



## İSKİ Terfi Merkezleri için SCADA Sistemlerinde Raporlama Yazılımı Oluşturma ve Verimliliğe Etkisinin Analizi

### Creating Reporting Software in SCADA Systems for ISKI Pumping Stations and Analysis of Effect on Productivity

Kadirhan KARAKAYA<sup>1,\*</sup> , Birol ARİFOĞLU<sup>2</sup> 

<sup>1</sup> Elektrik Mühendisliği, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye, **Orcid:** 0000-0003-1817-4917

<sup>2</sup> Elektrik Mühendisliği, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye, **Orcid:** 0000-0003-0323-5860

#### Araştırma Makalesi

Gönderilme Tarihi : 06/06/2021

Kabul Tarihi : 18/08/2021

#### Anahtar Kelimeler

Pompa Verimliliği  
Raporlama Sistemi  
Sanal Debimetre  
SCADA

#### Özet

Su dağıtım şebekelerinde kullanılan SCADA sistemleri ile su iletiminin kesintisiz ve verimli bir şekilde sağlanması amaçlanmaktadır. Bu doğrultuda sistemde kullanılan pompaların seçimi ve debimetre ölçümleri önem arz etmektedir. Bu çalışma kapsamında yazılım ile geliştirilen raporlama sistemi sayesinde terfi merkezlerinde bulunan su pompalarının verimliliğinin analiz edilmesi hedeflenmiş ve gerçekleştirilmiştir. Ayrıca ilgili terfi merkezinde bulunan diğer ekipmanlar hakkında da teknik bilgilerin elde edilmesi sağlanmıştır. Yazılım tarafından oluşturulan raporlar günlük veya aylık olarak alınabilmektedir. Bununla birlikte debimetresi olmayan tesisler için de yazılım ile sanal debimetreler oluşturulmuştur. Sanal debimetreler ile anlık olarak pompa bazında verimlilik analizinin yapılması da sağlanmıştır. Bu sayede verimliliği arttırmak için yazılım ile operatör uyarılabilmektedir. Sanal debimetrelerin bu tür durumlar için hızlı ve ucuz çözüm olduğu görülmüştür.

#### Research Paper

Received Date : 06/06/2021

Accepted Date : 18/08/2021

#### Keywords

Pump Efficiency  
Reporting System  
Virtual Flow Meter  
SCADA

#### Abstract

With SCADA systems used in water distribution networks, it is aimed to ensure uninterrupted and efficient water transmission. To achieve this, the selection of the pumps used in the system and the flow meter measurements are important. Within the scope of this study it was aimed and realized to analyze the efficiency of the water pumps in the pumping stations with the reporting system developed with the software. In addition, it was ensured that technical information about other equipment in the relevant pumping station was obtained. The reports generated by the software can be received daily or monthly. Moreover, virtual flow meters have been created with software for stations that do not have flow meters. It is also ensured to perform instantaneous pump-based efficiency analysis with virtual flow meters. In this way, the operator can be warned with the software for the need to increase productivity. In conclusion, virtual flow meters have been found to be a quick and inexpensive solution for such situations.

## 1. Giriş

Su dağıtım şebekelerinin gözlemlenmesi ve denetimi için kullanılan SCADA sistemi, su dağıtımının izlenmesini ve kontrolünü sağlar. SCADA sistemleri ile geniş bir coğrafyaya yayılmış olan terfi merkezleri, barajları ve arıtma tesislerini tek bir merkez üzerinden gözetleme imkânı vardır. İlgili merkezlerde bulunan ekipmanların

durumu hakkında bilgi sahibi olunması dışında, ekipmanları kontrol etme şansı da tanınır. Su dağıtımının kesintisiz bir şekilde sunulması çok önemlidir. Bunun için SCADA sistemi ile ilgili bilgiler ışığında sistemde oluşan arızaları, hatlardan geçen su miktarları, güç ve enerji bilgileri, depo ve baraj seviyeleri, pompaların ve vanaların durumu gibi bilgiler gözlemlenmektedir. Sistemde bulunan ekipmanlardan olan pompaların verimliliğini hesaplamak,

\* Sorumlu Yazar (Corresponding Author): [karakayakadirhan@gmail.com](mailto:karakayakadirhan@gmail.com)



ne kadar süre ile çalıştığını görmek gibi eylemleri kolaylıkla yazılım sayesinde yorumlanıp, ilgili sonuçlar ışığında çalışmalar yapılabilir. Sistemde pompa seçimi için ilk önce istenilen pompa sayısı, debi bilgisi, basma yüksekliği gibi bilgiler belirlenmelidir. Bu bilgiler belirlendikten sonra pompa karakteristik eğrisi bilgileri gözlemlenmelidir. Verimlilik analizinde temel alınacak bazı bilgiler basınç, harcanan güç, debi miktarı gibi etkenler önem arz etmektedir. Bu çalışmada, ilgili matematiksel formüller yardımı ile SCADA sistemine entegre edilen yazılım sayesinde günlük ya da aylık olacak şekilde verimlilik hesabı yapıldı. Bu bilgiler ışığında ilgili pompa seçimleri, pompaların etiket bilgileri temel alınarak aylık veya yıllık değişimlerine karşılık verimlilik durumu analiz edildi.

## 2. Malzeme ve Yöntem

Su dağıtım sistemlerinde bulunan ekipmanlardan biri olan motopomp, yani su pompalarının yeri çok önemlidir. Pompalar ilgili giriş hattından suyu alır ve çıkış hattına yönlendirir. Yönlendirme esnasında sudan kaynaklı bir basınç değeri, suyun miktarı yani debisi, suyu iletirken pompanın harcadığı güç ve motor devir sayısı gibi birçok faktör önem arz etmektedir.

Bu kriterleri karşılamak için pompaların ihtiyaç doğrultusunda seçilmesi gerekmektedir. Bu ihtiyaç faktörünün yanında suyun iletildiği lokasyonda bulunan insan yoğunluğuna bağlı olarak talep miktarı ve lokasyonlar arası mesafeler önem arz etmektedir. İlgili lokasyonlardaki nüfus yoğunluğu ve coğrafi koşullar doğrultusunda terfi merkezinde bulunan pompaların özellikleri ve sayıları belirlenmelidir. Bu özellikler kullanılarak pompaların istenilen basma yüksekliğini karşılaması ve istenilen debi miktarının kolayca verebilmesi için hesaplamalar yapılmaktadır. Pompa sayısı belirlenip seçimler yapıldıktan sonra pompaların etiket bilgisi ve karakteristik değerleri ile pompaların deneysel olarak verdikleri değerlerin yakın olup olmadığının kontrol edilmesi gerekmektedir.

Sistemde önceden çalışmakta olan pompaların performansını gözlemek, sistemdeki yapı hakkında bilgi sahibi olmamıza fayda sağlamaktadır. Yeni seçilen pompalar etiket bilgisinde bulunan veriler gibi istenilen performansta çalışmayabilir. Devrede olan ve çalışan pompaların da verimlilik durumunu gözlemek, sistemin devamlılığı açısından önem arz etmektedir. Bu bilgileri gözlemek, doğru bilgiye ulaşmak adına SCADA sistemine entegre edilen raporlama sistemi sayesinde bu verilerin doğruluğu gözlemlendi. Bu verileri elde etmek için, raporlama sistemi sayesinde taleplerin karşılanıp karşılanmadığını veya yeni seçilen pompaların etiket bilgisindeki bilgileri karşılayıp karşılamadığını

gözlemek mümkün olacaktır. Bunun için ilgili algoritma, C# programlama dili ile oluşturulup verimlilik analizi yapılmıştır. Bu yazılım ile oluşturulan raporlama sistemi sayesinde terfi merkezlerinin ekipman durumu baz alınarak ilgili bilgiler, veri tabanı tarafından alınarak bir raporlama sistemi oluşturulmuştur.

Şekil 1.'de bir örneği verilen raporlamada, depo ya da baraj seviye bilgisi, debimetre bilgileri, pompanın çektiği güç bilgileri, AG gerilim ve  $\cos\phi$  değeri, pompa çalışma saatleri, giriş ve çıkış basınç bilgileri bulunmaktadır. Bu bilgiler istenilen periyodlar ışığında veri tabanından çekilerek, yazılım yardımı ile bir Excel belgesi içine yazdırılır. Bu bilgiler ile verim hesabı aşağıdaki formülden hesaplanabilmektedir [1].

$$\eta = (Debi \times Basınç \times 10) \div (Toplam \text{ Güç} \times 367) \quad (1)$$

Denklem 1'de 367 ifadesi katsayıyı ifade etmektedir. Bu katsayı istenilen değer  $m^3/h$  cinsinden elde edilmesini sağlar. Basınç ile 10 sayısının çarpımı metre cinsinden basma yüksekliğini vermektedir.  $\eta$  ifadesi verimi, debi ifadesi debimetreden geçen anlık su miktarını, basınç ifadesi ise çıkış basıncı ile giriş basıncı arasındaki fark, toplam güç ifadesi ise pompalardan çekilen güç anlamını taşımaktadır.

Terfi merkezlerindeki ilgili hat için ne kadar su gerektiğini hesaplamak adına, ihtiyaç faktörü insan alınmaktadır. İnsan sayısı temel alınarak günlük ortalama ne kadar su tüketileceğini hesaplamak için 2 nolu denklem kullanılır [2]. 2500 kişinin talep ettiği ortalama su miktarı temel alınarak kullanılan debi formülü;

$$Q = (2500 \text{ insan} \times 100 \text{ lt/insan}) \div (86400 \text{ s}) = 2.89 \text{ lt/sn} = 250m^3/gün \quad (2)$$

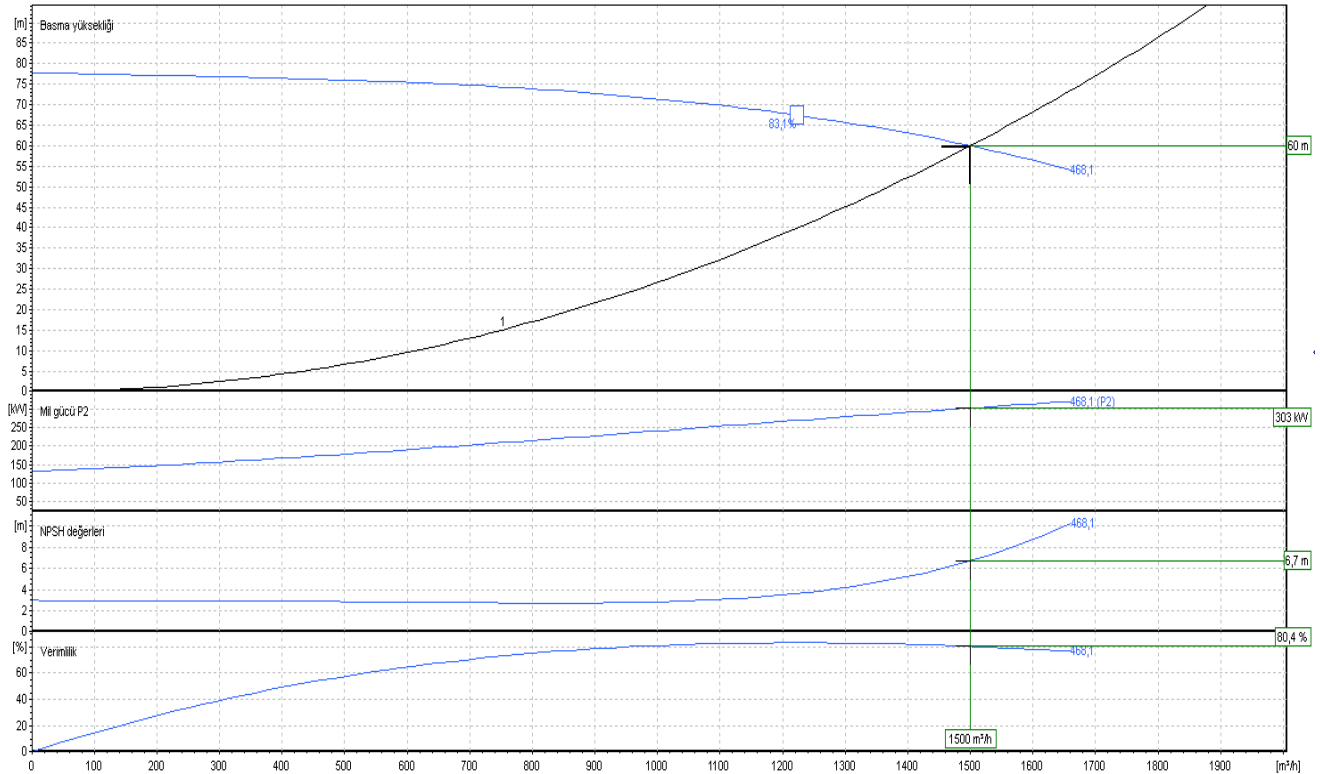
Denklem 2'de bulunan Q ifadesi, 2500 kişinin günlük su ihtiyacı anlamını taşımaktadır. Temel olarak 1 insanın günde 100 litre su tükettiği kabul edilmektedir. 86400 saniye ifadesi ise bir güne karşılık gelen ifadedir. İlgili hesaplama sonucu 2500 kişinin ihtiyacı olan su miktarı hesaplanmış oldu. Bu veriler neticesinde, insan sayısı baz alınarak pompa seçimi yapılmaktadır. Pompa seçimi yapılırken istenilen debi miktarı kadar harcayacağı güç, NPSH (Net Positive Suction Head) değeri ve devir sayısı gibi etkenler de önemlidir. NPSH değeri o pompanın emme gücünü ifade etmektedir. Bu etkenler temel alınarak pompalar için bir karakteristik eğri çıkartılmaktadır. Şekil 2.'de bir örneği verilen karakteristik eğri, ilgili grafikler yardımı ile istenilen debi miktarına karşılık, harcayacağı güç miktarını, pompanın o andaki maksimum verimlilik durumunu ve basma yüksekliğini göstermektedir. Karakteristik eğrilerden elde edilen bilgiler, motorlarda bulunan etiket bilgisi ifadesi anlamını taşımaktadır [3]. Seçimi yapılan pompaların

devreye alındıktan sonraki davranışlarını incelemek adına hazırlanan raporlama sistemi, bu bilgileri SCADA ekranında inceleme olanağı sunmaktadır. Raporlama sistemi

sadece yeni eklenen pompalar için değil, önceden devrede bulunan pompaların verimlilik analizini, ilgili değerler ışığında gözlemlenmesini de mümkün kılmaktadır.

TERKOS İKİTELLİ TERFİ MERKEZİ																											
Günlük Faaliyet Raporu																											
1	28.05/2020	POMPA LARINI VERDİĞİ DEBİ (m <sup>3</sup> /h)							ELEKTRİK DEĞERLERİ				ÇEKİLEN GÜÇLER (KW)							BASINÇ (bar)			BARAJ				
		SAAT	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	P-6	P-7	η <sub>p</sub> (Q <sub>HN</sub> /867 <sup>1/4</sup> ) SAZLIDERE İKİTELLİ ARITMA	TOPLAM TERFİ DEN BASILAN SU MİKTARI (m <sup>3</sup> /h)	AO GERİLİM (V)	COŞUŞU	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	M-6	M-7	TR1 TOPLAM GÜÇ (KW)	TR2 TOPLAM GÜÇ (KW)	TR3 TOPLAM GÜÇ (KW)	BASINÇ SAZLIDERE İKİTELLİ ARITMA	DEPO / BARAJ SEVİYESİ (ortalama) / GİRİŞ BASINCI	NET POMPA BASINCI SAZLIDERE İKİTELLİ ARITMA	BARAJ SEVİYESİ (metre)
6	08				17978				0.79	17978	0	0	2670	0	2720	0	2750	0	0	0	4800	0	8090	13.32	0.23	13.08	3.33
7	09				17960				0.79	17960	0	0	2660	0	2720	0	2750	0	0	0	5210	0	8090	13.31	0.23	13.08	3.33
8	10				17982				0.79	17982	0	0	2670	0	2720	0	2750	0	0	0	5210	0	8090	13.31	0.23	13.08	3.33
9	11				21778				0.78	21778	0	0	2470	0	2500	0	2630	1380	2170	0	5200	0	10840	14.27	0.21	14.08	3.33
10	12				22328				0.78	22328	0	0	2420	0	2430	0	2480	1440	2390	0	5200	0	11140	14.49	0.20	14.29	3.33
11	13				22344				0.78	22344	0	0	2420	0	2440	0	2480	1440	2390	0	5270	0	11140	14.49	0.20	14.29	3.33
12	14				21912				0.78	21912	0	0	2420	0	2430	0	2480	1440	2390	0	7630	0	11140	14.49	0.20	14.29	3.33
13	15				22008				0.77	22008	0	0	2420	0	2430	0	2480	1440	2380	0	7630	0	11120	14.49	0.20	14.29	3.33
14	16				22040				0.77	22040	0	0	2420	0	2430	0	2480	1440	2380	0	7630	0	11140	14.5	0.21	14.29	3.33
15	17				21984				0.77	21984	0	0	2420	0	2430	0	2470	1440	2380	0	7630	0	11120	14.5	0.19	14.31	3.33
16	18				22048				0.77	22048	0	0	2420	0	2430	0	2480	1440	2380	0	7620	0	11120	14.49	0.20	14.29	3.33
17	19				22032				0.77	22032	0	0	2420	0	2430	0	2470	1440	2380	0	7630	0	11120	14.49	0.20	14.29	3.33
18	20				21898				0.76	21898	0	0	2420	0	2430	0	2470	1440	2380	0	7620	0	11120	14.48	0.20	14.29	3.33
19	21				21992				0.77	21992	0	0	2420	0	2430	0	2480	1440	2380	0	7620	0	11120	14.48	0.20	14.29	3.33
20	22				13560				0.49	13560	0	0	2010	0	2280	0	2300	1340	2210	0	7060	0	8160	13.57	0.21	13.36	3.33
21	23				12160				0.40	12160	0	0	2680	0	2310	0	2410	1430	1680	0	4420	0	5830	13.02	0.23	12.79	3.32
22	24				21808				0.77	21808	0	0	2410	0	2420	0	2470	1440	2370	0	7640	0	11200	14.52	0.20	14.32	3.33
23	01				21984				0.77	21984	0	0	2420	0	2430	0	2460	1440	2380	0	7620	0	11130	14.49	0.20	14.29	3.32
24	02				21920				0.77	21920	0	0	2420	0	2440	0	2480	1440	2390	0	6050	0	11150	14.49	0.19	14.30	3.32
25	03				21982				0.77	21982	0	0	2420	0	2430	0	2460	1440	2390	0	5210	0	11140	14.48	0.19	14.29	3.32
26	04				22178				0.77	22178	0	0	2430	0	2440	0	2480	1460	2390	0	5200	0	11180	14.48	0.20	14.29	3.32
27	05				21938				0.77	21938	0	0	2420	0	2430	0	2460	1440	2380	0	5210	0	11120	14.5	0.20	14.30	3.32
28	06				17112				0.58	17112	0	0	2570	0	2800	0	2190	1400	2180	0	2820	0	8420	13.72	0.22	13.50	3.32
29	07				12258				0.75	12258	0	0	2770	0	2820	0	0	0	0	0	4920	0	5570	12.82	0.24	12.68	3.33
30	Top Hat Debi				483192					483192											140050	0	242060				
31	Toplam Çalışma Saati												23.82	0	22.82	0	22.81	18.86	18.07								

Şekil 1. Bu çalışma için hazırlanan raporlama sisteminden elde edilen bilgiler



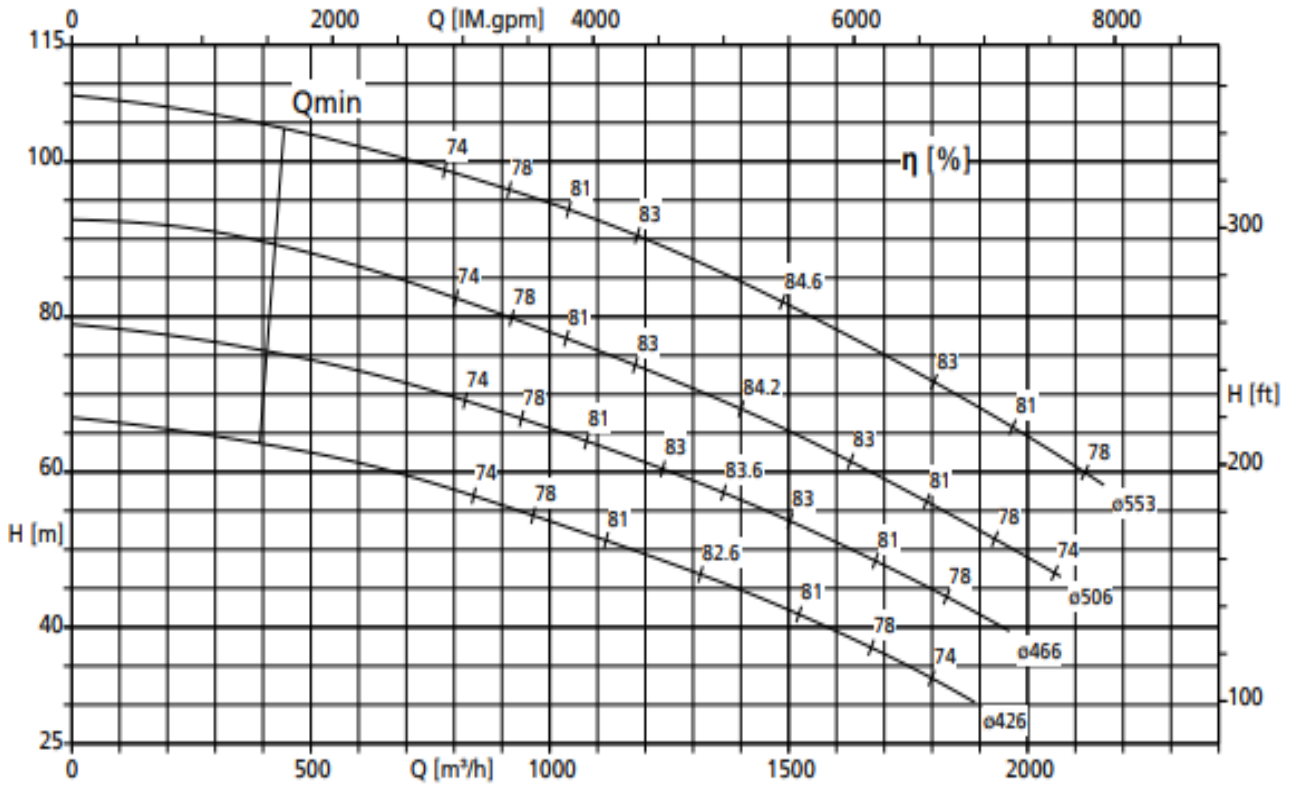
Şekil 2. Örnek bir pompanın debiye göre basma yüksekliği, mil gücü, NPSH değeri ve verim karakteristik eğrisi.

### 3. Bulgular ve Tartışma

Su dağıtım sistemindeki hatlarda bulunan pompaların seçimi için ilk önce pompaların karakteristik eğrilerinden yola çıkılarak istenilen debi, basınç ve verim değerleri alınması gerektiği bir önceki bölümde anlatılmıştı. Bunun için bu veriler ışığında analiz gerçekleştirmek gerekmektedir. İstanbul'un Gaziosmanpaşa ilçesinde bulunan Beşyüzevler terfi merkezinde, ilgili sistem için seçilen ilk 2 pompanın seçimi 1993 yılında gerçekleşmiştir. Şekil.3.'te bir örneği verilen karakteristik eğri, 1993

yılındaki şartlara göre pompa seçiminde basma yüksekliği olarak 60 m, basması gereken su miktarı saatlik olarak 1343 m<sup>3</sup>/h ve pompa motoru devir sayısı 1471 d/dk olarak belirlenmiştir [4]. Pompadaki bilgiler ilgili firma tarafından karakteristik eğrileri üzerinden de sunulmaktadır. Bu karakteristik eğride belirtilen aralıklar, pompanın nasıl bir davranış göstereceğini görmemize fayda sağlamaktadır.

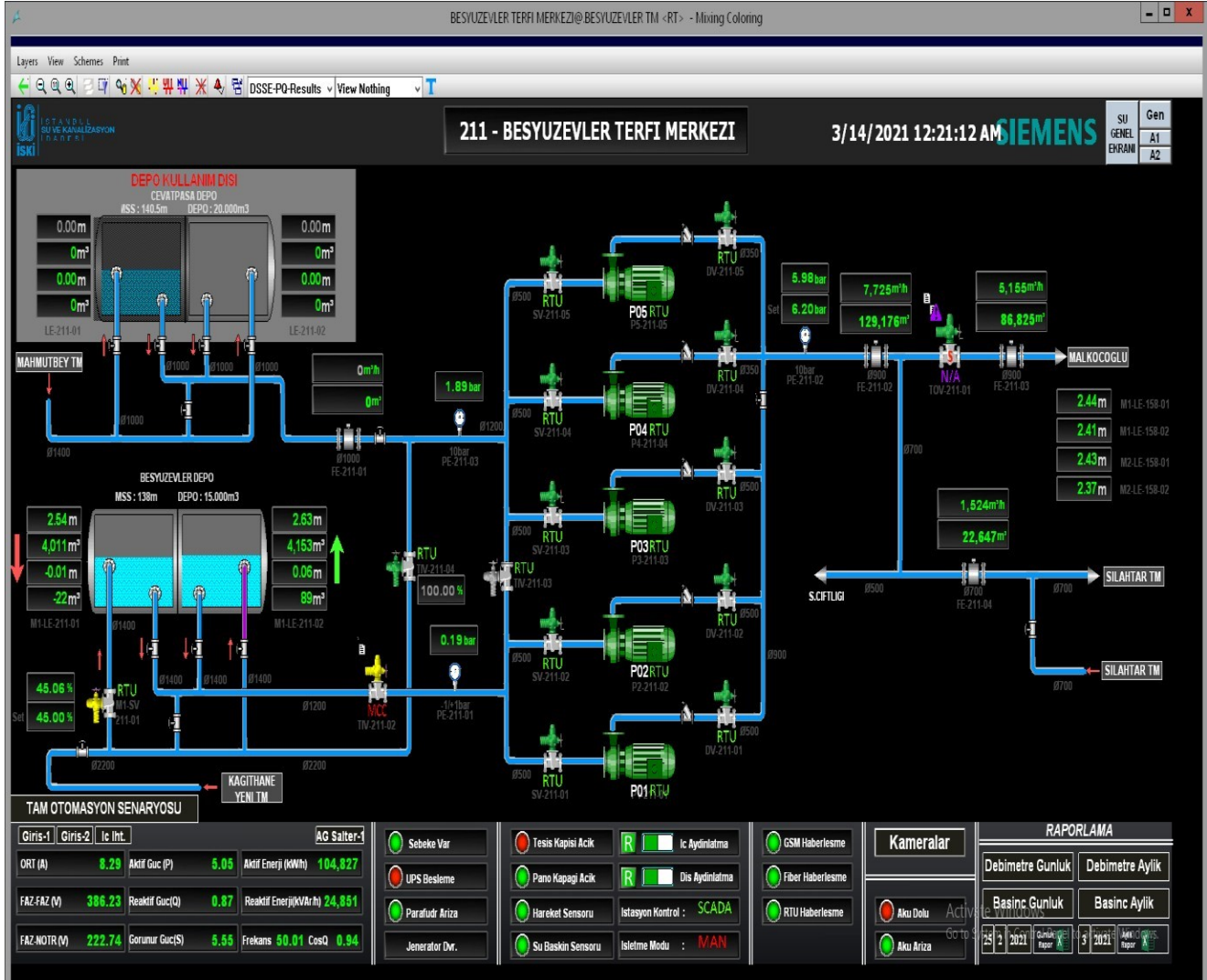
Karakteristik eğride elde edilen sonuçlar o pompanın firma tarafından kendi testleri sonucunda elde ettiği bilgilerdir. Bu bilgiler pompanın etiket bilgisi olarak kabul edilmektedir.



Şekil 3. 1993 yılında Beşyüzevler terfi merkezine eklenen OMEGA 300-560B pompa karakteristik eğrisi

Terfi merkezlerinde hatlar üzerinden iletilen su ihtiyacı o coğrafyada bulunan insanların yoğunluğuna göre ayarlanmaktadır. Bunun için ilgili sistemi kurarken insan faktörü temel alınmakta ve gelecek yıllardaki değişimleri de hesaplayarak sistem kurulmaktadır. Beşyüzevler terfi merkezinde 1993 yılında bu hesaplara uygun olacak şekilde 2 adet OMEGA 300-560B pompa eklenmiştir. Nüfusun artması sebebiyle terfi merkezi şu anda 5 adet pompa ile hizmet vermektedir. Su dağıtım tesislerinde ilgili pompaların çalışma prensibi ana pompalar devrede iken, acil bir durum oluşması durumunda yedek pompaların devreye girerek su açığını kapatması amaçlanmaktadır. Geçen zamanla beraber 5 pompanın da gerekli debi miktarını verememesi ve artan nüfustan dolayı pompaların

yetersiz kalması nedeniyle, ilgili pompalarda değişime gidilmesi gerektiğini ortaya çıkarmıştır. Bunun sebebi 5 pompanın da sürekli çalışma durumunda olması ve bir arıza durumunda yedek bir pompanın bulunmamasıdır. Ayrıca pompaların etiket bilgilerinde bulunan, vermesi gereken debi miktarlarını verememesi bu sorunu ortaya çıkarmıştır. İlgili pompaların hangi verimlilikle çalıştığı konusunda ise hesaplama yapılması gerekmektedir. Bu yüzden tasarladığım SCADA sistemine entegre edilen raporlama sistemi ile pompaların verimi, formül hesabı üzerinden incelenmesine olanak sağlamaktadır. Bu sayede verimi az olan pompaların gerekli bakımları veya değişimleri sağlanabilir.



Şekil 4. Beşyüzevler terfi merkezi SCADA sayfası

Beşyüzevler terfi merkezinde hatlarda bulunan pompaların verimlilik durumunu tespit etmek için hazırlanacak raporlama sistemi ile pompaların verimlilikleri kolayca gözlemlenebilecektir. Beşyüzevler terfi merkezini diğer terfi merkezlerinden ayıran bir başka özelliği ise 2 adet giriş basıncının olmasıdır. Pompa 1 ve 2 suyu depodan alıp iletirken, diğer pompalar direkt hattan su almaktadır. Terfi merkezinde bulunan pompaların hat çıkışında sadece 1 adet debimetre bulunduğu için pompalar bazında ne kadar su basıldığı belirlenememektedir. Bu problemin giderilmesi için yazılım ile sanal debimetreler oluşturulması hedeflenmiştir.

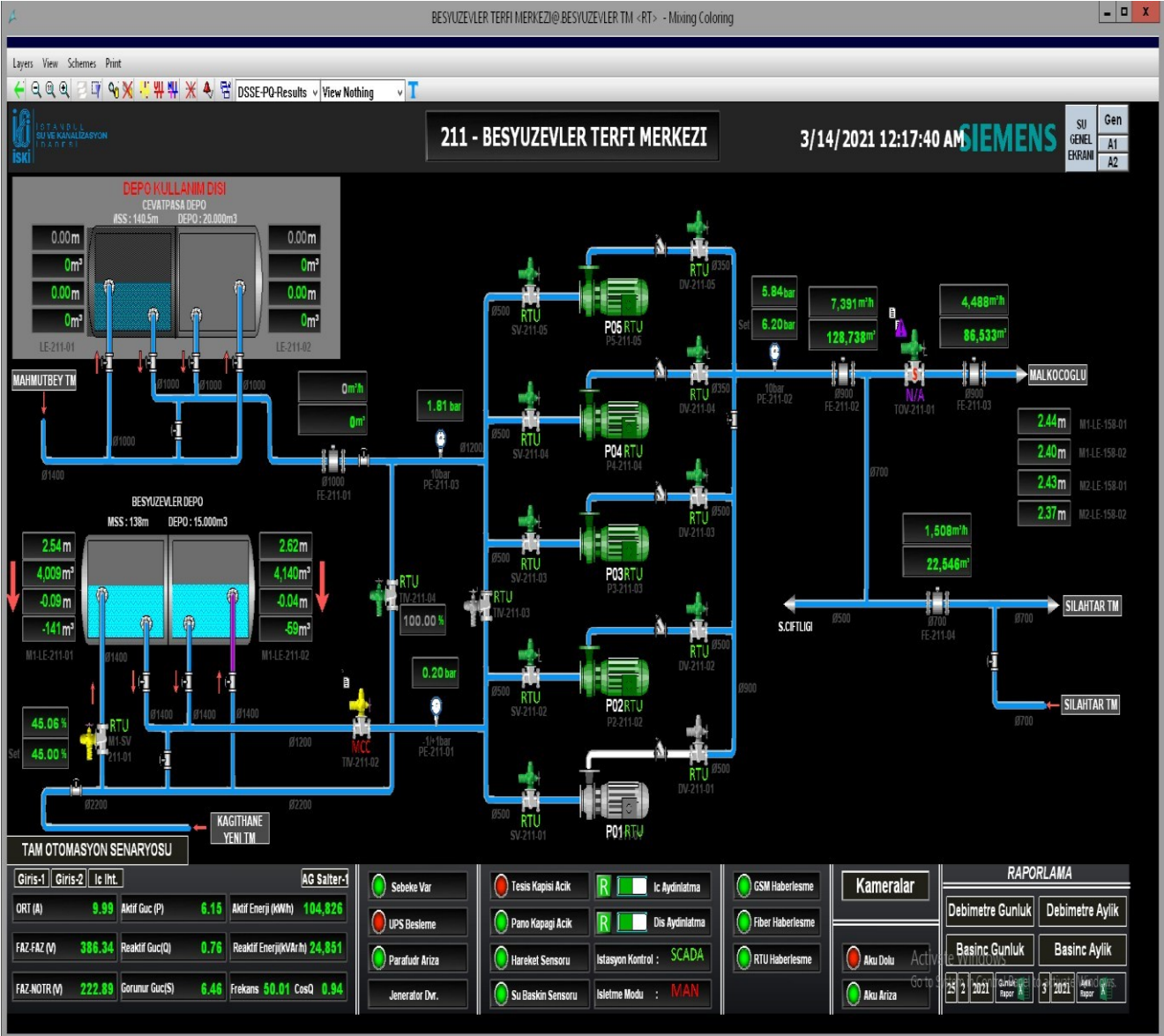
### 3.1. Sanal Debimetre Oluşturma

Sanal debimetre pompa bazında hattan ne kadar su

geçtiğini matematiksel yöntemle tespit etmemizi sağlamaktadır.

Sanal debimetreyi oluştururken pompaların ilgili karakteristik eğrileri ve etiket bilgileri referans alınarak hesaplama yapıldı. Bunun için ilk önce ilgili pompaların günümüzdeki durumunu görmek adına terfi merkezi teste tabi tutuldu. Test işlemi, tüketicuyu etkilememek için talebin az olduğu zaman olan saat 24'ten sonra yapıldı. Bu test sonucunda ilk iki pompanın çıkışına yazılım ve hesaplamalar sonucunda sanal debimetreler eklendi.

Şekil 4.'te bir örneği verilen SCADA ekranı, teste başlamadan önce Beşyüzevler terfi merkezindeki verilerin ve ekipmanların durumunu göstermektedir. Teste ilk önce pompa 1 ile başlanmıştır. Hattan basılan su miktarı belli olduğundan dolayı pompa 1 devreden çıkarıldığında hattan geçen su miktarı azalmış ve verimlilik formülü sayesinde pompanın verimliliği hesaplanmıştır.



Şekil 5. Pompa 1'in devre dışı bırakıldığı durum

Şekil 5.'te bir örneği verilen Beşyüzevler terfi merkezinde, pompa 1 devreden çıkarıldığında hattın geçen debi miktarı 7391 m<sup>3</sup>/h olarak gözlemlendi. Bu bilgiler neticesinde hesaplama yapıldı.

$$\text{Debi Farkı} = 7725 \text{ m}^3/\text{h} - 7391 \text{ m}^3/\text{h} = 334 \text{ m}^3/\text{h} \quad (3)$$

$$\text{Basınç Kaybı} = 5.84 \text{ bar} - 0.2 \text{ bar} = 5.64 \text{ bar} \quad (4)$$

Denklem 3.'te bulunan 7725 m<sup>3</sup>/h ilk debi değeri, 7391 m<sup>3</sup>/h değeri ise pompa devreden çıktığı andaki değerdir. Denklem 4.'te bulunan 5.64 bar değeri, net basınç değeridir. Pompanın çektiği güç olan 173 kW değeri, pompanın çektiği ortalama güç değeridir. Pompa devreden çıkarıldığında eksilen debi miktarı kaydedildi. Denklem 5.'de belirtilen güç değeri, debi farkı ve basınç kaybı

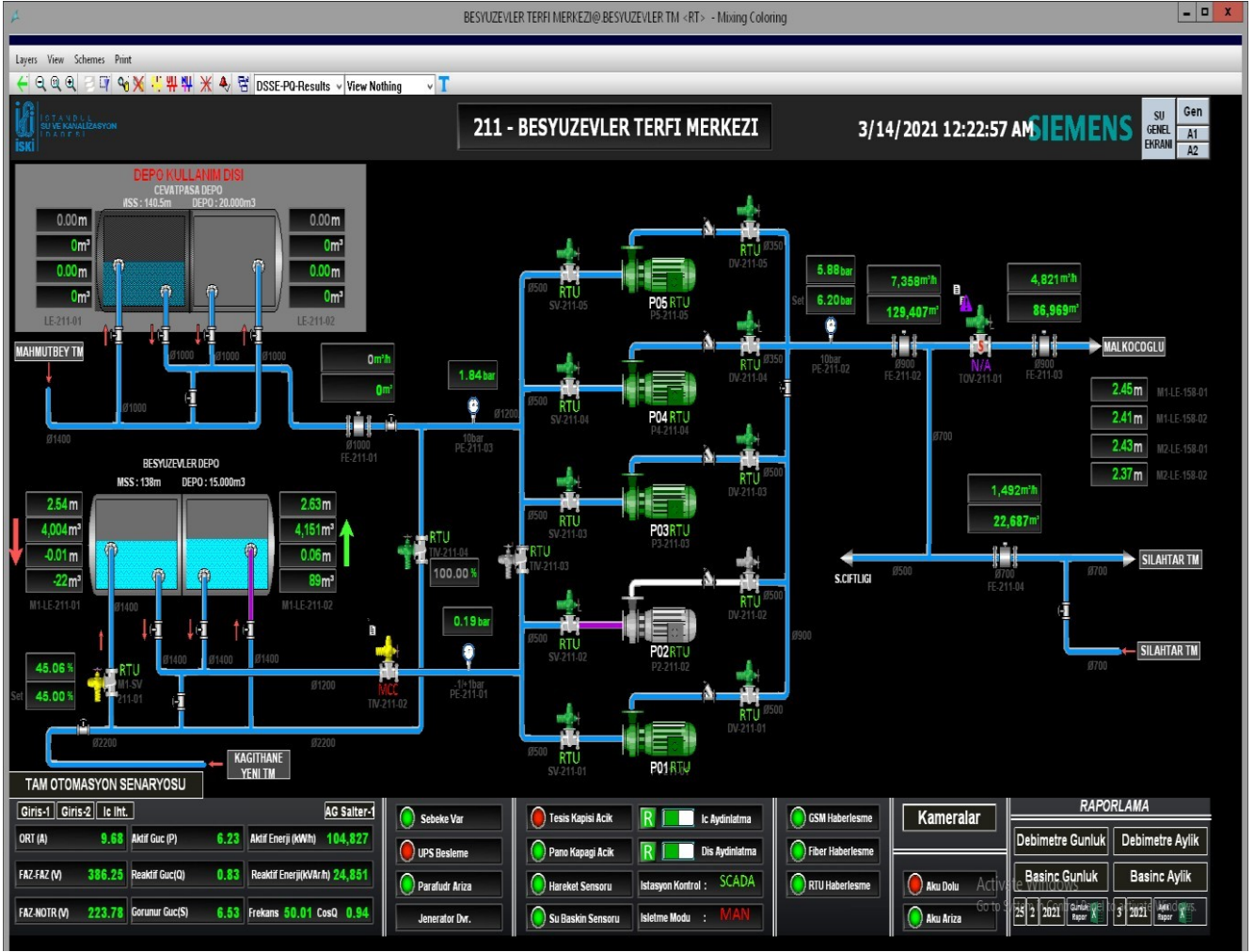
bilgileri pompanın verim formülünde verilmiştir. Denklem 6.'da bu bilgi ışığında verim hesaplanmıştır.

$$\eta = \frac{(\text{Debi Farkı} \times \text{Basınç Kaybı} \times 10)}{(\text{Pompa Gücü} \times 367)} \quad (5)$$

$$\eta = \frac{(334 \text{ m}^3/\text{h} \times 5.64 \text{ bar})}{(173 \text{ kW} \times 367)} = \%29.6 \quad (6)$$

Denklem 6.'da bulunan sonuç incelendiğinde, hattın kayıpsız olduğu düşünüldüğü durum için pompa 1'deki verimliliğin etiket bilgisindeki %80-%85 değerinden yaklaşık %30 değerlerine indiği tespit edilmiştir.

Aynı bilgiler ışığında pompa 2 için de aynı test uygulandı. Bunun için bütün pompalar çalışırken sadece pompa 2 devreden çıkartılarak debi farkı kaydedilmiştir.



Şekil 6. Pompa 2'nin devreden çıkarıldığı durum

Şekil 6.'da bir örneği verilen Beşyüzevler terfi merkezinde, pompa 2 devreden çıkarıldığında hattın geçen debi miktarı 7358 m<sup>3</sup>/h olarak gözlemlendi. Bu bilgiler neticesinde hesaplama yapıldı.

$$Debi\ Farkı = 7776\ m^3/h - 7358\ m^3/h = 418\ m^3/h \quad (7)$$

$$Basınç\ Kaybı = 5.88\ bar - 0.19\ bar = 5.69\ bar \quad (8)$$

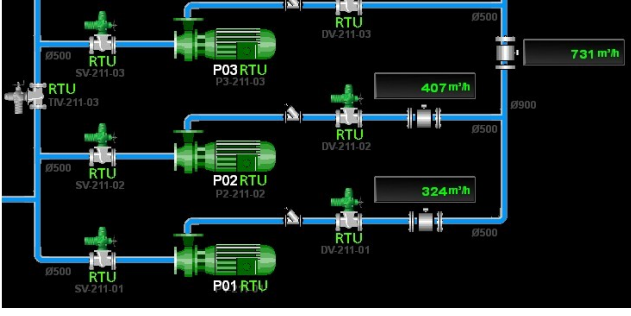
Denklem 7.'de bulunan 7776 m<sup>3</sup>/h ilk debi değeri, 7358 m<sup>3</sup>/h değeri ise pompa devreden çıktığı andaki değerdir. Denklem 8.'de bulunan 5.69 bar değeri net basınç değeridir. Pompanın çektiği güç olan 169,33 kW değeri pompanın çektiği ortalama güç değeridir. Pompa devreden çıkarıldığında eksilen debi miktarı kaydedildi. Denklem 9.'da belirtilen güç değeri, debi farkı ve basınç kaybı bilgileri pompanın verim formülünde verilmiştir. Denklem 10.'da bu bilgi ışığında verim hesaplanmıştır.

$$\eta = (Debi\ Farkı \times Basınç\ Kaybı \times 10) \div (Pompa\ Gücü \times 367) \quad (9)$$

$$\eta = (418\ m^3/h \times 5.69\ bar \times 10) \div (169,33\ kW \times 367) = \%38.2 \quad (10)$$

Denklem 10.'da bulunan sonuç incelendiğinde, hattın kayıpsız olduğu düşünüldüğü durum için pompa 2'deki verimliliğin etiket bilgisindeki %80-%85 değerinden yaklaşık %40 değerlerine indiği tespit edilmiştir.

Test sonucu elde edilen bilgiler ışığında, formüllerden elde edilen bilgileri anlık takip etmek için yazılım ile sanal debimetreler oluşturulmuştur. Bu sayede ilgili pompa hatlarından geçen debi miktarı tespit edilmiştir. Oluşturulan sanal debimetreler, pompaların çektiği güçlerin anlık değişimi ve hat üzerinde bulunan basınç bilgilerinin anlık değişimlerini hesaplayarak, o anda pompanın vereceği debi bilgisini göstermektedir. İlgili 2 pompanın debimetreleri pompa hat çıkışlarına eklenmiştir. Pompalar çalıştığında ilgili yazılım sayesinde pompa hattının debi miktarı kullanıcıya bildirilmiştir. Değişen değerler ile debi değeri anlık olarak değişerek gözlemlenmiştir. Şekil 7.'de bulunan 2 debimetrenin toplamı, ana hatta tek debimetre gösterimi şeklinde eklenmiştir.



Şekil 7. Sanal debimetreler ekran gösterimi

### 3.2. Raporlama Sistemi

Sanal debimetre oluşturma konusu yukarıdaki başlıkta anlatılmıştı. Bu terfi özelinde yazılım ile hazırlanan raporlama sisteminde sanal debimetreler raporlamaya eklenmiştir. Ayrıca sanal debimetreler de SCADA görüntü ekranında ilgili pompaların yanında gösterilmiştir.

Raporlama sisteminde, terfi merkezi içinde bulunan depo ya da baraj seviye bilgisi, debimetre bilgileri, pompanın çektiği güç bilgileri, alçak gerilim ve  $\cos\phi$  değeri, pompa çalışma saatleri, net basınç, giriş ve çıkış basınç bilgileri bulunmaktadır. Buradan elde edilen bilgiler de raporlama sayfasına eklenmiştir.

Raporlama sistemindeki amaç, ilgili verileri tek tek hesaplamak yerine yazılım sayesinde tek tuşla istenilen

düzende elde etmektir. Bu veriler SCADA sisteminin veri tabanından çekilerek elde edilir ve raporlama sayfasına yazdırılmaktadır. İSKİ terfi merkezlerindeki bütün merkezlere bu raporlama sistemi işlenmektedir. Bu sayede İstanbul'da bulunan baraj ve terfi merkezlerinin çalışma durumları gözlemlenebilecek, hatların istenilen suyu verip vermediği takip edilebilecektir.

Bu veriler ışığında, veri tabanında bulunmayan verimlilik analizi, ilgili formüller ile hesaplatılarak terfi bazında hatların verimliliği analiz edilecektir. Bu analiz sayesinde verimsiz çalışan hatlar tespit edilecek, verimliliğini arttıracak şekilde pompaların ve hatlarda bulunan ekipmanların bakımı yapılacak, gerekiyorsa pompaların ömrüne bağlı olarak değişimi de sağlanabilecektir. Bu sayede hatlarda istenilen basınç değerleri ve istenilen debi miktarları elde edilebilecek ve hattın sürekliliği sağlanacaktır.

Beşyüzevler terfi merkezinde bu raporlama sistemi sayesinde hatların verimliliği gözlemlenmiştir. Hat üzerinde istenilen suyun verilememesi, coğrafi duruma göre pompaların yetersiz kalması gibi etkenlerden dolayı raporlama sisteminden de bu terfinin durumu gözlemlenmiştir. Faaliyet raporları, Şekil 8.'den de görüldüğü gibi günlük raporlama sayfası olarak, Şekil 9.'da ise aylık raporlama sayfası olarak görülmektedir.

BESYUZEVLER TERFİ MERKEZİ																														
Günlük Faaliyet Raporu																														
14.04.2021	POMPA LARIN VERDİĞİ DEBİ (m³/h)						ELEKTRİK DEĞERLERİ					ÇEKİLEN GÜÇLER (kW)								BASINÇLAR(Bar)				DEPO						
SAAT	P-1	P-2	P-3	P-4	P-5	η(Q)H(m367N) MALKOÇLU SİLİHTAR S CİFTLİĞİ POMPA 1-2	η(Q)H(m367N) MALKOÇLU SİLİHTAR S CİFTLİĞİ POMPA 3-4-5	TOPLAM TERFİDEN BASILAN SU MİKTARI (m³/h)	TR1 OG GERİLİM (KV)	TR2 OG GERİLİM (KV)	AG GERİLİM (V)	cosφ1	M-1	M-2	M-3	M-4	M-5	GİRİŞ-1 TOPLAM Güç (kW)	GİRİŞ-1 TOPLAM Enerji(kWh)	GİRİŞ-2 TOPLAM Güç (kW)	GİRİŞ-2 TOPLAM Enerji(kWh)	BASINÇ POMPA 1-2	BASINÇ POMPA 3-4-5	DEPO / BARAJ SEVİYESİ (ortalama) / GİRİŞ BASINÇI POMPA 1-2	DEPO / BARAJ SEVİYESİ (ortalama) / GİRİŞ BASINÇI POMPA 3-4-5	NET POMPA BASINÇI POMPA 1-2	NET POMPA BASINÇI POMPA 3-4-5	DEPO SEVİYE 1 (Metre)	DEPO SEVİYE 2 (Metre)	
08	770.75	6840	0.35	0.73	7610.75	6	5.9	381.44	0.96	182.15	171.72	0	255.36	260.53	523.63	5.14	770	7.48	6.16	6.16	0.28	2.09	5.88	4.07	3.66	3.67				
09	781.44	6864	0.35	0.72	7645.44	5.97	5.9	377.97	0.96	182.39	172.62	0	255.05	260.51	530	5.15	770	7.48	6.1	6.1	0.29	2.05	5.81	4.05	3.70	3.71				
10	777.02	6936	0.35	0.71	7713.02	5.9	5.9	376.28	0.96	181.63	172.14	0	253.79	259.35	530	5.13	770	7.44	6.12	6.12	0.29	2.22	5.83	3.90	3.73	3.74				
11	786.83	7056	0.35	0.69	7842.83	5.9	5.82	378.16	0.96	182.44	172.74	0	253.26	258.38	530	5.16	770	7.44	6.07	6.07	0.30	2.32	5.77	3.75	3.80	3.82				
12	797.12	7080	0.35	0.69	7877.12	5.9	5.8	377.91	0.96	182.99	172.98	0	252.99	258	530	5.18	770	7.41	6.02	6.02	0.30	2.27	5.72	3.75	3.86	3.87				
13	813.16	7176	0.35	0.69	7989.16	5.9	5.8	382.62	0.96	184.11	173.99	0	252.36	257.91	530	5.2	770	7.41	5.94	5.94	0.30	2.26	5.64	3.68	3.89	3.90				
14	789	7248	0.35	0.70	8037	5.9	5.8	377.62	0.96	181.45	171.93	174.16	252.2	257.59	530	5.14	806.24	7.81	6.05	6.05	0.31	2.37	5.74	3.68	3.93	3.95				
15	719.95	7752	0.35	0.82	8471.95	5.9	5.8	378.98	0.88	170.48	163.51	192.54	254.33	260	527.93	4.87	1046.65	10.23	6.28	6.28	0.34	2.22	5.94	4.06	4.10	4.13				
16	719.84	7752	0.35	0.85	8471.84	5.9	5.8	380.31	0.86	170.8	163.52	192.91	254.27	260.37	500	4.87	1060	10.25	6.32	6.32	0.36	2.26	5.96	4.06	4.31	4.34				
17	722.31	7872	0.35	0.84	8594.31	5.9	5.9	382.29	0.86	170.61	163.34	193.6	253.71	259.4	500	4.87	1060	10.25	6.28	6.28	0.36	2.33	5.92	3.95	4.29	4.35				
18	734.02	7944	0.35	0.83	8678.02	5.9	5.9	386.15	0.86	171.16	164.09	194.18	253.09	258.91	500	4.9	1060	10.25	6.19	6.19	0.34	2.33	5.85	3.86	4.07	4.13				
19	726.63	7944	0.35	0.83	8670.63	5.93	5.9	386.95	0.86	164.8	164.01	193.69	252.76	258.34	490.72	4.8	1060	10.2	6.14	6.14	0.32	2.28	5.82	3.86	3.84	3.90				
20	512.08	7704	0.26	0.98	8216.08	6	5.9	384.77	0.86	129.62	170.54	197.58	252.57	258.59	283.38	2.98	1060	10.28	5.89	5.89	0.32	2.19	5.57	3.70	3.72	3.78				
21	729.76	7920	0.35	0.83	8649.76	6	5.9	381.54	0.96	170.78	163.7	193.34	253.49	258.92	493.76	4.89	1060	10.27	6.16	6.16	0.30	2.29	5.86	3.87	3.63	3.68				
22	724.96	7872	0.35	0.83	8596.96	5.96	5.9	382.56	0.97	170.51	163.6	193.35	253.42	259.2	510	4.87	1060	10.23	6.19	6.19	0.28	2.24	5.91	3.95	3.51	3.57				
23	719.02	7824	0.35	0.84	8543.02	5.9	5.9	384.54	0.97	170.3	163.24	193.26	253.95	259.71	503.73	4.86	1060	10.23	6.21	6.21	0.27	2.21	5.94	4.00	3.40	3.46				
24	769.1	7128	0.35	0.86	7897.1	5.97	5.9	386.47	0.97	175.46	167.35	168.22	225.94	260.96	504.63	5	956.67	9.31	6.02	6.02	0.25	1.63	5.77	4.39	3.25	3.31				
01	551.45	7392	0.30	0.92	7943.45	6	5.9	388.94	0.97	141.16	165.47	186.62	255.1	260.9	383.04	3.62	1038.45	10.2	6.29	6.29	0.26	2.18	6.03	4.11	3.21	3.24				
02	763.2	6984	0.36	0.68	7747.2	6	5.99	389.18	0.97	166.07	171.98	0	253.4	258.99	530	5.14	770	7.44	6.19	6.19	0.27	2.44	5.92	3.75	3.47	3.49				
03	790.37	7056	0.35	0.69	7846.37	6.03	6	388.61	0.97	182.96	173.28	0	253.43	259.12	530	5.18	770	7.44	6.04	6.04	0.27	2.31	5.77	3.73	3.58	3.59				
04	812.08	7128	0.35	0.70	7940.08	6.08	6	387.93	0.97	184.32	174.07	0	253.33	258.94	530	5.21	770	7.44	5.92	5.92	0.28	2.16	5.64	3.76	3.63	3.64				
05	758.7	6864	0.35	0.70	7622.7	6	6	388.8	0.97	180.93	171.89	0	253.51	260.28	530	5.13	770	7.47	6.24	6.24	0.29	2.32	5.95	3.92	3.69	3.71				
06	750.4	6888	0.35	0.70	7638.4	6.02	6	391.26	0.97	180.74	172.04	0	254.36	260.21	530	5.13	770	7.47	6.32	6.32	0.30	2.45	6.02	3.87	3.81	3.83				
07	764.8	6936	0.35	0.70	7700.8	6.1	6	390.59	0.97	181.21	172.16	0	254.05	259.91	530	5.13	770	7.45	6.23	6.23	0.31	2.37	5.92	3.86	3.93	3.95				
Top Hat Debiisi	17783.98	176160			193943.98								23.26	23.86	11.75	23.75	23.29	12080.8	117.55	21568	208.88									
Toplam Çalışma Saati																														

Şekil 8. Raporlama sistemi günlük faaliyet rapor sayfası





### Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması belirtilmemiştir.

### Etik Standartlar Beyanı

Yazarlar bu çalışmada kullanılan materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve yasal-özel izin gerektirmediğini beyan eder.

### Kaynaklar

- [1] [https://wilo-il.com/wilo\\_initial\\_line\\_pompa\\_gucu\\_he\\_sabi.html](https://wilo-il.com/wilo_initial_line_pompa_gucu_he_sabi.html), (Erişim tarihi: 15.04.2021).
- [2] Gullu A., 2018. SCADA Assisted Control of Biological Treatment Plants: Subaşı Example, The Eurasia Proceedings of Science, Technology, Engineering & Mathematics (EPSTEM), 4, 127-131.
- [3] <https://www.standartpompa.com/tr/pompa-secim-programi/detay/Pompa-Secim-Programi/48/56/0>, (Erişim tarihi:23.03.2021).
- [4] [http://goodluckmkt.com/pdf/industrial\\_pump/OMEGA/OMEGA\\_CHARATRISTIC\\_CURVES\\_BOOKLET.pdf](http://goodluckmkt.com/pdf/industrial_pump/OMEGA/OMEGA_CHARATRISTIC_CURVES_BOOKLET.pdf), (Erişim tarihi: 14.04.2021).
- [5] Karakuş C., Şenol Kürşat G., 2017. Pompa ve Pompaj Sistemlerinde Enerji Tasarrufu Uygulamaları. Mühendis ve Makina, 58, 1–16.
- [6] Moreno M., Carrion P.A., Planells P., Ortega J. F., Tarjuelo J.M. 2007. Measurement and Improvement of the Energy Efficiency at Pumping Stations. Options Mediterraneennes: Seri B, Etudes et Recherches, I(56), 353-366.
- [7] Yumurtacı Z., Sarıgül A. 2011. Santrifüj Pompalarda Enerji Verimliliği ve Uygulamaları. TMMOB MMO Tesisat Mühendisliği Dergisi, (122), 49-58.
- [8] İncekara B., 2017. “Pompalarda Sürücülerle Enerji Verimliliği,” [https://www.emo.org.tr/ekler/50634dca302a46c\\_ek.pdf](https://www.emo.org.tr/ekler/50634dca302a46c_ek.pdf), (Erişim tarihi: 31.03.2021).
- [9] ABB. “Pompalarda Hız Kontrol Cihazı Uygulamaları,” <http://slideplayer.biz.tr/slide/2395688/>, (Erişim tarihi: 24.03.2021).