

İsale Hatlarında Debi Artışında Enerji Verimliliğinin İncelenmesi

Mehmet Sezai GÜVEN ve Prof. Dr. Yusuf ÇAY

Teknoloji Fakültesi, Yüksek Lisans Enstitüsü, Makine Mühendisliği Bölümü Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Türkiye

Özet

Şehir şebekesi su iletim hatlarında nüfus artışına paralel olarak mevcut pompa istasyonları kapasite açısından yetersiz kalmakta, bu durum ise enerji tasarruflu ve yüksek kapasiteli pompa sistemlerine geçişi veya mevcut pompalar üzerinde hızlı revizyon imalatlarını zorunlu kılmaktadır. Mevcut pompaların revizyonu; çark geometrilerinin ve gövde içi kavitasyon bölgelerinin incelendiği, hesaplamalı akışkanlar dinamiği (CFD) tabanlı analizlerin uygulandığı kapsamlı bir süreci gerektirir. Endüstride bu tür revizyonlar genellikle tesisin yaklaşık bir ay süreyle devre dışı bırakılmasını gerektirirken, kentsel su iletim hatlarında bir günlük kesinti dahi kanalizasyon akışının bozulmasına, atık su sisteminde tıkanmalara ve dolayısıyla salgın hastalık riskinin artmasına yol açarak halk sağlığını kritik biçimde tehdit eder. Bu nedenle, pompa grubunun demontajı, ayrıntılı incelemesi, analizi ve tekrar montajı titizlikle planlanmalı; su iletimini kesintisiz sürdürmek için aynı işlevi üstlenecek geçici bir pompa grubunun devreye alınması zorunludur. Bu çalışmada, büyük bir kentsel su ve kanalizasyon idaresi bünyesindeki pompa grubuna uygulanan hızlı revizyon imalatı ele alınmakta; söz konusu revizyonun talep edilen debiyi karşılamakla kalmayıp, işletme sürecinde %34,48 oranında enerji verimliliği sağladığı gösterilmektedir. Bulgular, revizyon odaklı yaklaşımın hem operasyonel süreklilik hem de enerji tasarrufu açısından sürdürülebilir bir çözüm sunduğunu ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Debi, Enerji verimliliği, Pompa revizyonu, Su iletim hatları, Kentsel altyapı yönetimi

1. Giriş

Enerji verimliliği, günümüzde küresel çapta önemli bir sorun olup, özellikle sanayi sektöründe enerji tasarrufu büyük bir ihtiyaçtır. Türkiye’de sanayi kuruluşlarının toplam elektrik tüketiminin yaklaşık %70’i elektrik motorları tarafından gerçekleştirilmekte ve bunlar arasında pompalar yaklaşık %20’lik payıyla büyük enerji tüketicilerindendir [1]. Yapılan çalışmalarda, pompa ve sistemlerin iyileştirilmesiyle enerji tasarruf potansiyelinin %20-30’a kadar ulaşabileceği belirtilmektedir, bu da sistemlerin doğru tasarımı ve optimizasyonunun ne kadar önemli olduğunu gösterir [2].

Ancak işletmeler genellikle ilk maliyete odaklanarak en ucuz pompayı tercih etmekte ve bu da uzun vadede olumsuz sonuçlar doğurabilmektedir. Ömür boyu maliyetler göz önüne alındığında, pompa maliyetinin toplam maliyet içindeki payı %8 gibi küçük bir orana sahiptir ve enerji tüketimiyle ilgili tasarruflar, yalnızca doğru seçim ve sistem iyileştirmeleriyle sağlanabilir. Bu nedenle, hem pompanın uygun seçimi hem de sistemin bütünsel optimizasyonu enerji tasarrufunu artırmak için kritik öneme sahiptir. [3].

2. Materyal ve Metod

ABD Enerji Bakanlığı’nın (DOE) Enerji Verimliliği ve Yenilenebilir Enerji Ofisi (EERE) tarafından hazırlanan bir raporda, pompa sistemlerindeki enerji tasarrufu ve iyileştirme yöntemleri detaylı olarak incelenmiştir. İncelenen veriler, mevcut pompa envanterinin yaklaşık %16’sının 20 yıldan eski olduğunu göstermektedir. Bu eski pompaların, genellikle çalışma noktalarına daha uygun, daha verimli modellerle değiştirilebileceği belirtiliyor. Bu, pompa sistemlerini daha güncel, enerji tasarruflu hale getirmenin büyük fırsat olabileceği anlamına gelir. Uzmanlar bu durumu sadece pompanın yaşıyla ilişkilendirmemektedir. Asıl sorun, zamanla işlemin veya çalışma koşullarının değişmiş olabileceği ve bu nedenle mevcut pompanın çalışma noktası ile en iyi verimlilik noktası uyumunun bozulmuş olabileceği, diğer bir ifadeyle pompa eski olsa bile, doğru kullanıldığında verimli çalışabilir; ya da yeni bir pompa alınsa bile, yanlış çalışma koşulları verimliliği engelleyebilir.

Danışmanların raporlarına göre, eskimiş veya uygun olmayan pompalarda verimlilik %10 ila %25 arasında düşebilmektedir. Doğru seçilmemiş veya eski pompa, enerji kayıplarına yol açabilmektedir. Öte yandan, yeni pompaların genellikle %2 ila %5 arasında daha verimli olduğu belirtilmektedir. Amerikan Enerji Verimli Ekonomisi Konseyi (ACEEE) ise, enerji tasarrufunun %2 ile %10 arasında olabileceğini tahmin etmektedir. Kısaca, pompa ve sistemlerin verimliliğinin artırılması, sadece pompanın yaşıyla değil, aynı zamanda çalışma noktası ve işlem koşullarıyla da ilgili olabilmektedir. Güncel ve uygun pompa modellerine geçişle, önemli enerji ve maliyet tasarrufları sağlanabilir [4].

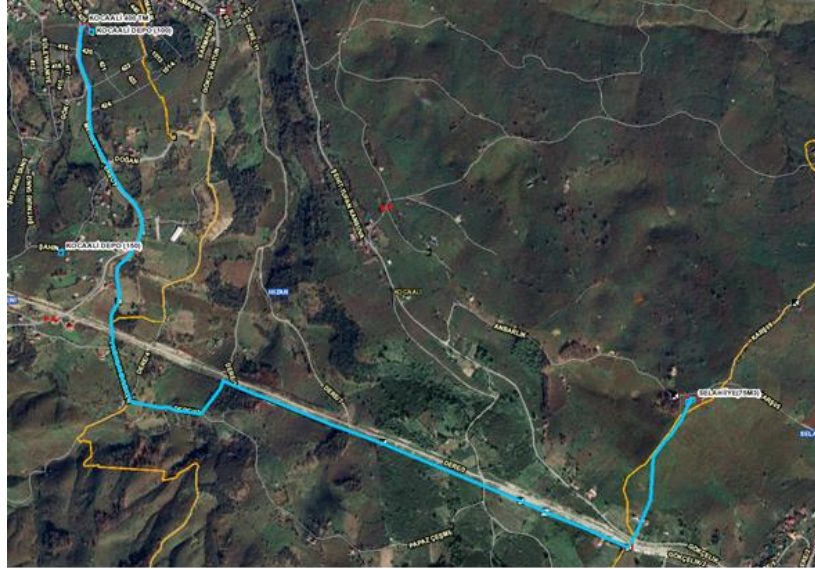
Bu çalışmada, SASKİ SCADA sisteminde almış olduğumuz pompalara ait çalışma saatlerine dayanarak 1+1 paralel pompa grubunun ne kadar sıklıkla devreye girdiğini ayrıca pompaların yalnız ve beraber devreye girdiklerinde mevcut enerji tüketimlerinin analizini yaparak, mevcut pompa sisteminin, hesapları yapılan yeni bir pompa sistemi ile değişimi yapıldığında, son enerji

tüketim değerlerinin ne kadar değişkenlik gösterdiği hususunda inceleme yapılmaktadır.

2.1. Teori/hesaplamalar

Çalışmamız SASKİ Genel Müdürlüğü Selahiye İçme suyu Terfi Merkezinde (TM) gerçekleştirilmiştir. Kocaali ilçesi sınırlarında bulunan Kocaali 100m³ su kapasiteli, 117.73m kotundaki depodan, kotu 114.15m olan TM400'deki 2 adet yatay kademeli santrifüj pompa ile, kotu 221.04m olan Selahiye 75 m³ su kapasiteli depoya su, 2013,59m HDPE Ø110mm boru, 1193,5m PVC Ø125mm boru ve 1482,91m PVC Ø110mm boru olmak üzere, toplam 4690 metrelik iletim hattı ile basılmaktadır. Şekil 1'de hat güzergâhına ait görsel verilmiştir.

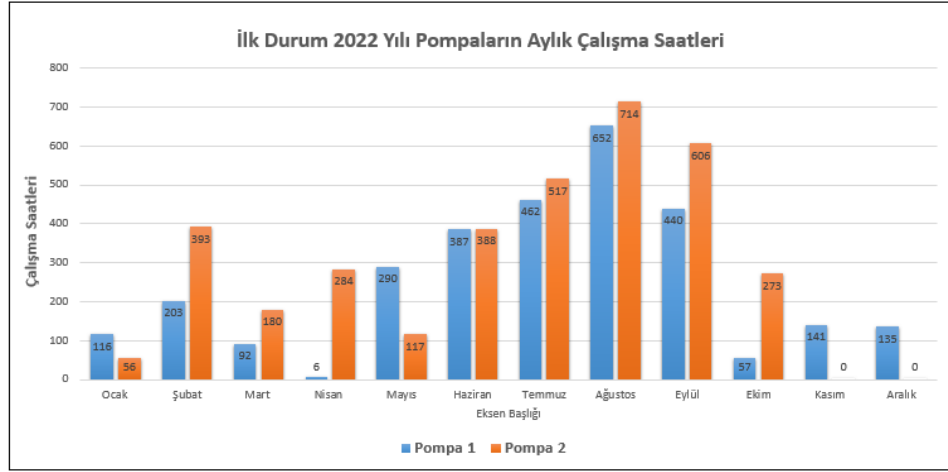
Şekil 2'de mevcut pompa sistemine ait görseller, Şekil 3'de 2022 yılı çalışma saatleri ve Tablo 1'de mevcut pompa sistemine ait teknik özellikler verilmiştir.



Şekil 1. Çalışma yapılan depolar, terfi merkezi ve iletim hattı güzergâhına ait uydu görüntüsü.



Şekil 2. Mevcut pompa grubuna ait görseller



Şekil 3. Mevcut pompa grubunun 2022 yılı aylık çalışma saatleri verileri.

Tablo 1. Mevcut pompa grubuna ait bilgiler.

Açıklamalar	Pompa 1	Pompa 2
Motor Gücü	22 KW	22 KW
Motor devir	2945 dev/dak	2945 dev/dak
Motor cos (aktif güç çarpanı)	0,91	0,91
Pompa Marka	Standart	Standart
Pompa Modeli	SKMVH 40/6	SKMVH 40/6
Pompa İmal Yılı	2015	2015
Pompa Gücü	22 KW	22 KW
Pompa Devir	2950	2950
Pompa Debisi (Q)	7 l/s - 25,2 m ³ /s	7 l/s - 25,2 m ³ /s
Pompa Basma Yüksekliği (H)	166m	166m
Motor R Fazı	36 A	33 A
Motor S Fazı	35 A	33 A
Motor T Fazı	35 A	32 A
Gerilim Faz-Nötr 1	235 V	235 V
Gerilim Faz-Nötr 2 (Voltaj)	235 V	235 V
Gerilim Faz-Nötr 3 (Voltaj)	235 V	235 V
Gerilim Faz-Faz arası (Voltaj)	407 V	407
Pompa Ölçülen Debi (m ³)	7,5 lt/s - 27 m ³	6,3 lt/s - 23 m ³
Motor Tipi	Q2E PA 180M2A-KI-H	Q2E PA 180M2A-KI-H
Motor İmal Yılı	2015	2015
Motor Gücü	22 KW	22 KW
Pompalar 1+2 Çalışma Debi (m ³)	9,4 lt/s - 34 m ³	
Pompalar 1+2 Çalışma Enerji	44 kW	

Boru Tipi

Çelik

Çelik



Şekil 4. Ölçümlerde kullanılan cihazlar.

Mevcut pompalara ait ölçümlerde; Şekil 4’de fotoğrafları verilen motor, amper ve voltaj ölçümlerinde FLUKE 345 PQ marka pens ampermetre ve debi ölçümlerinde TRANSPORT PT900 marka ultrasonik debi ölçer cihazları kullanılmış, Şekil 5’de mevcut pompa grubuna ait yerinde yapılan debi ölçümlerine ait görseller verilmiştir.



Şekil 5. Mevcut pompa grubuna ait debi ölçümleri.

Tesiste yapılan debi ölçümleri sonucunda;

- 1. pompa için debi değeri 27 m³/h – 7,5 lt/s
- 2. pompa için debi değeri 23 m³/h – 6,3 lt/s
- 1+2 pompaların aynı anda çalışırken debi değeri 34 m³/h – 9,5 lt/s

Selahiye terfi merkezinde bulunan motopomplar 1+1 sistem üzerine kurulmuştur. Fakat nüfusun ve oranının artması sonucu su ihtiyacı artmış olup tesiste 4 ay boyunca mevcut 2 pompanın beraber çalıştığı gözlemlenmiştir. Hat, mevcut 2 pompa beraber çalıştığında yetersiz olduğu ve debinin düştüğü ölçümlerle tespit edilmiştir. Tesislerin SCADA tarafından alınan mevcut pompalara ait Şekil 2’de gösterilen çalışma saatleri grafiği incelendiğinde, Haziran – Eylül ayları arasında 2 pompanın aynı anda ve yoğun çalıştığı görülmüştür. Bu aylar arasında mevcut pompalar günlük

ortalama 19 saat birlikte çalışmaktadır. Hattın, boru basınç kaybı, kullanma suyu hızları ve Re sayıları hesaplanarak Tablo 2’de gösterilmektedir; Denklem 1’de Toplam emme-basma yüksekliği (H_T) formülü verilmektedir. Verilen denklemde (H_S) statik emme-basma yüksekliğini, (H_L) sürtünme kayıplarını ve (H_V) hız faktörüne bağlı kayıpları belirtmektedir. Hattın, boru basınç kaybı, kullanma suyu hızları ve Re sayıları hesaplanarak Tablo 2’de gösterilmektedir;

$$H_T = H_S + H_L + H_V \quad (1.)$$

2 pompanın aynı anda ve en yüksek çalıştığı zaman dilimi Ağustos ayıdır. Toplamda 1 ay içinde 2 pompa 1366 saat çalışmıştır. Ağustos ayında 2 pompanın da yüksek saatli çalışmasından 1+2 motorun çalıştığı zamana göre debi alınıp günlük ihtiyaç debisi çıkartılmalıdır. 2 pompa beraber çalışırken hattan 34 m³/h su geçmektedir. 2 pompanın beraber çalıştığı 22 saatlik zamana ve 2. pompanın 23 m³/h debi değeriyle 2 saat fazla çalışmasına göre toplam günlük debi (Q) hesabı yapılırsa;

$$H_T = 154,57 \text{ m}$$

- 34 m³/h x 22 h = 748 m³
- 23 m³/h x 2 h = 46 m³

Deponun günlük debi ihtiyacı toplam 794 m³/gün olarak hesaplanır.

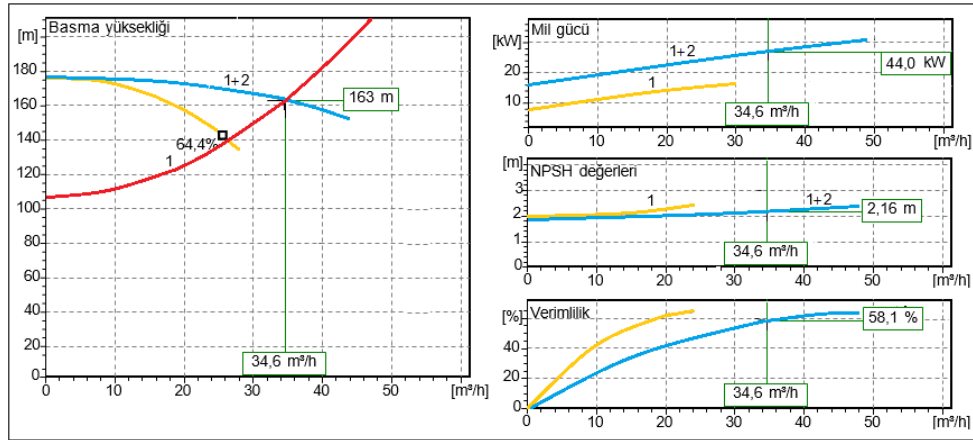
Tablo 2. Su iletim hattı basınç kaybı, hız ve Re değerleri tablosu.

Malzeme Tanımı	Birimi	Miktarı	Birim Kayıp (mSS)	Toplam Kayıp (mSS)	Hız (m/sn)	Reynold Sayısı
Ø110 PE 16 ATÜ Boru	Metre	30	0,013	0,395	1,223	93.284,092
Ø100 Döküm Sürgülü Vana	Adet	1	0,012	0,012	1,089	88.074,063
Ø100 Çelik 90° Dirsek	Adet	4	0,037	0,147	1,089	88.074,063
Ø100 Döküm Sürgülü Vana	Adet	2	0,012	0,024	1,089	88.074,063
Ø100 Çelik Boru	Adet	1,5	0,018	0,027	1,089	88.074,063
Ø110 PE 90° Dirsek	Adet	2	0,037	0,073	1,223	93.284,092
Ø110 PE 45° Dirsek	Adet	1	0,018	0,018	1,223	93.284,092
Ø100 Döküm Sürgülü Vana	Adet	1	0,012	0,012	1,089	88.074,063
Ø110 PE 16 ATÜ Boru	Metre	1183,16	0,013	15,576	1,223	93.284,092
Ø110 PE - Ø125 PVC Genişleme	Adet	1	0,026	0,026	1,185	91.831,820
Ø125 PVC 16 ATÜ Boru	Metre	982,72	0,007	7,198	0,870	78.692,827
Ø125 PVC 45° DİRSEK	Adet	2	0,017	0,034	0,870	78.692,827
Ø125 PVC 90° DİRSEK	Adet	1	0,034	0,034	0,950	81.881,008
Ø125 PVC - Ø110 PVC Redüksiyon	Adet	1	0,026	0,026	1,185	91.831,820
Ø110 PVC 16 ATÜ Boru	Metre	181,39	0,017	3,086	1,153	90.583,200
Ø110 PE 16 ATÜ Boru	Metre	667,81	0,013	8,792	1,223	93.284,092
Ø110 PE - Ø125 PVC Genişleme	Adet	1	0,026	0,026	1,185	91.831,820
Ø125 PVC 10 ATÜ Boru	Metre	210,78	0,007	1,544	0,870	78.692,827

Ø125 PVC TE Parçası	Adet	1	0,020	0,020	0,870	78.692,827
PVC Ø125 - PE Ø110 Redüksiyon	Adet	1	0,026	0,026	1,185	91.831,820
Ø110 PE 10 ATÜ Boru	Metre	162,62	0,013	2,141	1,223	93.284,092
Ø110 PVC 90° DİRSEK	Adet	1	0,037	0,037	1,153	90.583,200
Ø110 PVC 16 ATÜ Boru	Metre	633,73	0,017	10,780	1,153	90.583,200
Ø110 PVC 45° Dirsek	Adet	1	0,367	0,367	1,153	90.583,200
Ø100 Çelik TE Parçası	Adet	1	0,024	0,024	1,089	88.074,063
Ø100 ÇELİK Boru	Metre	8,38	0,018	0,150	1,089	88.074,063
Ø100 Döküm Sürgülü Vana	Adet	1	0,012	0,012	1,089	88.074,063
Toplam Basınç Kaybı (mSS)			50,594			

2.1. Yeni Pompa Seçimi

Yeni pompa seçiminde temel kriter, ölçülmüş maksimum debi ihtiyacının tek bir pompa ile sağlanabildiği enerji verimi daha yüksek bir pompa grubu olacaktır. Gelecekteki nüfus artışı ve kuraklık dönemi tarımsal sulama ihtiyaçları değişkenlik göstereceği için 1+1 pompa sistemi uygun olacaktır. Yeni pompa seçiminde Standart Pompa, pompa seçim programı kullanılmıştır. Şekil 5’de mevcut pompa grubunun birlikte çalışma durumlarına ait pompa grafikleri verilmiştir. Yeni pompa grubu seçimi Standart Pompa, Pompa Seçim Programı ile yapılmıştır.



Şekil 5. Mevcut pompa grubunun (SKMVH 40/6) birlikte çalışmaları durumuna ait pompa grafikleri.

Şekil 5’deki mevcut pompa grubuna ait grafikler incelendiğinde 1. Pompa devrede iken verimin %64,4 olduğu fakat 1+2 pompalar birlikte devredeyken toplam 44,0kW güç çekildiğinde; Basma yüksekliğinin 163m, debinin 34,6m³/h, verimin %58,1 olduğu görülmektedir.

Tablo 3’de yeni pompa grubuna ait bilgiler ve Şekil 7’de yeni pompa grubuna ait montaj sonrası saha fotoğrafları verilmektedir.

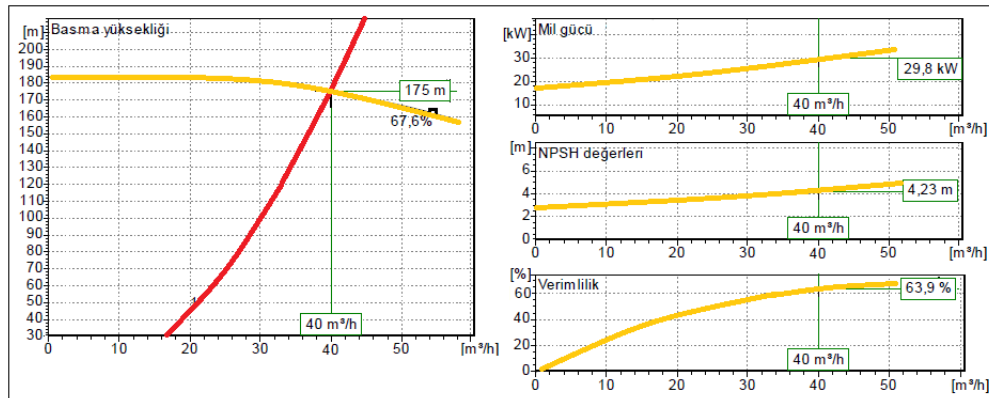
Tablo 3. Yeni pompa grubuna ait bilgiler.

Açıklamalar	Pompa 1	Pompa 2
-------------	---------	---------

Motopomp Türü	Yatay Milli	Yatay Milli
Motor Marka	WAT	WAT
Motor Gücü	37 KW	37 KW
Motor devir	2950 dev/dak	2950 dev/dak
Pompa Marka	Standart	Standart
Pompa Modeli	SKM 50C-4	SKM 50C-4
Pompa Gücü	37 KW	37 KW
Pompa Devir	2950	2950
Pompa Debisi (Q)	11,11 l/s - 40 m ³ /h	11,11 l/s - 40 m ³ /h
Pompa Basma Yüksekliği (H)	175m	175m
Pompa Ölçülen Debi (m ³)	12,5 lt/s - 45,2 m ³ /h	12,66 lt/s - 45,7 m ³
Motor Gücü	34,4 KW	32,3 KW
Pompalar 1+2 Çalışma Debi (m ³)	12,5 lt/s - 45 m ³	
Pompalar 1+2 Çalışma Debi (kW)	34,4	
Boru Tipi	Çelik	Çelik



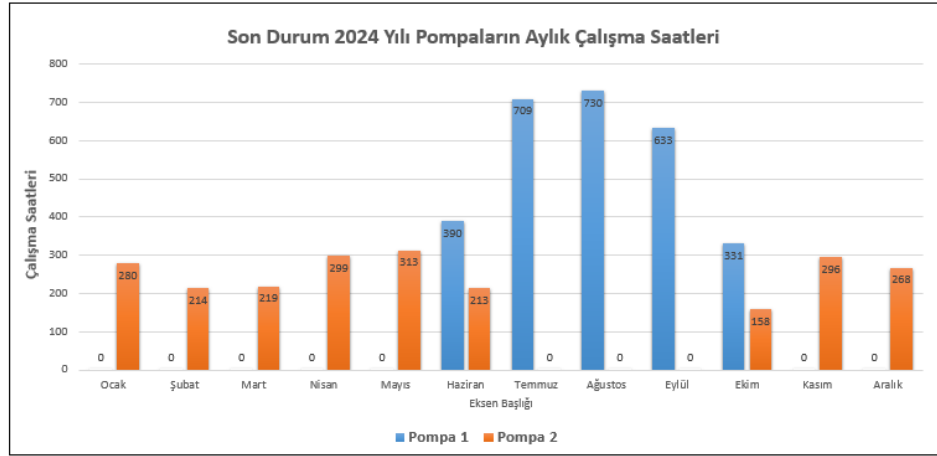
Şekil 7. Yeni pompa grubu montaj sonrası görselleri.



Şekil 8. Yeni pompa grubunda (SKM 50C/4 Tek pompanın çalışma durumuna ait pompa grafikleri.

Şekil 8'deki yeni pompa grubuna ait grafikler incelendiğinde sadece 1. Pompa devrede iken 29,8kW güç çekildiğinde; basma yüksekliğinin 175m, debinin 40,0m³/h, verimin %63,9 olduğu

tespit edilmiştir. Ayrıca Şekil 9'daki yeni pompa grubuna ait SCADA sisteminden alınan 2024 yılı çalışma saatleri incelendiğinde, tek pompa Ağustos ayında toplam 730 saat çalışmıştır.



Şekil 9. Yeni pompa grubunun 2024 yılı aylık çalışma saatleri verileri.



Şekil 10. Yeni pompa grubuna ait enerji tüketim ve debi ölçümleri.

Çalışmamızda mevcut pompa sisteminin 2022 yılı çalışma saatleri, yeni pompa grubunun 2024 yılı çalışma saatleri temel alınmıştır, çünkü pompa değişimi 2023 yılında yapılmış ve yeni pompa grubunun enerji tüketim karşılaştırmasının doğru yapılabilmesi adına, 2024 yılı boyunca çalışması incelenmiştir.

3. Sonuçlar

İnceleme ve hesaplamalarda terfi edilen birim m^3 su miktarına karşılık, harcanan kW cinsinden enerji miktarı enerji verimliliği açısından öncelikli kriter olarak belirlenmiştir. 2022 mevcut pompa grubunun toplam birlikte çalışmış oldukları saatler ile bastıkları su miktarı ve 2024 yılında pompaların tek ve değişmeli çalıştıkları işletme şartlarını Tablo 4'de karşılaştırmalı olarak ele alınmaktadır.

Tablo 4. Eski ve yeni pompa grupları kW/m^3 karşılaştırma tablosu

	Pompaların Çalışma Durumu	Toplam Çalışma Saati	Saatlik Harcanan Elektrik Gücü (kW/h)	Toplam Elektrik Gücü (kW)	Sağlanan Debi (m3/h)	Toplam Sağlanan Debi (m3)	kW/m3
Mevcut Pompa Grubu	1+2 birlikte	565,00	22,00	12.430,00	25,20	14.238,00	1,16
	1. pompa	1.056,00	22,00	23.232,00	25,20	26.611,20	
	2. pompa	2.472,00	44,00	108.768,00	34,00	84.048,00	
	Toplam			144.430,00		124.897,20	
Yeni Pompa Grubu	1. pompa	2.793,00	34,00	94.962,00	45,00	125.685,00	0,76
	2. pompa	2.260,00	34,00	76.840,00	45,00	101.700,00	
	Toplam			171.802,00		227.385,00	

Sonuç olarak eski pompa grubu 1m³ su terfi edebilmek için 1,16kW enerji harcamasına karşılık, yeni pompa grubu 0,76KW enerji harcamıştır. Buradan önceki duruma göre %34,48 enerji verimliliği elde edilmiştir.

Referanslar

- [1] Kürşat Şenol, G., & Karakuş, C. (2017). Mühendis ve Makina cilt 58, sayı 687, s. 1-16. *Engineer and Machinery*, 58, 1–16.
- [2] Strunk Commission Regulation (EU). (2012). Implementing Directive 2009/125/EC of the European Parliament and of the Council with regard to ecodesign requirements for water pumps. *Official Journal of the European Union*, 165(547), 28–36.
- [3] Kulik, M. (n.d.). *a visual Life Cycle Analysis for architects and policymakers*.
- [4] Xenergy Inc. (2002). *United States Industrial Electric Motor Systems Market Opportunities Assessment*. December, 386.