompa akışkanı içerisinde oluşan kavitasyon yüzdesi ele alındığında bu çalışma için en iyi giriş basıncının 1.5 bar olduğu görülmüştür.
- Bu analizlerin, farklı dönme hızlarında ve farklı servis basınçlarında gerçekleştirilip deneysel çalışmalarla desteklenmesiyle gelecek çalışmalar için yol gösterici olacağı düşünülmektedir.

#### 5.TEŞEKKÜR

Bu çalışma İnönü Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'nce desteklenmiştir. Proje Numarası: FDK-2021-2658

## KAYNAKLAR

- [1] Szwemin P, Fiebig W. The influence of radial and axial gaps on volumetric efficiency of external gear pumps. *Energies*. 2021;14(15).
- [2] Rituraj R, Vacca A, Rigosi M. Modeling and validation of hydro-mechanical losses in pressure compensated external gear machines. *Mech Mach Theory*. 2021;161.
- [3] Rituraj R, Vacca A. Investigation of flow through curved constrictions for leakage flow modelling in hydraulic gear pumps. *Mech Syst Signal Pr*. 2021;153.
- [4] Evyapan E. Simetrik ve asimetrik dişliler kullanılan dış diişli pompaların performanslarının kıyaslanması üzerine deneysel bir çalışma [Yüksek Lisans Tezi]. Gaziantep: Gaziantep Üniversitesi; 2016.
- [5] Wang S, Sakurai H, Kasarekar A. The optimal design in external gear pumps and motors. *Ieee-Asme T Mech*. 2011;16(5):945-52.
- [6] Flores-Marquez A, Velazquez-Villegas F, Ascanio G. Numerical analysis of a hydraulic gear micro motor. *J Mech Sci Technol*. 2013;27(5):1351-60.
- [7] Castilla R, Gamez-Montero PJ, del Campo D, Raush G, Garcia-Vilchez M, Codina E. Three-Dimensional Numerical Simulation of an External Gear Pump With Decompression Slot and Meshing Contact Point. *J Fluid Eng-T Asme*. 2015;137(4).
- [8] Frosina E, Senatore A, Rigosi M. Study of a High-Pressure External Gear Pump with a Computational Fluid Dynamic Modeling Approach. *Energies*. 2017;10(8).
- [9] Casari N, Fadiga E, Pinelli M, Randi S, Suman A. Pressure Pulsation and Cavitation Phenomena in a Micro-ORC System. *Energies*. 2019;12(11).
- [10] Mithun MG, Koukouvinis P, Karathanassis IK, Gavaises M. Numerical simulation of three-phase flow in an external gear pump using immersed boundary approach. *Appl Math Model*. 2019;72:682-99.
- [11] Battarra M, Mucchi E. On the assessment of lumped parameter models for gear pump performance prediction. *Simul Model Pract Th*. 2020;99.