

KANAT SAYISININ DALGIÇ POMPA PERFORMANSINA ETKİSİ

Mustafa GÖLCÜ

1.GİRİŞ

Özet - Düşük özgül hızlı pompalarda 3 hidrolik problem vardır. Debi-yük karakteristiğinin kararsız durumu, verimin düşmesi ve efektif gücün kolay bir şekilde artmasıdır. Bunlar pompa performansını olumsuz bir şekilde etkilemektedir. Debi-yük karakteristiğinin kararlı/kararsız durumu kanat sayısı ile etkilenmektedir.

Bu çalışmada; $H_m=13\text{mss}$ 'de, $Q=36\text{m}^3/\text{h}$ kapasiteli düşük kanat çıkış açısına sahip bir dalgıç pompa çarkı dizayn edilmiş olup, beş farklı kanat sayısına sahip $z=3,4,5,6,7$ dalgıç pompa çarkları üzerinde deneyler yapılmış ve kanat sayısının dalgıç pompa performansı üzerine etkileri incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Dalgıç pompa çarkı, kanat sayısı ve pompa performansı

Abstract - There are 3 hydraulic problems of low specific speed pumps. Unstable position or drooping head-flow curve, lower efficiency and easily overload brake horsepower. These conditions are affected negatively the pump performance. It is affected with number of blade stable/unstable or drooping of the head-flow characteristic.

In this study, It has been designed the deep well pump impeller with low discharge angle. Design parameters are $H_m=13\text{mss}$, $Q=36\text{m}^3/\text{h}$ and it is used five different number of blade ($z=3,4,5,6,7$). It is investigated experimental the effects of the number of blade on the deep well pump performance.

Key Words: Deep well pump impeller, number of blade and pump performance

Günümüzde endüstrinin bütün kollarında ve günlük hayatımızda geniş bir uygulama alanına sahip pompalar ilk çağlardan beri kullanılmaktadır. Uluslararası literatürde "Vertical Turbine Pump (VTP)" olarak adlandırılan bu pompalar seri pompa uygulaması olarak düşey çalışabilecek şekilde tasarlanmış pompalardır. Günümüzde "Derin Kuyu Pompaları (DKP)" olarak bahsedilen pompalar, başlangıçta gittikçe artan temiz su gereksinimine, yüzey kaynaklarının yetersiz olduğu bölgeler için dar ve derin kuyularda çalışabilme amaçlı geliştirilmiş pompalardır. Dünyada ve ülkemizde standart tipte çeşitli firmalar tarafından dalgıç pompa imalatı yapılmaktadır (Grundfos, Berkeley, Lawne Boyler, Üstünel, Alarko, Şahinler v.b.). Birçok bölgelerde petrol gibi, yeraltında, sıcak su veya soğuk su kaynakları vardır. Gerekli derinlikte kuyular açılmak suretiyle, kuyu dibine indirilen pompalar yardımıyla bu sular yeryüzüne çıkarılır. Bu yüzden dalgıç pompa seçiminde aşağıdaki hususların göz önünde bulundurulması gereklidir [1].

- 1- Su rezervi (yer altı suyu, kuyu, nehir yatağı, havuz vb.)
- 2- Pompalanacak su miktarı, Q ,
- 3- Toplam emme yüksekliği, H_{em} ,
- 4- Toplam dinamik yükseklik, H_{din} ,

Bir santrifuj pompa deniz seviyesinde atmosferik koşullarda teorikte 10,33m'den pratikte ise yapılan dizayna göre yaklaşık 6-8 m derinlikten su emebilir. Daha fazla derinliklerden su çekmek için derin kuyu pompaları kullanılır. Yer altı sularının yeryüzüne çıkarılması için çoğunlukla pompalama zorunludur. Kuyunun derinliği yüzlerce metre olabilir; o zaman geniş çapta ve merdivenlerle inilip çıkılabilen bir tesis yapmak çok zor ve çok pahalı olur. Sondaj makinalarıyla açılan bu kuyuların çapları küçük tutulur. Pompanın şekli, çapına bağlı olarak seçilir ve elektrik motoruyla tahrik etme imkanı varsa, elektrik motorunun şekli de kuyu çapına uygun olarak seçilmiş olur.

Santrifuj pompa çarkının tasarımı için, temel tasarım kitaplarında bulunan ampirik denklemlerden istifade

edilir [2,3,4]. Pompa veriminin iyileştirilmesi ve istenen performansın sağlanması pompa tasarımcısının tecrübesine bağlıdır. İstenen çalışma noktasında en iyi verimi elde etmek için kanat açısının değişimi ve meridyonel geometrinin bilinmesi tasarım aşamasında dikkat edilmesi gerekli hususlardır [5]. Çark içindeki akış yapısının ve değişik tasarım büyüklüklerinin akış yapılarına etkilerinin bilinmesi ile daha iyi performansa sahip çarklarının tasarımı gerçekleştirilebilir. Son zamanlarda santrifuj pompa çarkları içerisindeki akışların 3 boyutlu sayısal analizleri üzerine çeşitli çalışmalar yapılmıştır [6,7,8,9,10,11,12]. Tasarımcı elde ettiği çark geometrisinin performansı hakkında deney yapmadan fikir sahibi olamaz. Çark içerisindeki akışların hız ve basınç dağılımlarının deneysel ölçümleri için LDA (Laser Doppler Anemometer), LPTV (Laser Particle Tracking Velocimeter) veya beş delikli basınç problemleri (five-hole pressure probe) gibi cihazlar kullanılmıştır [13,14,15,16,17,18,19,20].

Uygulamada kanat sayısı genellikle isteğe bağlı olarak seçilir ve yalnızca kanatların çıkış açısının hesabı yapılır. Halbuki debiyi ve verimi etkileyen en önemli faktör (kanat çıkış açısı, çark dış çapı gibi geometrik faktörler sabit tutulduğunda) kanat sayısıdır. Bu çalışmada da; kanat çıkış açısı, kanat kalınlığı gibi geometrik faktörler sabit tutularak kanat sayısının dalgıç pompa performansı üzerine etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Gerekli manometrik yüksekliğin tespitinde ise kanat çıkış açısı tek başına yeterli değildir. Kanat çıkış açısı, kanat profilinin sadece bir bölgesini karakterize ettiği için tek başına kullanıldığında çok az bir öneme sahiptir.

Buradaki problem aşağıdaki hususlar ile özetlenebilir:

- Kanatların taşıyıcı yüzeylerini tespit etmek
- Kanat profilleri ve bunların akış doğrultusuna göre durumlarını tespit etmek
- Kanat profilini çark içinde aynı eksenli olmayan girdaplardan doğabilecek kayıplara mani olacak şekilde yerleştirmek

II. POMPA PERFORMANSI ÜZERİNE GEOMETRİK FAKTÖRLERİN ETKİSİ

Düşük özgül hızlı santrifuj pompalarda olduğu gibi dalgıç pompalarda da pompa karakteristiğinin aşağı düşmesi (debi-yük karakteristiğinin kararsız durumu) ve bunun sonucunda daha düşük bir verim elde edilmesi ve efektif gücün kolay bir şekilde artması pompa performansını olumsuz bir şekilde etkilemektedir. Pompa performansı üzerine geometrik faktörlerin etkisi araştırılmış olup Tablo 1 ve Tablo 2' de gösterilmiştir.

Tablo 1. Pompa performansını etkileyen geometrik faktörler [21]

	Öncelik Sırası				
Q	β_{2K}	z	b_2	D_2	D_0
H_m	β_{2K}	D_2	D_0	b_2	z
η	β_{2K}	z	D_0	b_2	D_2
Q_{max}	β_{2K}	z	D_0	b_2	D_2
P_{max}	β_{2K}	D_2	z	b_2	D_0
P_{pom}	β_{2K}	z	D_2	D_0	b_2

Tablo 2. Pompa performansını etkileyen geometrik faktörlerin etkisi [21]

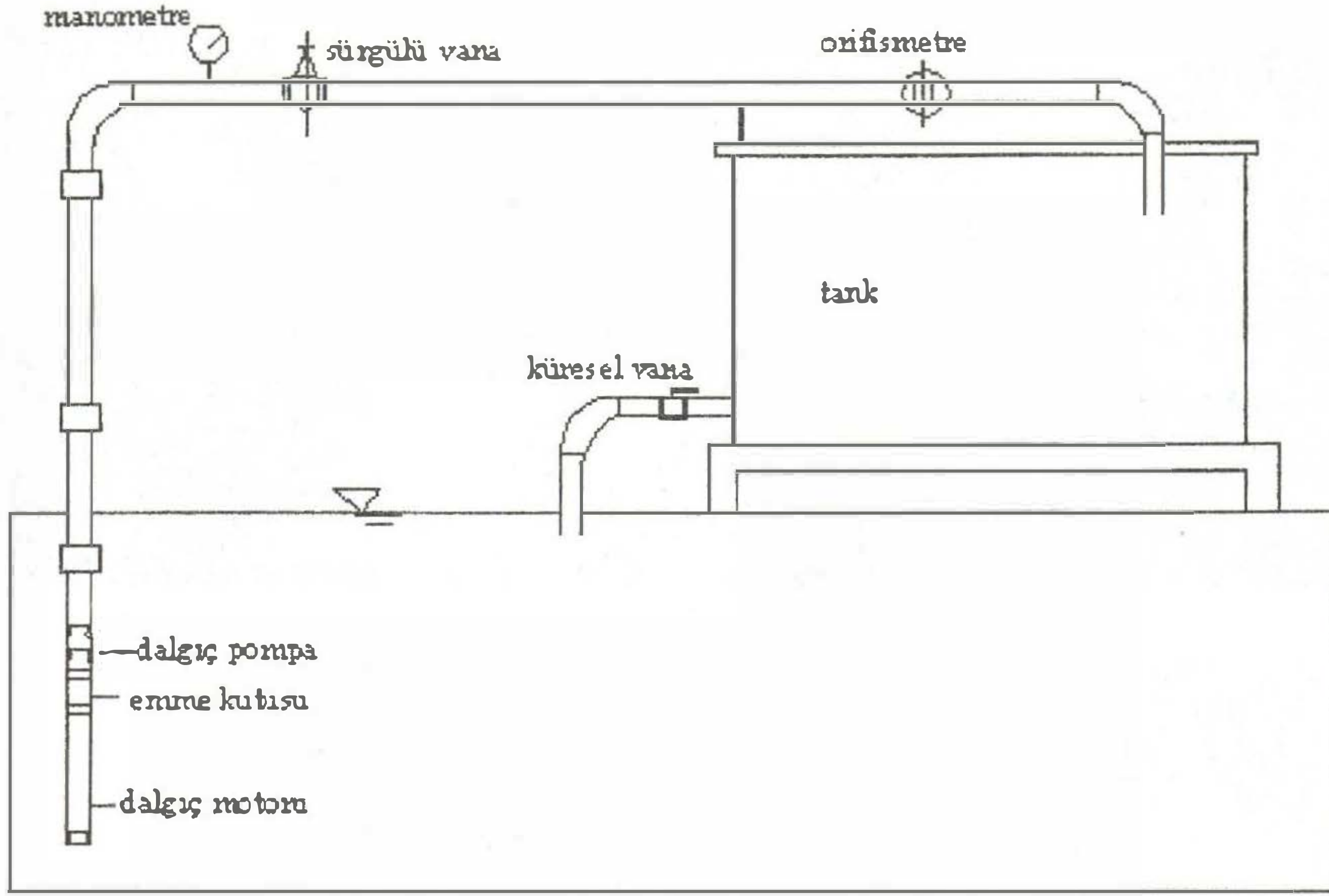
	Etki derecesi				
	b.e.p.			P_{max}	
	Q	H_m	η_{max}	Q_{max}	P_{e-max}
β_{2K}	**	***	*	*	***
b_2					***
D_2		***			***
z	*			*	***
D_0		*			***

- * : düşük
** : orta
*** : yüksek

III. DENEY DÜZENEGİ VE DENEYDE KULLANILAN DALGIÇ POMPA ÇARKLARI

III.1 Deney düzeneği

3 m derinliğindeki bir kuyuya dalgıç pompa indirilerek kapalı bir devre içerisinde deney yapılmıştır. Deney düzeneği Şekil 1'de gösterilmiştir. Tankın hacmi 1 m^3 tür. Dalgıç pompa, 2850 d/d ve 3 kW gücündeki bir trifaze dalgıç motoru tarafından tahrik edilmektedir. Debi ölçümü için 3" çapında orifismetre kullanılmıştır [22,23,24].

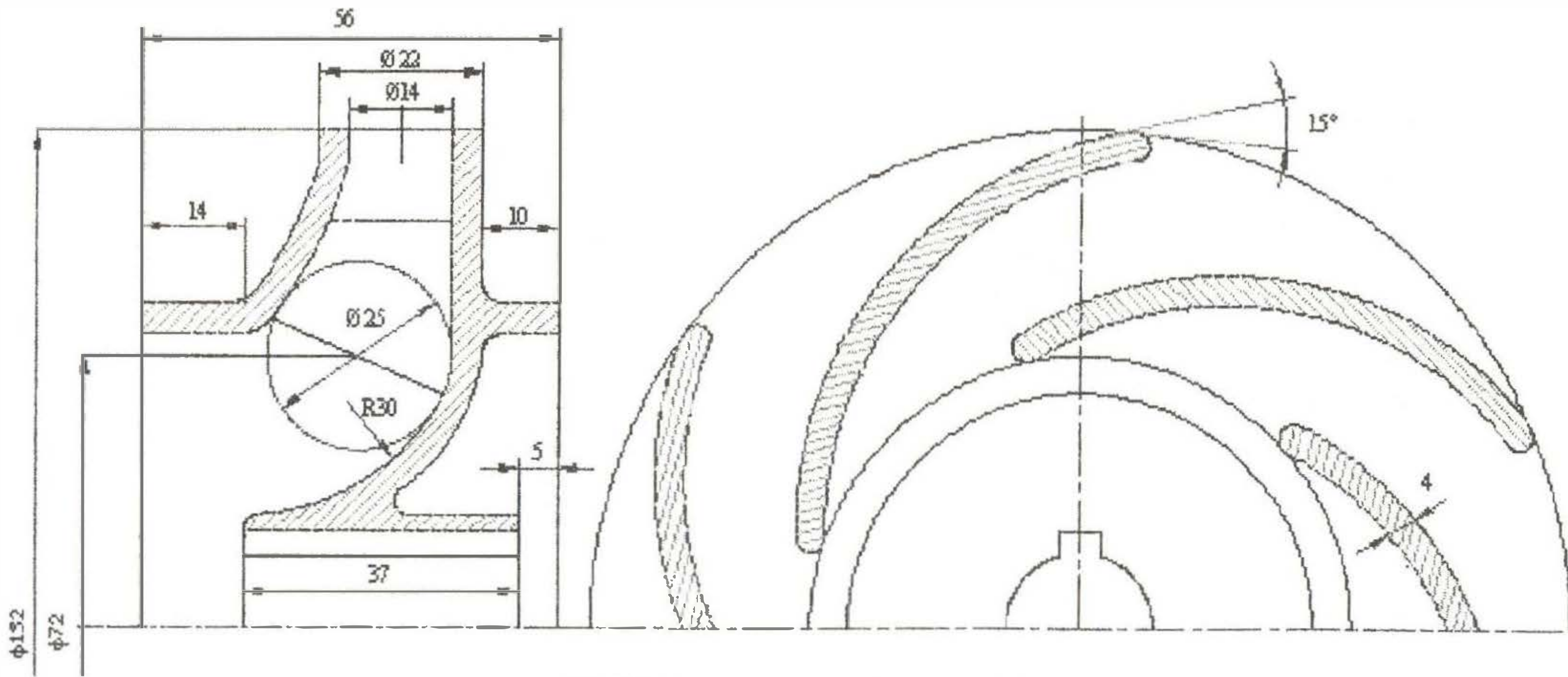


Şekil 1. Dalgıç pompa deney düzeneği

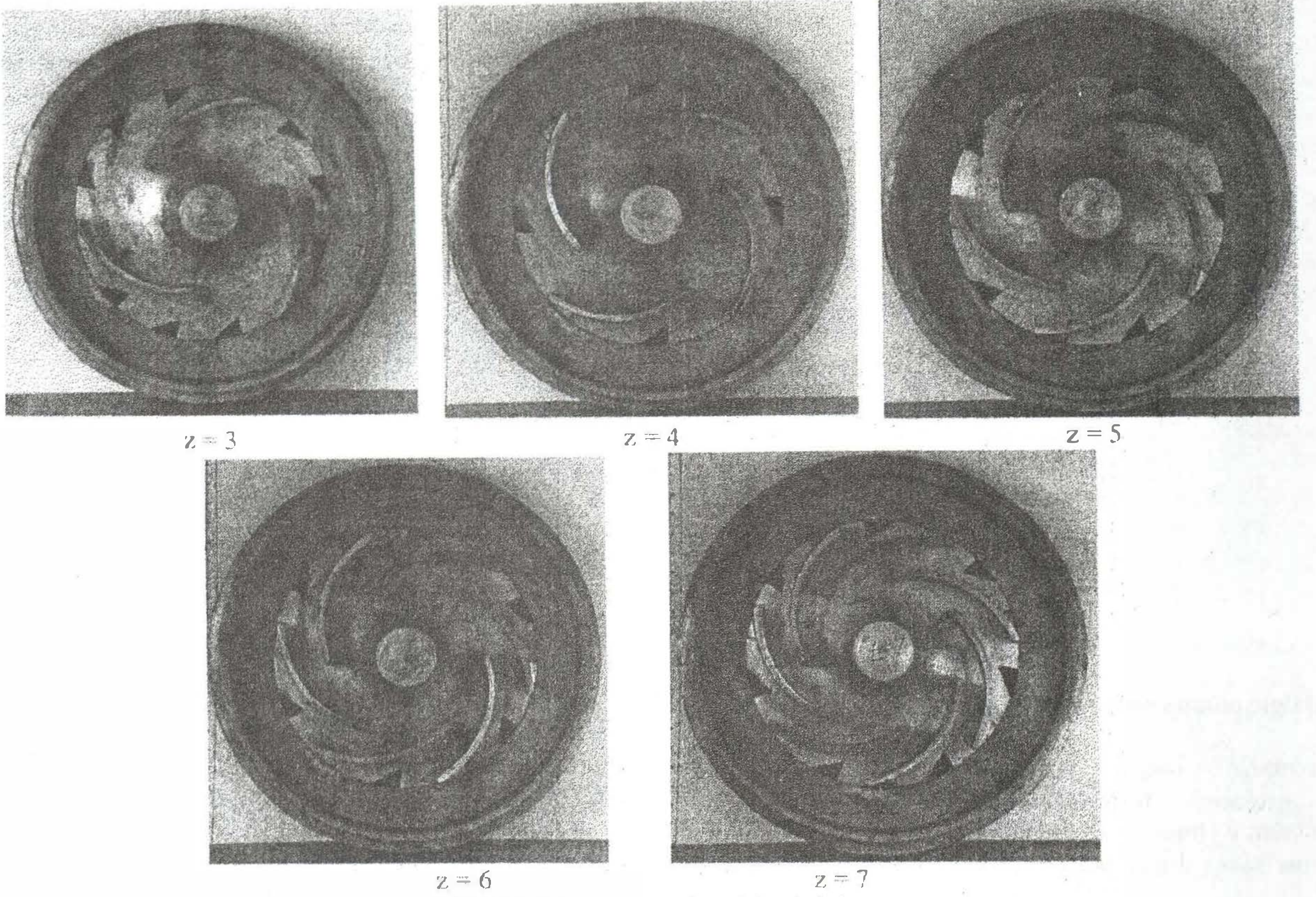
III.2 Dalgıç pompa çark geometrisi

Tek kademeli bir dalgıç pompa dizaynı yapılmış olup [25] bütün geometrik faktörler sabit tutularak $\beta_{2K}=15^\circ$, $D_2=132\text{mm}$, $e=4\text{mm}$ ve $L=74\text{mm}$ olan, $z=3,4,5,6,7$ kanat sayılarına sahip dalgıç pompa çarkları üzerinde deneyler

yapılmıştır. Tasarım kapasitesinde $Q=36\text{ m}^3/\text{h}$ ve $H_m=13\text{mss}$ 'dir. Çark geometrisi Şekil 2'de, farklı kanat sayılarına sahip çark model resimleri ise Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 2. Dalgıç pompa çark geometrisi



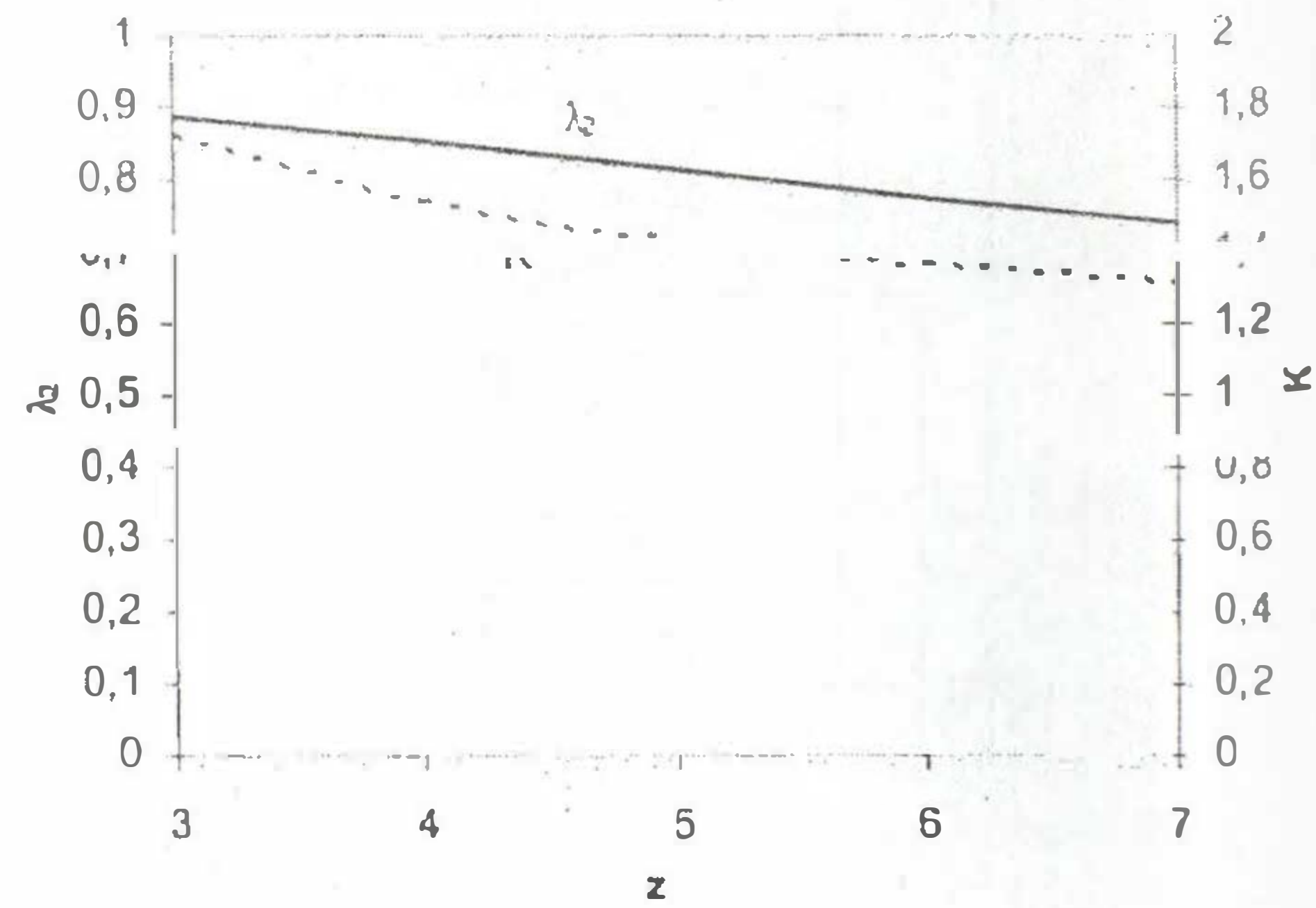
Şekil 3. Dalgıç pompa çark model resimleri

IV. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Bu çalışmada farklı kanat sayılarına sahip ($z = 3,4,5,6,7$), düşük kanat çıkış açılı ($\beta_{2k}=15^\circ$) dalgıç pompa çarkları üzerinde deneyler yapılmış ve dalgıç pompa performans eğrileri elde edilmiştir. Farklı sayıda kanatlar kullanıldığı için ($z=3,4,5,6,7$); λ_2 (1) nolu denklemden de görüleceği üzere [2], kanat sayısına bağlı olarak (β_{2k} , e ve D_2 'na da bağlı) değişmektedir.

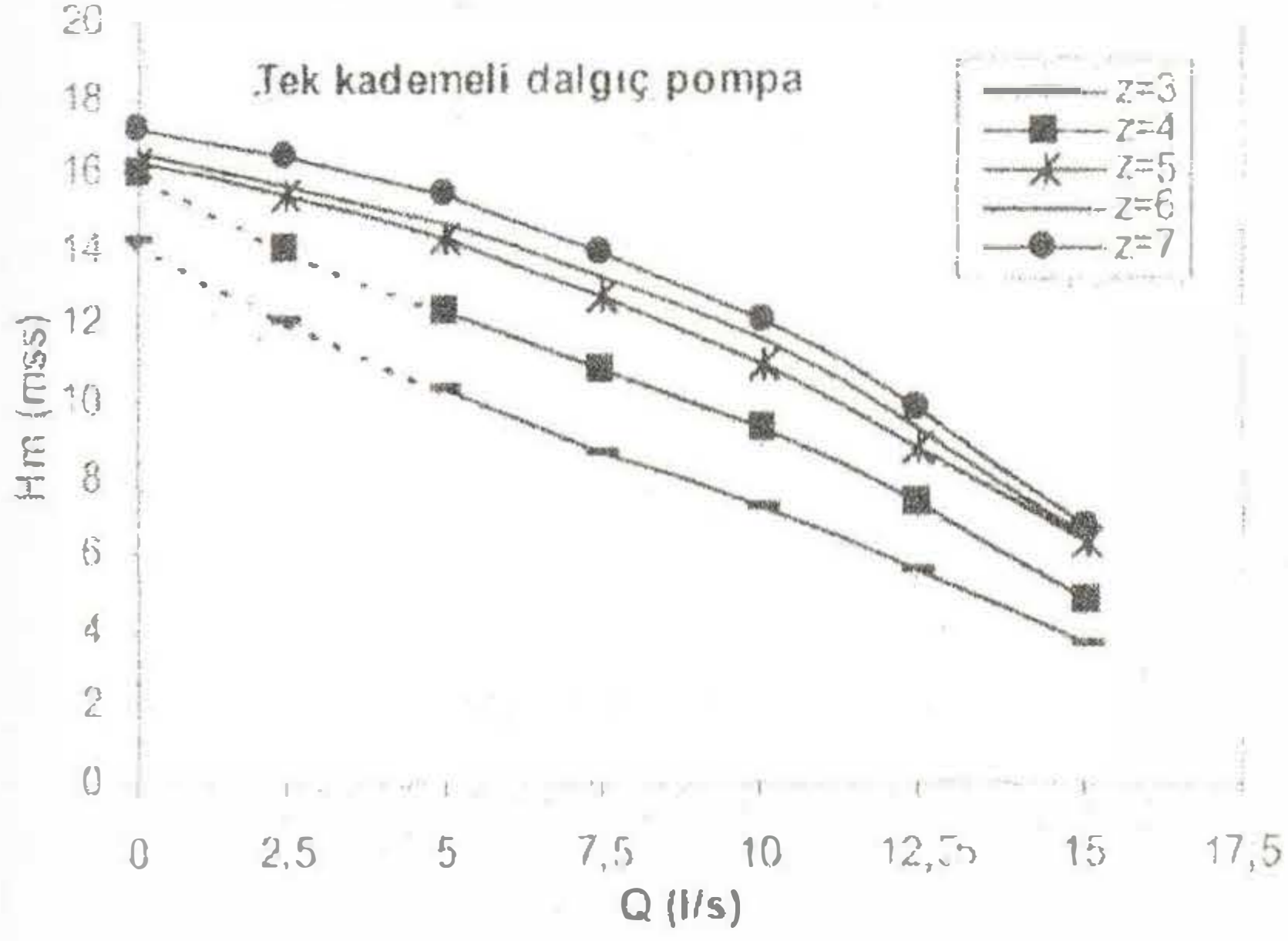
$$\lambda_2 = 1 - \frac{z \cdot e}{\pi \cdot D_2 \cdot \sin \beta_{2k}} \quad (1)$$

Kanat sayılarına (z) göre, λ_2 ve K 'nın değişim grafikleri ise Şekil 4'te gösterilmiştir. Şekil 4'ten de görüldüğü gibi, kanat sayısı arttıkça λ_2 ve K değerleri düşmektedir.

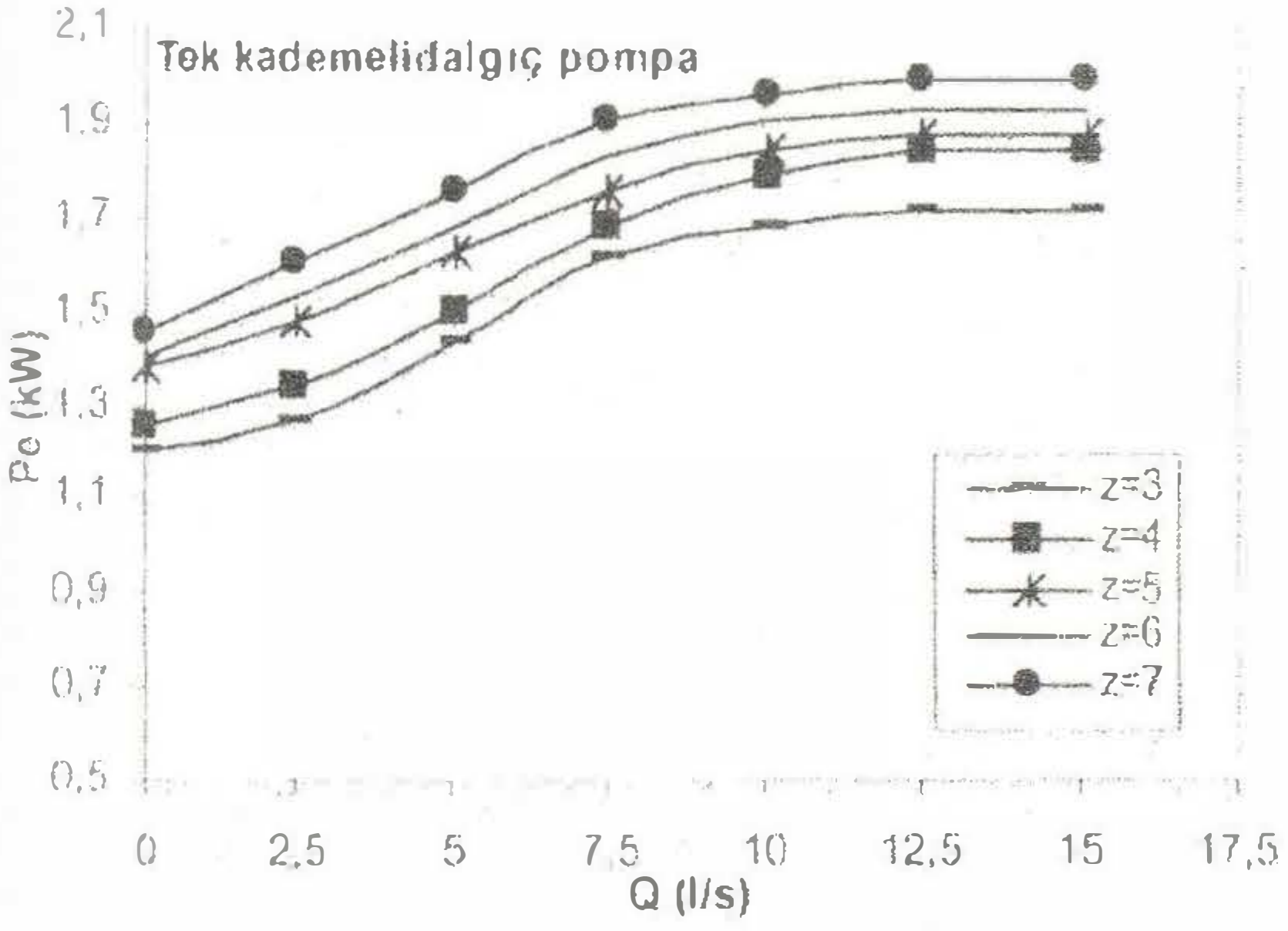


Şekil 4. Çıkış daralma katsayısı ve teğetsel hız sapma katsayısının kanat sayısına göre değişimi

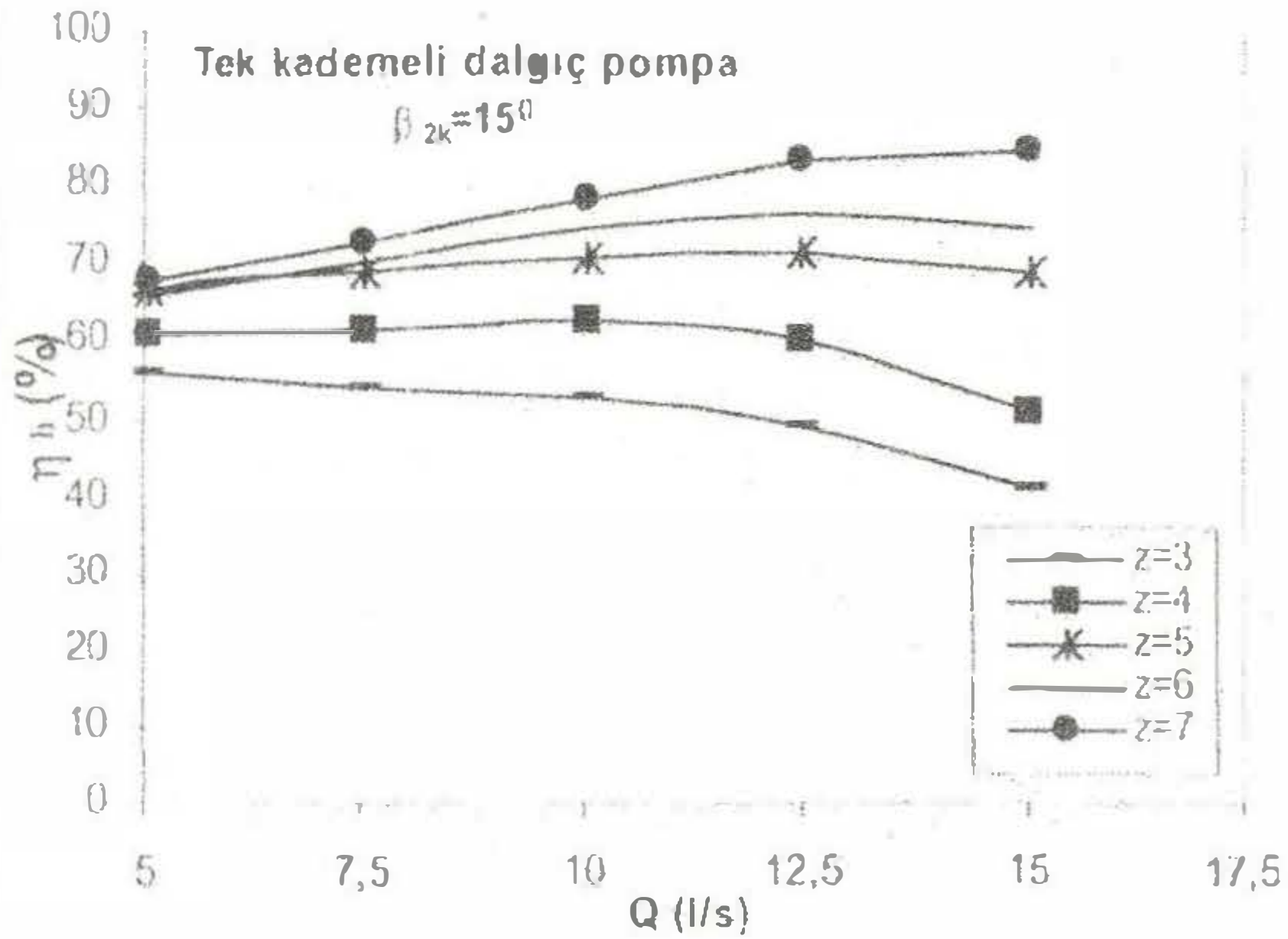
Kanat sayısına göre elde edilen dalgıç pompa performans grafikleri Şekil 5,6,7 ve 8'de gösterilmiştir.



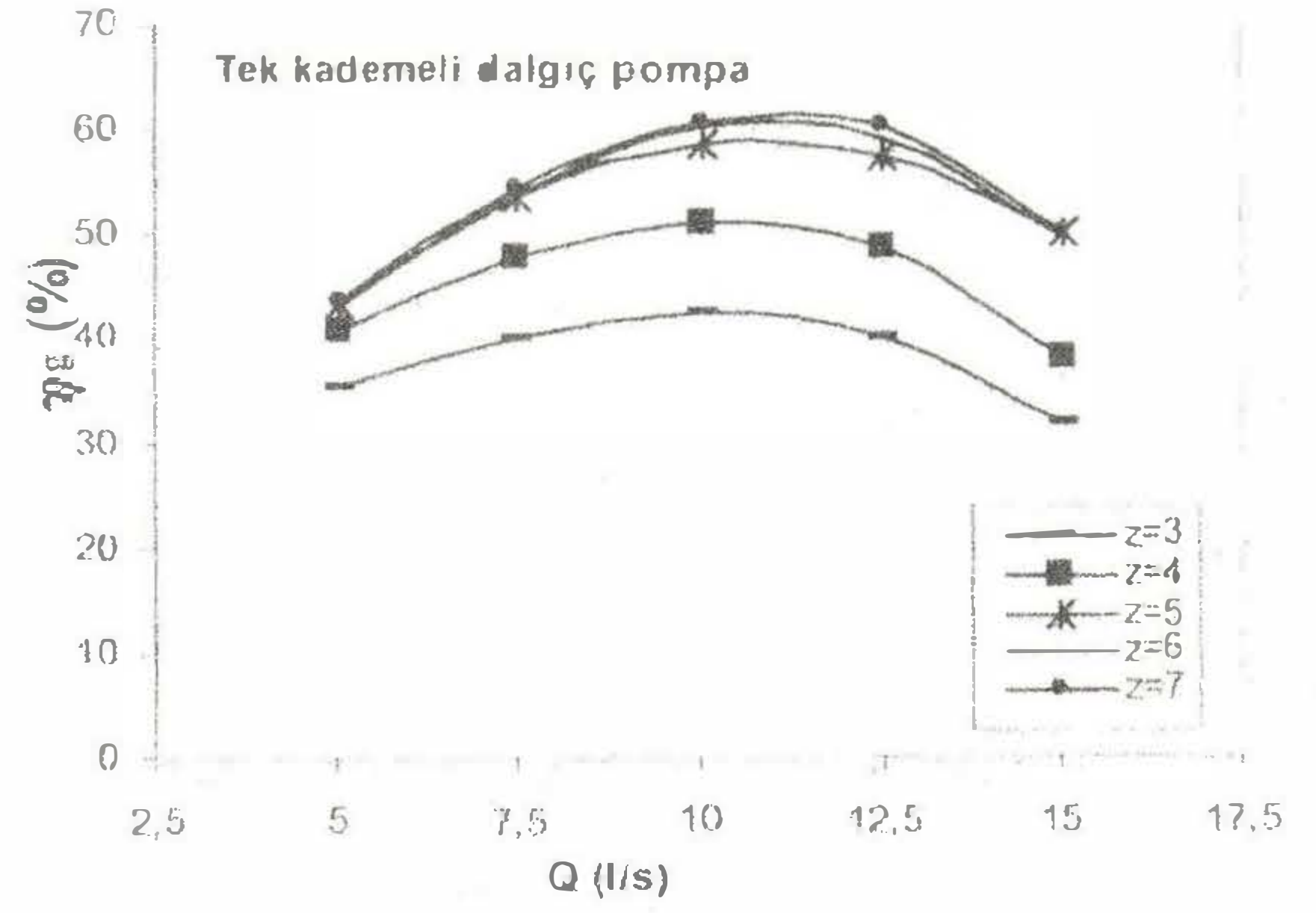
Şekil 5. Farklı kanat sayılarında tek kademeli bir dalgıç pompanın $H_m = f(Q)$ karakteristiği



Şekil 6. Farklı kanat sayılarında tek kademeli bir dalgıç pompanın $P_c = f(Q)$ karakteristiği



Şekil 7. Farklı kanat sayılarında tek kademeli bir dalgıç pompanın $\eta_h = f(Q)$ karakteristiği

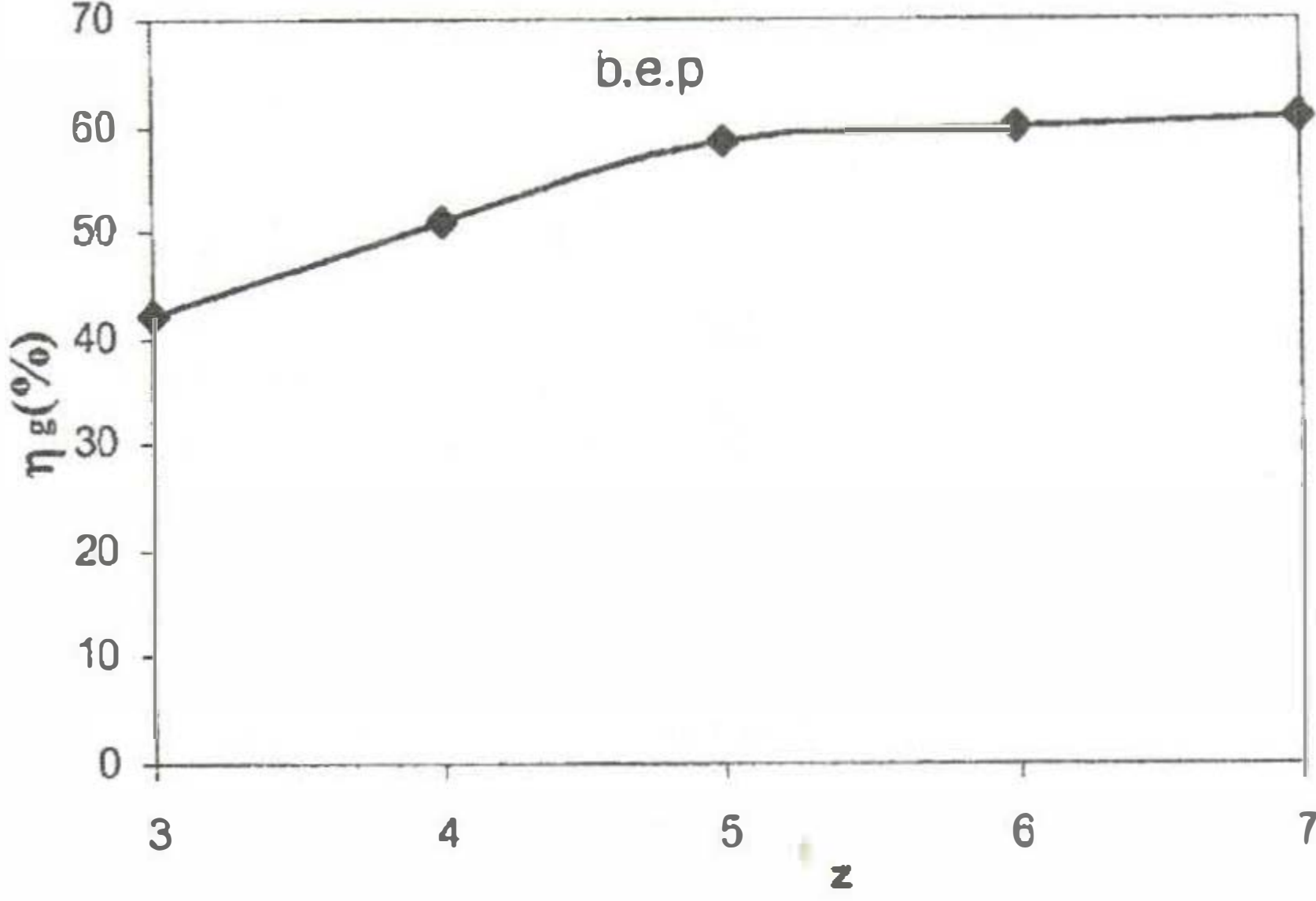


Şekil 8. Farklı kanat sayılarında tek kademeli bir dalgıç pompanın $\eta_g = f(Q)$ karakteristiği

Pompalarda debi-yük karakteristiğinin kararlı yapısı kanat sayısı ile etkilenmektedir. Kanat sayısının çok az sayıda ve çok sayıda olması debi-yük karakteristiğinin kararsız durum riskini arttırmaktadır. Kanat sayısının çok düşük olduğu durumlarda kanatlar arasındaki koniklik açısı büyümektedir. Örneğin, kanat sayısı $z=4$ olduğunda koniklik açısı değeri $\theta=22^\circ$, kanat sayısı $z=3$ olduğunda ise koniklik açısı $\theta=27^\circ$ ye çıkmaktadır. 3 ve 4 kanat sayısına sahip bir dalgıç pompanın debi-yük karakteristiği kanat sayısının azlığından dolayı kararsız bir yapıya sahiptir. Debi-yük karakteristiğinin bu kararsızlığı ana kanatların geometrik ortalarına; dış çaptan içe doğru, ana kanadın %80 oranında ara kanatçıklar ilave edilerek giderilmiş ve genel veriminde; $z=3$ kanat sayısına sahip dalgıç pompa çarkında %25,73'lik, $z=4$ kanat sayısına sahip dalgıç pompa çarkında ise %10,15'lik bir artış sağlanmıştır [25].

Şekil 5'ten de görüldüğü gibi; kanat sayısının değeri $z=5-7$ arasında olduğu zaman debi-yük karakteristiği kararlı bir yapıya sahip olup en iyi verim değerleri $z=7$ kanat sayısına sahip dalgıç pompa çarkında elde edilmiştir. En iyi verim noktasında; $z=3$ kanatlı dalgıç pompa çarkında hidrolik verim değeri %58,28 olup bu değer 2,5 l/s'lik gibi çok düşük bir debide gerçekleşirken bu debinin üstündeki çalışma noktalarında debi arttıkça hidrolik verim düşmektedir. $z=4$ kanatlı dalgıç pompa çarkında ise; hidrolik verim değeri %62,61 olup bu değer 10 l/s'lik ($z=3$ 'e göre) yüksek debide gerçekleşmektedir. $z=5$ kanatlı dalgıç pompa çarkında; 12,5 l/s'lik bir debide %71,35, $z=6$ kanatlı dalgıç pompa çarkında; 12,5 l/s'lik bir debide %76,10, $z=7$ kanatlı dalgıç pompa çarkında; 15 l/s'lik bir debide hidrolik verim değeri ise %84,59'luk bir değere ulaşmıştır. Bu yüzden $z=3$ kanat sayısına sahip bir dalgıç pompanın debi-yük karakteristiğinde hızlı bir düşüş olduğu, $z=4$ kanat sayılı çarkın $z=3$ 'e göre biraz daha kararlı yapıda olduğu,

$z=5,6,7$ kanat sayılarında ise debi-yük karakteristiğinin daha kararlı bir duruma geldiği görülmüştür. Burada kanat sayısının artması ile efektif güçte de bir artış söz konusu olmuştur (Şekil 6).



Şekil 9. En iyi verim noktasında (b.e.p.) genel verimin kanat sayısına göre değişimi

En iyi verim noktasında (b.e.p.); genel verimin kanat sayısına göre değişimi Şekil 9'da, kanat sayısına göre pompa karakteristik değerlerinin değişimi ise Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. En iyi verim noktasında tek kademede dalgıç pompa karakteristik değerleri

z	b.e.p.				
	Q (l/s)	H _m (mss)	η _{g-max} (%)	Q _{max} (l/s)	P _{e-max} (kW)
3	10	7,14	42,04	15	1,71
4	10	9,2	50,9	15	1,836
5	10	10,85	58,36	15	1,870
6	10	11,5	59,85	15	1,925
7	10	12	60,54	15	1,984

Buna göre; debiyi ve verimi etkileyen en önemli faktörün (kanat çıkış açısı, çark dış çapı gibi geometrik faktörler sabit tutulduğunda) kanat sayısı olduğu görülmüş ve en yüksek genel verim %60,54'lük bir değerle $z=7$ kanat sayısına sahip dalgıç pompa çarkında elde edilmiştir.

V. SEMBOLLER

- b_1 : Kanat giriş genişliği (mm)
- b_2 : Kanat çıkış genişliği (mm)
- D_0 : Çark emme ağzı çapı (mm)
- D_1 : Çark giriş ortalama çapı (mm)
- D_2 : Çark çıkış çapı (mm)
- e : Kanat kalınlığı (mm)

- H_m : Pompanın man. basma yüksekliği (mss)
- L : Kanat boyu (mm)
- n : Devir sayısı (d/d)
- P_e : Pompanın efektif gücü (kW)
- Q : Pompanın bastığı debi (l/s)
- K : Teğetsel hız sapma katsayısı
- z : Kanat sayısı
- β_2 : Akışkan çıkış açısı
- β_{2K} : Kanat çıkış açısı
- η_g : Genel verim
- η_h : Hidrolik verim
- λ_2 : Çıkış daralma katsayısı
- θ : Koniklik açısı

VI. KAYNAKLAR

- [1]Scherer, T.F., Irrigation Water Pumps, AE-1057 Report, North Dakota State Un., NDSU Extension Service, (1993)
- [2]Baysal, K., Tam Santrifuj Pompalar; Hesap, Çizim ve Konstrüksiyon Özellikleri, İTÜ Matbaası, Gümüşsuyu, 3 S., (1975)
- [3]Çallı, İ., Tam Santrifuj Pompa Hesabı ve Çizimi, Yıldız Ün. Kocaeli Müh. Fak.,(1991)
- [4]Kovats, A. and Desmur, G., Pompalar, Vantilatörler ve Kompresörler, çeviri: Özgür, C., ve Yazıcı, H.F., İ.T.Ü. Makine Fakültesi, (1994)
- [5]Stepanoff, A.J., Centrifugal and Axial Flow Pumps, John Wiley Sons Inc., Newyork, s. 47,201,202,203, (1967)
- [6]Maiti, B., Seshadri, V., Malhotra, R.C., Analysis of Flow Through Centrifugal Pump Impellers by Finite Element Method, Applied Scientific Research 46, p 105-126, Netherlands, (1989)
- [7]Chen, K.S. and Sue, M.C., Finite Element Analysis of Three-Dimensional Potential Flow in the Blade Passage of a Centrifugal Turbomachine, Computers&Structures, v 46, n 4, p 625-632, (1993)
- [8]Sarıoğlu, K. ve Ayder, E., Numerical Analysis of The Flow in Centrifugal Pump Impeller, ASME Fluids Engineerind Division Summer Meeting FEDSM'97, p 1-8, (1997)
- [9]Visser, F.C., Brouwers, J.J.H. and Jonker J.B., Fluid Flow in a Rotating Low-Specific- Speed Centrifugal Impeller Passage, Fluid Dynamics Research 24, p 275-292, (1999)
- [10]Gulich, J.F., Impact of Three-Dimensional Phenomena on the Design of Rotodynamic Pump, Proc Instn Mech Engrs, v 213 Part C, p 59-70, (1999)
- [11]Sarıoğlu, K. ve Ayder, E., Pompa Çarkı İçindeki akışın 3 Boyutlu Euler Denklemleri ile Analizi, Tr. J. of Engineering and Environmental Science 23, p 229-238, (1999)
- [12]Zangeneh, M., Goto, A. and Harada, H., On the Role of Three-Dimensional Inverse Design Methods in Turbomachinery Shape Optimization, Proc Instn Mech Engrs, v 213, Part C, p 27-42, (1999)

- [13]Murakami, M., Kikuyama, K. and Asakura, E., Velocity and Pressure Distributions in the Impeller Passages of Centrifugal Pumps, Fluids Eng. Gas Turbine, Conf&Prod Show, p 81-89, Newyork, (1980)
- [14]Flack, R.D., Miner, S.M. and Beaudoin, R.J., Turbulence Measurements in a Centrifugal Pump With a Synchronously Orbiting Impeller, Transactions of the ASME, Journal of Turbomachinery, v 114, p 350-359, (1992)
- [15]Beaudoin, R.J., Miner, S.M. and Flack, R.D., Laser Velocimeter Measurements in a Centrifugal Pump With a Synchronously Orbiting Impeller, Transactions of the ASME, Journal of Turbomachinery, v 114, p 340-349, (1992)
- [16]Miyamoto, H., Nakashima, Y. and Ohba, H., Effects of Splitter Blades on the Flows and Characteristics in Centrifugal Impellers, JSME International Journal, series 2: Fluid Eng., Heat Transfer, Power, Combustion, Thermophysical Properties, v 35, n 2, p 238- 246, (1992)
- [17]Abramin, M. and Howard, J.H.G., Experimental Investigation of the Steady and Unsteady Relative Flow in a Centrifugal Impeller Passage, Transactions of the ASME, Journal of Turbomachinery, v 116, p 269-279, (1994)
- [18]Bwalya, A.C., Johnson, M.W., Experimental Measurements in a Centrifugal Pump Impeller, Transactions of the ASME, Journal of Fluids Engineering, v 118, p 692-697, (1996)
- [19]Eisele, K., Zhang, Z., Casey, M.V. and Gülich, J., Schachenmann, A., Flow Analysis in a Pump Diffuser-Part 1: LDA and PTV Measurements of the Unsteady Flow, Transactions of the ASME, Journal of Fluids Engineering, v 119, p 968-977, (1997)
- [20]Li, W.G., Effects of Viscosity of Fluids on Centrifugal Pump Performance and Flow Pattern in the Impeller, International Journal of Heat and Fluid Flow 21, p- 207-212, (2000)
- [21]Shouqi, Y., Advances in Hydraulic Design of Centrifugal Pumps, ASME, Fluid Engineering Division. Summer Meeting, p 1-15, Vancouver, British Col., Canada, (1997)
- [22]Genceli, Osman, F., Ölçme Tekniği, s, 171,182,183, Birsen Yayınevi, İstanbul, (1995)
- [23]Pancar, Y., Hidrolik Laboratuar Deneyleeri, s. 122, Anadolu Ün. Müh. Mim. Fak., Eskişehir, (1987)
- [24]Anonim, Türk Standartları, TS 1423 Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Ocak (1975)
- [25]Gölcü, M., Dalgıç Pompalarda Çarka Ara kanatçık İlavesinin Verime Etkisinin Analizi, Doktora Tezi, PAÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, (2001)