

**T.C.
MANİSA CELAL BAYAR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ELEKTRİK ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
ELEKTRİK-ELEKTRONİK MÜHENDİSLİĞİ BİLİM DALI**

**AKILLI ŞEBEKE VE ŞEHİRLERDE SU POMPA İSTASYONLARI İÇİN
ENERJİNİN VERİMLİ YÖNETİMİ: İZSU ÖRNEĞİ**

Cem GERÇEK

**Danışman
Prof. Dr. Sezai TAŞKIN**



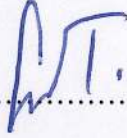
MANİSA-2019

TEZ ONAYI

Cem GERÇEK tarafından hazırlanan "**AKILLI ŞEBEKE VE ŞEHİRLERDE SU POMPA İSTASYONLARI İÇİN ENERJİNİN VERİMLİ YÖNETİMİ: İZSU ÖRNEĞİ**" adlı tez çalışması 22/08/2019 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri önünde Manisa Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü **Elektrik-Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak başarı ile savunulmuştur.

Danışman

Prof. Dr. Sezai TAŞKIN
Manisa Celal Bayar Üniversitesi

.....

Jüri Üyesi

Dr. Öğretim Üyesi Cemile BARDAK
Manisa Celal Bayar Üniversitesi

.....

Jüri Üyesi

Doç. Dr. Merih PALANDÖKEN
İzmir Katip Çelebi Üniversitesi

.....

TAAHHÜTNAME

Bu tezin Manisa Celal Bayar Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü'nde, akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını ve kullanılan tüm literatür bilgilerinin referans gösterilerek tezde yer aldığını beyan ederim.

Cem GERÇEK



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
İÇİNDEKİLER	I
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	III
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IV
TABLO DİZİNİ	VII
TEŞEKKÜR.....	IX
ÖZET.....	X
ABSTRACT.....	XI
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER	5
2.1 Akıllı Şehirler	5
2.1.1 Akıllı Şehircilikte Kullanılan Teknoloji Örnekleri	8
2.1.2 Akıllı Şehir Uygulamalarındaki Zorluklar	9
2.1.3 Akıllı Şehir Uygulamalarındaki Riskler	9
2.2 Akıllı Şebekeler	10
2.2.1 Akıllı Şebekenin Temel Bileşenleri	12
2.2.2 Mevcut Şebekeler ile Akıllı Şebekelerin Karşılaştırması	13
2.2.3 Akıllı Şebekelerin Ana Hedefi	14
2.2.4 Akıllı Şebekelerin Avantajları.....	15
2.2.5 Akıllı Şebeke Uygulamaları	15
2.3 Enerji Verimliliği	16
2.3.1 Türkiye’de ve Dünyada Enerji Verimliliği Politikaları	17
2.3.2 Endüstride Enerji Verimliliği	21
2.4 Enerjinin Verimli Yönetimi	26
2.4.1 Enerjinin Yönetimi Nedir.....	26
2.4.2 ISO 50001 Standardı	26
2.4.3 Enerji Yönetiminin Amaçları	27
2.4.4 Enerji Yönetim Sistemlerinin Faydaları.....	28
2.5 Pompa (Terfi) İstasyonları.....	28
2.5.1 Pompa İstasyonları Temel Elemanları	28
2.5.2 Pompaların Bağlantı Şekilleri	36
2.5.3 Pompa İstasyonlarında Sistemin Kontrolü.....	39
3. MATERYAL VE YÖNTEMLER	43
3.1 Tesisler	43
3.1.1 Göksu Pompa İstasyonu	46
3.1.2 Yahşelli Pompa İstasyonu	58
3.2 Kontrol Yöntemleri ve Enerji Verimliliği	63
3.2.1 Pompa Gücü Hesabı.....	64
3.2.2 Motorlarda Verim.....	65
3.2.3 SinaSave	65
4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA	67
4.1 Göksu Pompa İstasyonu	67
4.1.1 Kuyular.....	67
4.1.2 Pompa İstasyonu	75
4.2 Yahşelli Pompa İstasyonu	123
4.2.1 3 Numaralı Pompa.....	124
4.2.2 4 Numaralı Pompa.....	132
4.2.3 5 Numaralı Pompa.....	140

4.2.4	6 Numaralı Pompa.....	148
5.	SONUÇ VE ÖNERİLER.....	157
	KAYNAKLAR	160
	ÖZGEÇMİŞ	164



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AG	Alçak Gerilim
BSI	İngiliz Standartları Enstitüsü
CEMEP	Avrupa Elektrik Makinaları ve Güç Elektroniği İmalatçıları Komitesi
HFC	Hidroflorürkarbon
IBM	International Business Machines
IEC	International Electrotechnical Commission
IPCC	Hükümetler Arası İklim Değişikliği Paneli
İZSU	İzmir Su ve Kanalizasyon İdaresi
kW	Kilowatt
kWh	Kilowatt saat
PFC	Perflorokarbon
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition
UNICEF	United Nations International Children's Emergency Fund
YG	Yüksek Gerilim

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 1.1. 2017 yılı Türkiye elektrik enerjisi üretiminin kaynaklara göre dağılımı.....	4
Şekil 2.1. Akıllı şehirlerin temel bileşenleri	6
Şekil 2.2. Akıllı şehir uygulamaları	8
Şekil 2.3. Enerji kullanımında kazanımlar.....	17
Şekil 2.4. Enerji verimliliği.....	17
Şekil 2.5. 2017 yılı sektörlere göre elektrik tüketimleri	22
Şekil 2.6. Ömrü boyunca motorun maliyet oranı.....	23
Şekil 2.7. IEC 60034-30 ve IEC 60034-31 standartlarına göre verimlilik sınıfları...	24
Şekil 2.8. Elektrik motorları verim atlası.....	25
Şekil 2.9. Enerji verimliliğinde kayıpların oranı	25
Şekil 2.10. PUKO döngüsü.....	27
Şekil 2.11. Pompa tipleri.....	29
Şekil 2.12. Santrifüj pompa	30
Şekil 2.13. Dalgıç pompa montaj yapısı	31
Şekil 2.14. Yıldız bağlantı durumu	32
Şekil 2.15. Üçgen bağlantı durumu	33
Şekil 2.16. Reosta ile yol verme	34
Şekil 2.17. Motorlu vana.....	35
Şekil 2.18. Çekvalf (kollu - tilting tip).....	35
Şekil 2.19. Paralel bağlantı	36
Şekil 2.20. Paralel bağlamada pompa-debi ilişkisi	37
Şekil 2.21. Seri bağlantı	38
Şekil 2.22. Seri bağlamada pompa-debi ilişkisi.....	38
Şekil 2.23. Pompa istasyonlarında kesintili çalıştırma	39
Şekil 2.24. Kesintili çalışmada pompa çalışma eğrisi.....	39
Şekil 2.25. Çıkış (kısmı) vanası ile kontrol.....	40
Şekil 2.26. Kısmı vanası ile çalışmada pompa çalışma eğrisi.....	40
Şekil 2.27. Bypass vanası ile kontrol	41
Şekil 2.28. Bypass vanası ile çalışmada pompa çalışma eğrisi.....	41
Şekil 2.29. Hız ayarı ile kontrol	42
Şekil 2.30. Hız ayarı kontrolü ile çalışmada pompa çalışma eğrisi	42
Şekil 3.1. Göksu pompa istasyonu uydu görüntüsü	43
Şekil 3.2. İzmir içme suyu isale hatları.....	44
Şekil 3.3. 2018 yılı yeraltı su kaynakları üretim oranları dağılımı	46
Şekil 3.4. Göksu kuyuları	48
Şekil 3.5. Göksu pompa istasyonu pompa dairesi	51
Şekil 3.6. Göksu pompa istasyonu 2017 yılı su üretim ve enerji tüketim ilişkisi.....	55
Şekil 3.7. Göksu pompa istasyonu 2018 yılı su üretim ve enerji tüketim ilişkisi.....	55
Şekil 3.8. Göksu kuyuları kontrol paneli	56
Şekil 3.9. Göksu pompa istasyonu pompa durum izleme ekranı	56
Şekil 3.10. İZSU scada sistemi kontrol odası	57

Şekil 3.11. Yahşelli pompa istasyonu	58
Şekil 3.12. Yahşelli pompa istasyonu 2017 yılı su üretim ve enerji tüketim ilişkisi. 62	
Şekil 3.13. Yahşelli pompa istasyonu 2018 yılı su üretim ve enerji tüketim ilişkisi. 62	
Şekil 3.14. Boru hattı	64
Şekil 3.15. Elektrik motoru & verim	65
Şekil 3.16. SinaSave program görüntüsü	66
Şekil 4.1. Ultrasonik debimetre ile ölçüm	67
Şekil 4.2. Fluke 438-II motor & güç kalitesi analizörü	68
Şekil 4.3. SinaSave çalışma bilgileri girişi (8 numaralı kuyu)	70
Şekil 4.4. SinaSave mevcut durum ve önerilen durum (8 numaralı kuyu)	71
Şekil 4.5. Enerji Tasarrufu (8 numaralı kuyu)	72
Şekil 4.6. Amortisman süresi (8 numaralı kuyu)	73
Şekil 4.7. SinaSave çalışma bilgileri girişi (1 numaralı pompa).....	76
Şekil 4.8. SinaSave mevcut durum ve önerilen durum (1 numaralı pompa)	77
Şekil 4.9. Enerji Tasarrufu (1 numaralı pompa)	78
Şekil 4.10. Amortisman süresi (1 numaralı pompa)	79
Şekil 4.11. SinaSave mevcut durum ve önerilen durum (1 numaralı pompa)	80
Şekil 4.12. Enerji Tasarrufu (1 numaralı pompa)	81
Şekil 4.13. Amortisman süresi (1 numaralı pompa)	82
Şekil 4.14. 1 numaralı pompa için mevcut ve önerilen durum	83
Şekil 4.15. Enerji Tasarrufu (1 numaralı pompa)	84
Şekil 4.16. 1 nolu pompa amortisman süresi	85
Şekil 4.17. 1 numaralı pompa için mevcut ve önerilen durum	86
Şekil 4.18. 1 numaralı pompa için mevcut ve önerilen durum	88
Şekil 4.19. 1 numaralı pompa için mevcut ve örnek durum	90
Şekil 4.20. SinaSave çalışma bilgileri girişi (3 numaralı pompa)	92
Şekil 4.21. 3 numaralı pompa için mevcut ve önerilen durum	93
Şekil 4.22. Amortisman süresi (3 numaralı pompa)	94
Şekil 4.23. 3 numaralı pompa için mevcut ve önerilen durum	95
Şekil 4.24. Amortisman süresi (3 numaralı pompa)	96
Şekil 4.25. 3 numaralı pompa için mevcut ve önerilen durum	97
Şekil 4.26. Amortisman süresi (3 numaralı pompa)	98
Şekil 4.27. 3 numaralı pompa için mevcut ve önerilen durum	99
Şekil 4.28. 3 numaralı pompa için mevcut ve önerilen durum	101
Şekil 4.29. 3 numaralı pompa için mevcut ve önerilen durum	103
Şekil 4.30. SinaSave çalışma bilgileri girişi (4 numaralı pompa)	104
Şekil 4.31. Amortisman süresi (4 numaralı pompa)	105
Şekil 4.32. Amortisman süresi (4 numaralı pompa)	107
Şekil 4.33. Amortisman süresi (4 numaralı pompa)	108
Şekil 4.34. SinaSave çalışma bilgileri girişi (6 numaralı pompa)	111
Şekil 4.35. 6 numaralı pompa için mevcut ve önerilen durum	112
Şekil 4.36. Amortisman süresi (6 numaralı pompa)	113
Şekil 4.37. 6 numaralı pompa için mevcut ve önerilen durum	114
Şekil 4.38. Amortisman süresi (6 numaralı pompa)	115

Şekil 4.39. 6 numaralı pompa için mevcut ve alternatif durum.....	116
Şekil 4.40. Amortisman süresi (6 numaralı pompa)	117
Şekil 4.41. 6 numaralı pompa için mevcut ve önerilen durum	118
Şekil 4.42. 6 numaralı pompa için mevcut ve önerilen durum	120
Şekil 4.43. 6 numaralı pompa için mevcut ve önerilen durum	122
Şekil 4.44. SinaSave çalışma bilgileri girişi (3 numaralı pompa)	125
Şekil 4.45. 3 numaralı pompa için mevcut ve önerilen durum	126
Şekil 4.46. Amortisman süresi (3 numaralı pompa)	127
Şekil 4.47. 3 numaralı pompa için mevcut ve önerilen durum	128
Şekil 4.48. Amortisman süresi (3 numaralı pompa)	129
Şekil 4.49. 3 numaralı pompa için mevcut ve önerilen durum	130
Şekil 4.50. Amortisman süresi (3 numaralı pompa)	131
Şekil 4.51. SinaSave çalışma bilgileri girişi (4 numaralı pompa)	133
Şekil 4.52. 4 numaralı pompa için mevcut ve alternatif durum.....	134
Şekil 4.53. Amortisman süresi (4 numaralı pompa)	135
Şekil 4.54. 4 numaralı pompa için mevcut ve alternatif durum.....	136
Şekil 4.55. Amortisman süresi (4 numaralı pompa)	137
Şekil 4.56. 4 numaralı pompa için mevcut ve alternatif durum.....	138
Şekil 4.57. Amortisman süresi (4 numaralı pompa)	139
Şekil 4.58. SinaSave çalışma bilgileri girişi (5 numaralı pompa)	141
Şekil 4.59. 5 numaralı pompa için mevcut ve önerilen durum	142
Şekil 4.60. Amortisman süresi (5 numaralı pompa)	143
Şekil 4.61. 5 numaralı pompa için mevcut ve önerilen durum	144
Şekil 4.62. Amortisman süresi (5 numaralı pompa)	145
Şekil 4.63. 5 numaralı pompa için mevcut ve önerilen durum	146
Şekil 4.64. Amortisman süresi (5 numaralı pompa)	147
Şekil 4.65. SinaSave çalışma bilgileri girişi (5 numaralı pompa)	149
Şekil 4.66. 6 numaralı pompa için mevcut ve alternatif durum.....	150
Şekil 4.67. Amortisman süresi (6 numaralı pompa)	151
Şekil 4.68. 6 numaralı pompa için mevcut ve önerilen durum	152
Şekil 4.69. Amortisman süresi (6 numaralı pompa)	153
Şekil 4.70. 6 numaralı pompa için mevcut ve önerilen durum	154
Şekil 4.71. Amortisman süresi (6 numaralı pompa)	155

TABLO DİZİNİ

	Sayfa
Tablo 2.1. Türkiye’de dağıtım esas kayıp oranları	11
Tablo 2.2. Dağıtım esas genel sistem kayıpları	12
Tablo 2.3. Mevcut şebeke ve akıllı şebeke sistemleri arasındaki farklar	14
Tablo 3.1. İzmir ili metropol ilçeleri (11 ilçe) su üretim bilgileri (m ³ olarak)	45
Tablo 3.2. Kuyu güç -montaj bilgileri	47
Tablo 3.3. 2017 yılı kuyu çalışma saatleri	49
Tablo 3.4. 2018 yılı kuyu çalışma saatleri	50
Tablo 3.5. Göksu pompa istasyonu pompa-motor bilgileri	52
Tablo 3.6. 2017 yılına ait aylık pompa çalışma saatleri	53
Tablo 3.7. 2018 yılına ait aylık pompa çalışma saatleri	54
Tablo 3.8. Yahşelli pompa istasyonu pompa-motor bilgileri	59
Tablo 3.9. 2017 yılına ait aylık pompa çalışma saatleri	60
Tablo 3.10. 2018 yılına ait aylık pompa çalışma saatleri	61
Tablo 4.1. Kuyulara ait debi - verim bilgileri	69
Tablo 4.2. SinaSave veri giriş (8 numaralı kuyu)	70
Tablo 4.3. Program sonucu (8 numaralı kuyu)	73
Tablo 4.4. Kuyulara ait SinaSave program sonuçları	74
Tablo 4.5. Göksu pompa istasyonundaki mevcut motor verimlilikleri	75
Tablo 4.6. SinaSave veri giriş (1 numaralı pompa)	76
Tablo 4.7. Program sonucu (1 numaralı pompa)	78
Tablo 4.8. Program sonucu (1 numaralı pompa)	81
Tablo 4.9. Program sonucu (1 numaralı pompa)	84
Tablo 4.10. Program sonucu (1 numaralı pompa)	87
Tablo 4.11. program sonucu (1 numaralı pompa)	89
Tablo 4.12. program sonucu (1 numaralı pompa)	91
Tablo 4.13. SinaSave veri giriş (3 numaralı pompa)	91
Tablo 4.14. Program sonucu (3 numaralı pompa)	93
Tablo 4.15. Program sonucu (3 numaralı pompa)	95
Tablo 4.16. Program sonucu (3 numaralı pompa)	98
Tablo 4.17. Program sonucu (3 numaralı pompa)	100
Tablo 4.18. Program sonucu (3 numaralı pompa)	102
Tablo 4.19. program sonucu (3 numaralı pompa)	104
Tablo 4.20. Program sonucu (4 numaralı pompa)	105
Tablo 4.21. Program sonucu – 4 numaralı pompa	106
Tablo 4.22. Program sonucu (4 numaralı pompa)	107
Tablo 4.23. Program sonucu (4 numaralı pompa)	109
Tablo 4.24. Program sonucu (4 numaralı pompa)	109
Tablo 4.25. Program sonucu (4 numaralı pompa)	110
Tablo 4.26. SinaSave veri giriş (6 numaralı pompa)	111
Tablo 4.27. Program sonucu (6 numaralı pompa)	112
Tablo 4.28. Program sonucu (6 numaralı pompa)	114

Tablo 4.29. Program sonucu (6 numaralı pompa).....	117
Tablo 4.30. Program sonucu (6 numaralı pompa).....	119
Tablo 4.31. Program sonucu (6 numaralı pompa).....	121
Tablo 4.32. Program sonucu (6 numaralı pompa).....	123
Tablo 4.33. Pompalara ait motor verimliliği	124
Tablo 4.34. SinaSave veri giriş (3 numaralı pompa).....	124
Tablo 4.35. Program sonucu (3 numaralı pompa).....	127
Tablo 4.36. Program sonucu (3 numaralı pompa).....	129
Tablo 4.37. Program sonucu (3 numaralı pompa).....	131
Tablo 4.38. Sina Save veri giriş (4numaralı pompa).....	132
Tablo 4.39. Program sonucu (4 numaralı pompa).....	135
Tablo 4.40. Program sonucu (3 numaralı pompa).....	137
Tablo 4.41. Program sonucu (4 numaralı pompa).....	139
Tablo 4.42. SinaSave veri giriş (5numaralı pompa).....	140
Tablo 4.43. Program sonucu (5 numaralı pompa).....	143
Tablo 4.44. Program sonucu (5 numaralı pompa).....	145
Tablo 4.45. Program sonucu (5 numaralı pompa).....	147
Tablo 4.46. SinaSave veri girişi (6numaralı pompa).....	148
Tablo 4.47. Program sonucu (6 numaralı pompa).....	151
Tablo 4.48. Program sonucu (6 numaralı pompa).....	153
Tablo 4.49. Program sonucu (6 numaralı pompa).....	155
Tablo 5.1. Göksu Pompa İstasyonlarındaki Kontrol Yöntemlerine Göre Kazanımlar	159
Tablo 5.2. Yahşelli Pompa İstasyonlarındaki Kontrol Yöntemlerine Göre Kazanımlar	159

TEŞEKKÜR

Çalışmamın her aşamasında bana destek olan, bilgi ve deneyimleri ile yol gösteren danışman hocam Sayın Prof. Dr. Sezai TAŞKIN'a, desteklerini esirgemen İZSU Genel Müdürlüğü yönetimine ve çalışma arkadaşlarıma, hayatım boyunca beni maddi ve manevi olarak destekleyen ve hep yanımda olan aileme, gösterdiği sabır ve manevi destekten dolayı eşime, yaşam kaynağım oğluma yürekten teşekkür ederim.

Cem GERÇEK
Manisa, 2019



ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

Akıllı Şebeke ve Şehirlerde Su Pompa İstasyonları İçin Enerjinin Verimli Yönetimi: İZSU Örneği

Cem GERÇEK

Manisa Celal Bayar Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Elektrik Elektronik Mühendisliği Anabilim Dalı
Elektrik Elektronik Mühendisliği Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Sezai TAŞKIN

Akıllı çevre sistemleri, yenilikçi ve sürdürülebilir yöntemleri kullanarak kaynakların etkin ve akıllıca tüketildiği, doğaya saygılı, çevre sorunlarının enaza indirildiği, kendi kendine yetebilen sürdürülebilir yaşam alanları oluşturmayı hedeflemektedir.

Dünyanın gelişmiş ülkelerinin, enerji politikalarında gözettileri en önemli unsurlardan birisi de enerji verimliliğini arttırmak, enerji yoğunluğunu azaltmak ve enerji tasarrufuna özen göstermektir. Çağdaş enerji politikalarında hedef, yalnızca kişi başına kullanılan enerji ya da elektrik tüketim miktarını arttırmak değil, enerjiyi en verimli biçimde kullanabilecek sistemleri geliştirerek, en az enerji harcaması ile en fazla enerjiyi üretebilecek, iletecek ve tüketecek yapıyı kurabilmektir.

Türkiye’de tüketilen elektrik enerjisinin %47,12’si sanayide kullanılmaktadır. Bu oranın %67’si elektrik motorlarında tüketilmektedir. Pompalar gibi akış üreten cihazlar genellikle hız ayarı olmadan kullanılmaktadırlar. Bunun yerine akış, geleneksel metotlarla valf vb. ekipmanlar yardımı ile kontrol altına alınmaktadır. Akış değişkeni motor hızıyla kontrol edilmediğinde, motor sürekli tam hızda çalışır. Pompaların hizmet verdikleri sistemlerin azami debiye nadiren ihtiyaç duymaları yüzünden, hız ayarsız bir sistem çoğu zaman önemli miktarda enerjiyi boşa kullanmaktadır. Frekans Konvertörü ile motor hızının ayarlanması sisteme göre değişmekle beraber %70’e varan bir enerji tasarruf imkânı sunmaktadır.

Bu tez çalışmasında, İzmir Büyükşehir Belediyesi İZSU Genel Müdürlüğü bünyesinde yer alan Göksu ve Yahşelli pompa istasyonlarının enerji verimliliğinin sağlanmasına yönelik analiz gerçekleştirilmiştir. Mevcut durum ve önerilen enerji verimli sistem için bir öngörü oluşturulmuş ve çalışmanın sonuçları akıllı şebekelerde enerjinin yönetimi konusu ile ilişkilendirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Akıllı Şehirler, Akıllı Şebekeler, İçme Suyu Pompa İstasyonları, Enerji Verimliliği, Enerjinin Verimli Yönetimi

2019, 164 sayfa

ABSTRACT

M.Sc. Thesis

**Energy Managment for Water Pump Stations
in Smart Grid and Cities: The Casa of IZSU**

Cem GERÇEK

**Manisa Celal Bayar University
Graduate School of Applied and Natural Sciences
Department of Electrical and Electronics Engineering**

Supervisor: Prof Dr. Sezai TASKIN

Smart environmental systems aim at,with using innovator and sustainable methods, creating self-sufficient sustainable living spaces that sources are consumed effective and wisely,respectful to nature and environmental problems are minimized.

One of the most important element of the developed countries of the world at the subject of their energy policies is improve to energy efficiency, reduce the energy density and consider the energy saving. The target in contemporary energy policies not only increase the energy used per person or electricity consumption but also can establish the structure that can generate the most energy with the minimal energy expenditure by improving the energy-efficient system.

47,12 % of the electric energy consumed in Turkey is used in industry. 67 % of this rate is consumed in electric motors. Flow generating devices such as pumps are used generally without speed adjustment. Instead of this, the flow is controlled by traditional methods with equipment such as valves. The flow variable is not controlled by motor speed, the motor runs continuously at full speed. Because of the systems that the pumps serve rarely require maximum flow. A system without speed adjustment often wastes a significant amount of energy. Adjusting the motor speed with frequency converter varies according to the system and on the other hand it offers an energy saving possibility approximately up to 70 %.

In this thesis, the analysis was carried out to ensure the energy efficiency of the pumping stations that is located in Göksu and Yahşelli, İzmir Metropolitan Municipality, IZSU. For current state and for suggested energy efficiency system,a foresight has been established and results of the study have been related to the management of energy in smart grid.

Anahtar kelimeler: Smart City, Smart Grid, Water Pump Station, Energy Efficiency, Efficiency Management of Energy

2019, 164 pages

1. GİRİŞ

Su, asırlar boyunca tüm medeniyetler için çok önemli bir doğal kaynak olmuştur. Büyük uygarlıklar yerleşim yerlerini su kaynaklarına yakın seçmişlerdir. Teknolojideki gelişmelerle birlikte, sudan faydalanma oranı artmıştır. Su kaynaklarının içme, kullanma, sulama, enerji üretimi gibi pek çok farklı amaç için kullanılmasıyla birlikte, ülkelerin ekonomik kalkınmasında vazgeçilmez bir önem kazanmıştır [1].

Bir bölgenin sahip olduğu su potansiyelinin belirlenmesinde en önemli etken o bölgede ki yağış ve iklimdir. Bundan ötürü iklim ve dolayısıyla yağışlarda meydana gelecek değişiklikler su potansiyelini yani su kaynaklarını doğrudan etkileyecektir. İklim değişikliği, dünyanın her yerinde yağış rejimlerinin önemli ölçüde değişmesine neden olmaktadır. İklimdeki istikrarsızlık, mevsime uygun olmayan yağışların oluşmasına neden olmaktadır [2].

Atmosferimiz aynı sera gibi çalışmaktadır. Yeryüzüne ulaşan güneş ışınları yeryüzünden yansımaktadır. Atmosferimizde bulunan ve sera gazı olarakta nitelendirilen; karbondioksit, metan, su buharı, ozon, azot oksit vb. gazlar, yeryüzünden yansıyan güneş ışınlarının bir kısmının tekrar yeryüzüne gönderilmesini sağlar [3].

Metan, ozon ve kloroflorokarbon (CFC) vb. sera gazları çeşitli insan faaliyetleri sonucu atmosfere katılmaktadır. Sera gazların tamamının ısı tutma özelliği vardır. Sera gazlarından ısıyı en çok tutan gaz CO₂'dir. CO₂ ve diğer sera gazların miktarındaki artış, atmosfer ısısının yükselmesine sebep olmaktadır. Bu da küresel ısınma olarak ifade edilir [4].

Küresel ısınmaya bağlı olarak iklim değişiklikleri, kara ve deniz buzullarının erimesi, deniz seviyesinin yükselmesi, iklim kuşaklarının yer değiştirmesi, şiddetli hava olaylarının yaşanmasına, taşkınların ve sellerin daha sık oluşmasına ve etkilerinin artmasına, kuraklık, erozyon, çölleşme gibi önemli zararların oluşmasına neden olmaktadır [5,6].

IPCC Küresel İklim Modelleri ile yaptığı çalışmalarda, 2030 yılında kadar Türkiye'nin büyük bir bölümünün oldukça kuru ve sıcak bir iklim etkisine girebileceği öngörülmüştür [4].

Öngörülen iklim değişikliklerini ve bu değişikliklerin neden olduğu, sosyoekonomik etkenler, doğal ekosistemler ve insan sağlığı üzerindeki olası olumsuz etkilerini en aza indirmenin en önemli yolu insan kaynaklı sera gazı salınımlarını minimize etmektir. Bugün için, sera gazlarının iklim sistemi üzerindeki olumsuz etkilerini en aza indirecek bir düzeyde durdurmaya sağlayabilecek en önemli ve tek hükümetler arası çaba, İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Kyoto Protokolü'dür [7].

İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi 1992 tarihinde Rio De Janeiro'da yapılan Dünya zirvesinde kabul edilmiş olup, 1994 yılında yürürlüğe girmiştir. Türkiye bu sözleşmeye 24 Mayıs 2004 tarihinde resmen taraf olmuştur. Bu sözleşmeye taraf olan ülkeler, sera gazları emisyonlarını yapılacak ulusal programlarla 1990 yılı seviyesine indirmeye ve gelişme yolundaki ülkelere de teknolojik ve mali kaynak aktarmayı kabul etmektedirler. Bu amaçla, ulusal sera gazları envanterlerinin hazırlanarak bildirimlerinin yapılması ve emisyon indirimleri için alınacak tedbirler içeren programlar geliştirilmesi, çerçeve sözleşmenin bağlayıcı hükümlerindendir. Kyoto Protokolü, bu çerçeve sözleşmesi içinde imzalanan ve gelişmiş ülkelerin sera gazı emisyonlarının 1990 yılına göre %5,2 azaltmalarını öngören bir anlaşmadır. Bu protokol, Aralık 1997 de Japonya'nın Kyoto şehrinde görüşüldüğü için bu ismi almıştır. Protokolün ana amacı altı sera gazının (karbondioksit, metan, azot, sülfür heksaflorit, HFC ler ve PFC ler) 2008-2012 tarihleri arası beş yıllık ortalama emisyon değerlerini azaltmaktır. Protokol 16 Şubat 2005 tarihinde yürürlüğe girmiştir. 2006 Aralık tarihi itibarıyla toplam 169 ülke katılmıştır [4].

Katar'da yapılan BM İklim değişikliği konferansında Kyoto protokolünün 2020 yılına kadar uzatılmasına karar verilmiştir [8].

Kyoto Protokolünün uygulanmasını önerdiği politikalar ve önlemler şunlardır [9]:

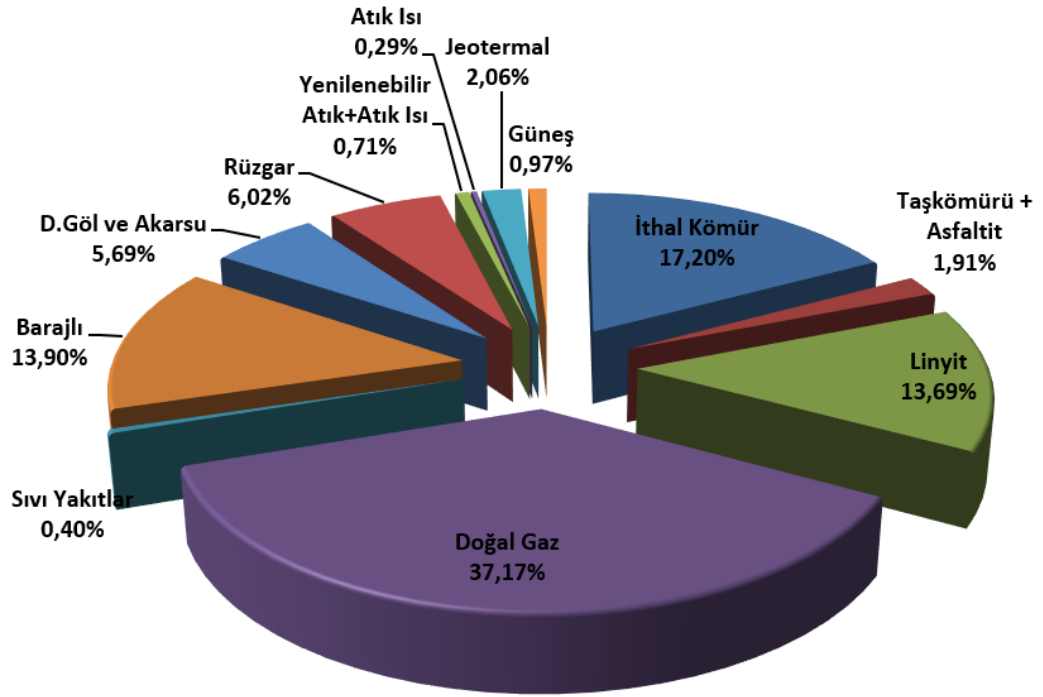
- Enerji verimliliğinin artırılması,

- Yenilenebilir enerjinin geliştirilmesi,
- Sürdürülebilir tarımın desteklenmesi,
- Metan emisyonlarının geri kazanılması,
- Sera etkisi yaratan zararlı gaz emisyonlarının azaltılması,
- Sera gazı yutaklarının (orman, bitki örtüleri vb.) korunması ve yaygınlaştırılması.

Kyoto protokolünün yanı sıra 2015 yılı aralık ayında Fransa'nın Paris kentinde düzenlenen 21. Taraflar Konferansı'nda, 2020 yılında devreye girecek olan yeni anlaşmanın müzakerelerine başlanmıştır. Müzakereler sonunda yeni anlaşma nihai hale getirilmiş, "Paris Anlaşması" adıyla kabul edilmiştir [10].

Kyoto protokolü ile yenilenebilir enerjilerin desteklenerek, enerji üretiminde ki sera gazı salınımının azaltılması hedeflenmektedir. İnsanların, küresel ısınmaya katkısı; enerji kullanımında %49, endüstrileşmede %24, ormansızlaşmada %14 ve tarımda %13'tür [4]. Ülkemizde ise bu oran, toplam CO₂ emisyonlarının 2015 yılında %86,1'i enerjiden, %13,7'si endüstriyel işlemler ve ürün kullanımından, %0,2'si ise tarımsal faaliyetler ve atıktan kaynaklanmıştır [11].

Termik santraller, sera gazı emisyon kaynaklarının başında gelmektedir. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının açıkladığı istatistik raporlarına göre 2017 yılı için elektrik enerjisi üretiminin kaynaklara göre dağılımı Şekil 1.1'de ki gibidir [12].



Şekil 1.1. 2017 yılı Türkiye elektrik enerjisi üretiminin kaynaklara göre dağılımı

Enerji üretiminden kaynaklı iklim değişikliklerini en aza indirmek için alınacak diğer bir önlem planı da Kyoto Protokolü'nünde de bahsi geçen enerji verimliliğidir.

Tüm bu ifade edilenler dikkate alındığında; çalışmanın ikinci bölümünde, akıllı şebekeler, akıllı şehirler, enerji yönetimi, enerji verimliliği ve pompa istasyonları hakkında genel bilgiler verilecektir. Çalışmanın üçüncü bölümünde ise İZSU Genel Müdürlüğü Göksu pompa istasyonu ve Yahşelli pompa istasyonlarının temel yapısı, motor ve pompa bilgileri ile bu istasyonların yıllık ve aylık bazda enerji tüketim bilgileri ve motorların çalışma saatleri analiz edilmiştir. Dördüncü bölümde ise pompa istasyonlarında kullanılan kontrol yöntemleri dikkate alınarak tesislerin farklı kontrol yöntemlerine göre çalışma şartları incelenerek kazanımlar analiz edilmiştir. Beşinci bölümde ise çalışmanın analiz sonuçlarının değerlendirilmesi verilmiştir.

2. GENEL BİLGİLER

2.1 Akıllı Şehirler

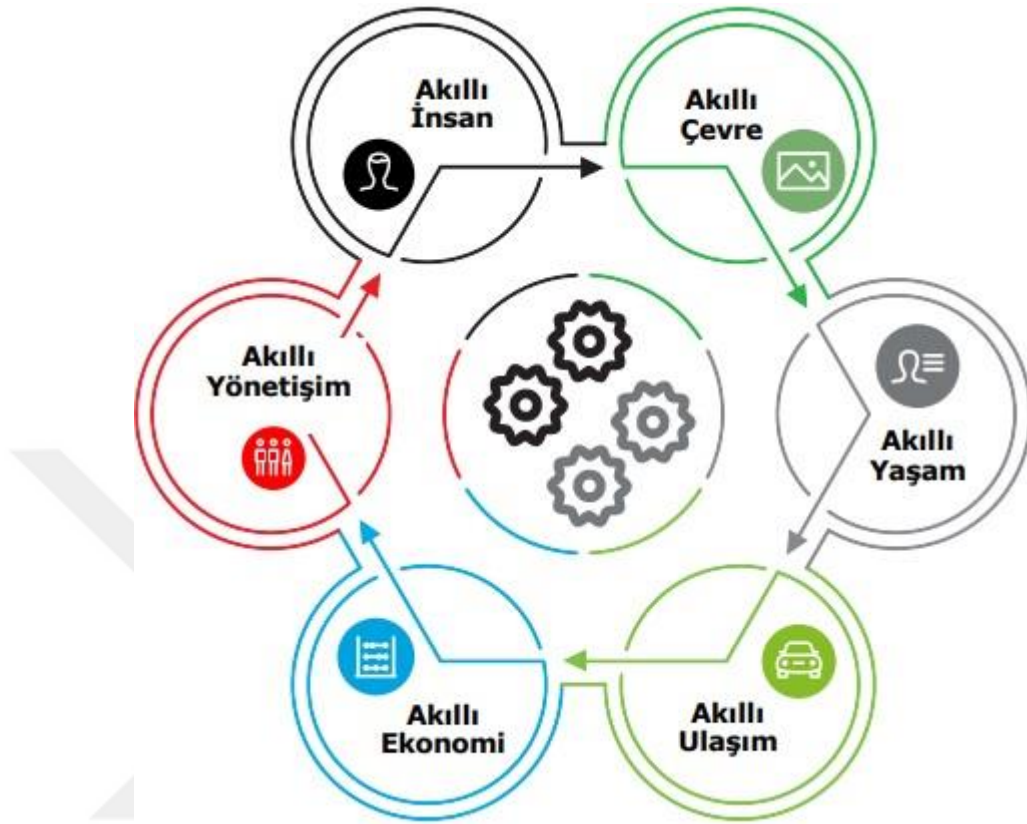
Şehir hayatının getirdiği problemlerin çözümü için teknolojinin devreye girmesiyle beraber akıllı şehirler kavramı ortaya çıkmıştır. Şehirleşmenin her geçen gün büyümesi öncelikle doğa ve canlılar üzerinde olumsuz etkiler bırakmaktadır. İnsan ve doğa üzerindeki etkileri en aza indirmek, daha yaşanabilir şehirler için 90'lı yıllardan itibaren yeşil kent, eko kent, yaşanabilir kent, dijital kent ve akıllı kent kavramları ortaya çıkmıştır [13,14].

Akıllı şehirler için farklı tanımlamalar yapılmıştır. Bazı tanımlarda teknolojiye, bazısında ise insana odaklanılmıştır. Yapılan tanımlamaların ortak özelliği teknolojinin kullanımıyla çevre ve sosyal sorunlarının çözümü üzerinedir [15]. Akıllı şehirler, iletişim teknolojilerinin geleneksel altyapılarla birleştiği ve yeni dijital teknolojileri kullanarak koordine ettiği kent olarak tanımlanır. Aslında akıllı şehirler kısaca, sürdürülebilir bir yaşam ve şehirleşme için teknolojinin şehirlere uygulanmasıdır [16]. Akıllı şehirlerin oluşumu, akıllı ekonomiyle, sürece öncülük eden yönetimlerle ve en önemlisi doğal kaynakları verimli kullanımıyla mümkündür [17].

Birleşmiş Milletler, Dünya Bankası ve Dünya Sağlık Örgütü gibi kuruluşlarca hazırlanan raporlarda, dünya nüfusunun 2050 yılında 9 milyar olması beklenmekte ve bu nüfusun %70'inin şehirlerde yaşayacağı öngörülmektedir. Şehirler göç aldıkça doğal kaynaklara olan ihtiyaç artmakta bunun için de daha iyi ve sürdürülebilir hizmetin sağlanması gerekmektedir [18, 19].

Artan nüfus ve şehre olan göçlerle birlikte temel gereksinimlere ihtiyaç artmış, şartlar daha da zorlaşmaya başlamıştır. Sistem daha fazla enerjiye ihtiyaç duymaya başlamış, trafik sıkışıklığı çoğalmış, atık sorunu artmış ve kısıtlı kaynaklar olmasına rağmen su gibi temel gereksinimlere ihtiyaç artmıştır. Tam bu noktada azalan kaynakların, hayat tarzımızdan hobimize kadar etki ettiği düşünüldüğünde, tasarruf ve verimliliği arttıran akıllı şehir uygulamalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu da bize daha akıllı binalara, daha akıllı iletişime veya akıllı su üretimine kadar birçok alanda daha

akıllı bir yapılaşmaya ihtiyaç duyurmaktadır [20]. Akıllı şebekelerin temel bileşenleri Şekil 2.1’de gösterilmiştir. [19].



Şekil 2.1. Akıllı şehirlerin temel bileşenleri

Akıllı şehirler için önemli faktörlerden bazıları; teknoloji, işletme, yönetim, altyapı, doğal çevre, ekonomi, insan ve toplumdur. Vatandaşların daha sürdürülebilir bir sistem ile, yaşam kalitesinin artırıldığı, toplumsal sıkıntıların giderildiği, temel kaynakların korunduğu akılcı bir yapı oluşturmaktır. Teknoloji bu amacın gelişimini ve yaygınlaşmasını sağlayacak kısımdır [21].

Akıllı şehirlerin asıl amacının insan olduğu önemli bir noktadır. Teknolojinin, bu noktada sadece bir araç olarak doğru bir şekilde uygulanması akıllı şehirlerde ki başarıyı arttırmaktadır [22].

Akıllı şehirlerde uygulanan teknolojilerde en çok yatırım yapılan alan; e-devlet, akıllı trafik sistemleri, atık yönetimi, temiz su yönetimi ve temiz enerji yatırımlarıdır [23].

Akıllı şehirlerde altyapı ve üstyapı sistemlerinin takibi ve kontrolü için veri toplama işleminin yapılması, toplanan verilerin doğru bir şekilde işlenmesi ve doğru yorumlanması; kaynakların daha doğru kullanılmasını, hizmetlerin daha etkin ve verimli yürütülmesini ve maliyetleri azaltmaktadır. Sistemin daha verimli çalışmasını sağlamak için kamu ve özel kuruluşların iş birliği gerekmektedir [24].

Dünyada ve ülkemizde akıllı şebekelere yapılan yatırımlar her geçen gün artmaktadır. Brookings Enstitüsü tarafından hazırlanan Global Metro Onitor'a göre metropol şehirler sürekli büyümekte ve bu büyümenin en hızlı olduğu yerlerin başında Çin ve Türkiye gelmektedir. Raporda verilen bilgiler ışığında dünya genelinde en hızlı büyüyen şehirler içerisinde ülkemizden 4 şehir bu listeye girmiştir. Bu şehirler; İzmir, İstanbul, Bursa ve Ankara'dır [22].

Akıllı şehirler ilk yatırım maliyeti gerektiren teknolojik yapılaşmayı gerektirmektedir ancak bu yatırım maliyeti kaynakların doğru ve verimli şekilde kullanılması sağlanarak kendini amorti edecek bir yapıdadır. Ülkemizin genelini kapsayacak şekilde yapılacak akıllı şehir uygulamaları ile 2018 rakamları ile yıllık 25-30 milyar TL arasında bir kazanç beklenmektedir. Akıllı şehirlerle, %20 oranında bir enerji kazanımı elde edilebileceği öngörülmektedir [20].

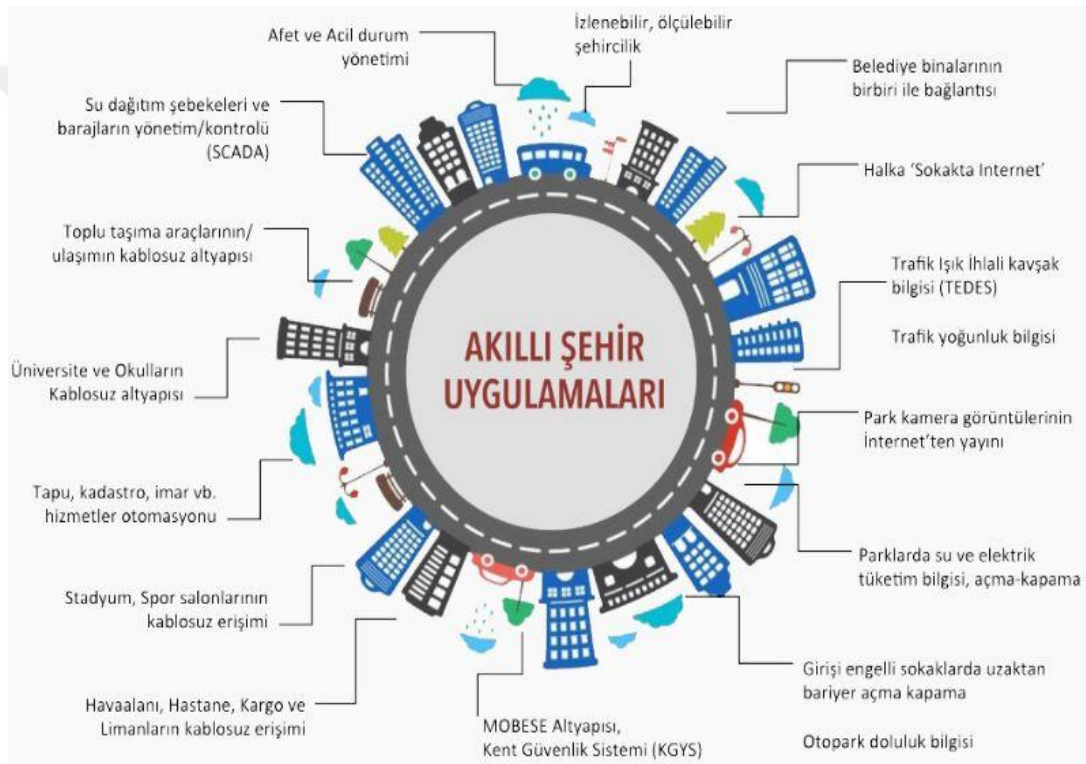
Şehirlere olan göçle birlikte artan nüfus, beraberinde su ihtiyacı talebini de arttırmaktadır. Su idareleri tarafından yapılan akıllı su uygulamalarının başında elektronik ödeme hizmetleri gelmektedir. Bunun yanında akıllı su sayaçları, kaçak tespit sistemleri, su kalitesi izleme sistemleri, su yönetimi gibi konular üzerine çalışmalar bulunmaktadır [25-27].

Akıllı su yönetimi ile hem su tasarrufu sağlanması hem altyapısal sorunların azaltılması hem de su kalitesinin izlenmesi mümkündür. Şehirlerimizi daha akıllı ve sürdürülebilir kılmayı hedeflerken, su sistemlerimizde kullandığımız enerji miktarını azaltmakta kritik önem taşımaktadır [28].

Amerika Birleşik Devletleri su endüstri raporuna göre, veri toplamaya yardımcı sensörler ile akıllı sayaçlar ve uygun yazılımlar ile sistemden gerçek zamanlı alınan bilgiler ışığında problemlerin önceden tespiti sağlanabilmektedir. Akıllı sayaçların kullanılması, müşterilere tüketimi hakkında bilgi sunmakla beraber, talep tarafı yönetimini de sağlamaktadır [26].

2.1.1 Akıllı Şehircilikte Kullanılan Teknoloji Örnekleri

Akıllı şehirler üzerine yapılabilecek çalışmalara örnekler Şekil 2.2’de gösterilmiştir [25].



Şekil 2.2. Akıllı şehir uygulamaları

Akıllı şehirlere yönelik yapılan çalışmalar ile verimlilikten, kaynak tasarrufuna ve kaliteli yönetime kadar çeşitli kazanımlar sağlanmaktadır. Akıllı ulaşım sistemlerine yapılan yatırımlar ile Los Angeles'ta trafikte bekleme süresi %35 azalmış, seyahat süreleri %13 oranında kısalmış ve bunların sonucu olarak da yakıt tüketiminde %12,5'lik düşüş sağlanmıştır. Oslo'da yapılan akıllı sokak aydınlatması uygulamaları ile enerji tüketiminde %70 oranında tasarruf sağlanmıştır [19].

Akıllı şehirlere yönelik yapılan başka bir çalışmada ise İspanya'nın Barselona kentinde çöp toplamaya yönelik uygulama geliştirilmiştir. Çöp kutularına yerleştirilen sensörler vasıtası ile çöp kovalarının doluluğu uzaktan izlenebilmekte, buna göre çöpleri toplama hizmeti daha verimli bir şekilde gerçekleştirilmektedir. Endonezya hükümeti hem yerel hem de merkezi yönetim için satın alma sürecini dijital ortama taşımış böylece kırtasiye, ulaşım gibi konularda 2008-2013 yılları arasında 26 milyar dolar tasarrufu elde etmiştir [29, 30].

2.1.2 Akıllı Şehir Uygulamalarındaki Zorluklar

Akıllı şehir projelerinin her ne kadar çok önemli avantajlar sağladığı bilinse de bunları uygulamaya dönüştürmek o kadar da kolay değildir. Akıllı şebekelerde yaşanan zorluklar aşağıdaki gibidir [26, 31].

- Altyapı eksiklikleri
- Ağır ekonomik yük
- Finansal problemler
- Şehirlere ait Master planının olmayışı
- Yatırımcılar tarafından akıllı şebeke yapısının anlaşılamamış olması
- Teknik imkanların kısıtlılığı
- Hizmet güvenilirliği
- Kurumlar arasında iş birliği ve iletişim eksikliği
- Veri paylaşımı konusundaki isteksizlikler
- Mevcut verileri düzenleme güçlükleri

2.1.3 Akıllı Şehir Uygulamalarındaki Riskler

Akıllı şehirler kavramı ülkemizde yeni yeni üzerinde durulan bir konu olmuştur. Akıllı şehirler kavramı bu bağlamda bazı riskler içermektedir [26].

- Akıllı şehir anlayışının, ekonomik pazar olarak görülmesi,
- Yeterli bilgiye sahip olmadan yapılan yanlış yatırımlar,
- Akıllı şehirlerin en önemli girdilerinden olan verinin kamu kurumları arasında paylaşımı konusundaki çekinceler,
- İnsana odaklanmaktan uzaklaşıp sadece teknolojiye odaklanmak.

2.2 Akıllı Şebekeler

Hayatımızdaki temel gereksinimlerden olan su kadar diğer bir gereksinimimiz de elektrik enerjisidir. Bu ihtiyaç teknolojinin gelişmesine bağlı olarak artmaktadır. Enerji ihtiyacına olan bağlılığın ve talebin her geçen gün artmasından ötürü artan enerji talebini teknolojik gelişmelerden yararlanarak enerji potansiyelinin, verimli ve sürdürülebilir olarak kullanılması hedeflenmektedir. Bu amaçla geliştirilen daha yönetilebilir şebeke sistemleri, “akıllı şebekeler” ifadesi ile kavramsallaştırılmıştır [32, 33].

2008 yılında ABD’nin uluslararası alanda yaptığı enerji çalışmaları doğrultusunda enerji tüketiminin 2005 yılından 2030 yılına kadar %50 oranında artması beklenmektedir. İleriye yönelik oluşacak bu tablo gelecekteki elektrik şebekelerinin günümüzde ki elektrik şebekelerinden daha fazlası olması gerektiğini göstermektedir. Elektrik şebekesini bir sinir ağı gibi saracak olan akıllı şebeke yapıları, şebekenin tüm yapılarında aktif, adaptif, uygun maliyetli, çevre dostu şebeke olmasını amaçlamaktadır [34].

Elektrik şebekelerinde yaşanacak ani değişimlere tepki verebilecek ve uygun çalışma aralığında çalışmaya devam edebilmek için şebekeyi gerçek zamanlı olarak takibini sağlayan ve kontrol eden bir yapıya sahip olması gerekmektedir. Bunun için akıllı şebekeler; veri alma, işleme ve iletme gibi özelliklere sahip olması gerekmektedir. Bu da haberleşen ve programlanabilen akıllı sistemleri içermesi ile mümkündür [35].

Akıllı şebeke uygulamaları arasında yer alan ile akıllı sayaç uygulamaları ile birlikte sayaçların uzaktan okuma ve izlenmesiyle, enerji yönetimi ve dağıtım üzerine uygulamalar kullanılmaya başlanılmıştır [36].

Ülkelerin teknolojik ve sosyo-ekonomik gelişim verilerine dayanılarak hazırlanan elektrik enerjisi talep tahminleri esas alınarak belirlenen üretim kapasite kestirimi ve uzun dönem üretim planlamalarının yapılması enerji arz güvenirliliği açısından oldukça önemlidir [37,38].

Teknolojinin gelişmesiyle beraber elektrik dağıtım şebekeleri verileri anlık olarak edinilebilmekte ve işlenebilmektedir. Buna bağlı olarak şebekede ölçüm ve koruma yapılabilirliği gibi kaçak kullanımların fark edilmesini sağlayacaktır. Bu işlemlerde iş yoğunluğunu azaltacaktır [39].

Ülkemizde ki dağıtım sistemi ve iletim sisteminde meydana gelen kayıplar aşağıdaki **Tablo 2.1** ve **Tablo 2.2**'de verilmiştir [40].

Tablo 2.1. Türkiye’de dağıtım esas kayıp oranları

DAĞITIMA ESAS KAYIP VE KAÇAK ORANI %									
DAĞITIM ŞİRKETİ	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
AKDENİZ	9,7	9,4	9,3	8,3	8,5	9,8	11,3	8,5	7,0
AKEDAŞ	8,0	7,8	8,4	8,2	8,3	7,2	6,7	6,8	5,0
ARAS	29,3	27,2	27,7	25,5	34,0	33,8	38,2	26,5	25,8
ADM	7,4	11,9	10,3	8,7	8,4	8,0	7,6	7,9	5,3
AYEDAŞ	9,1	8,7	7,5	6,9	6,9	6,9	7,6	7,2	7,0
BAŞKENT	8,6	8,5	8,9	8,6	9,2	8,7	7,9	7,7	7,0
BAĞAZİÇİ	12,2	10,8	9,6	9,8	10,8	10,2	9,9	9,2	9,4
ÇAMLİBEL	8,8	9,2	8,1	7,3	9,2	8,3	7,6	7,7	7,1
ÇORUH	12,0	10,6	11,4	11,6	11,2	10,2	9,4	9,0	9,3
DİCLE	64,8	64,5	73,4	65,5	76,2	71,5	75,4	75,1	73,3
FIRAT	11,0	10,4	13,6	12,2	11,1	10,9	9,5	9,5	10,4
GDZ	10,2	7,5	8,9	8,8	8,8	7,8	9,7	8,4	7,4
KAYSERİ	11,1	10,3	10,7	8,7	7,1	6,9	6,9	7,0	5,4
MERAM	8,3	8,8	9,0	9,6	8,9	9,0	7,1	7,3	7,3
OSMANGAZİ	6,3	5,6	6,8	9,1	7,1	7,2	7,9	7,6	7,6
SEDAŞ	6,5	7,6	8,0	6,4	7,0	7,1	6,6	6,8	6,7
TOROSLAR	10,6	9,9	9,8	8,9	13,8	13,2	15,2	13,2	12,5
TRAKYA	7,6	7,2	7,1	6,8	8,3	6,5	6,1	6,3	7,4
ULUDAĞ	8,6	7,5	7,3	7,4	8,9	7,3	7,0	6,9	6,9
VANGÖLÜ	56,2	55,9	55,6	57,2	59,1	59,1	65,8	61,0	59,7
YEŞİLIRMAK	9,1	9,2	10,9	12,9	8,4	7,7	11,5	8,3	8,0

Tablo incelendiğinde 2015 yılı itibariyle kayıp kaçak oranı bakımından Dicle ve Vangölü Dağıtım Şirketlerinin sorumluluk saha bölgelerinde bu değerlerin sırasıyla en yüksek olduğu, bu tez çalışması kapsamında dağıtım hizmeti alınan GDZ Elektrik Dağıtım Şirketi verilerinde ise yıllar bazında bir düşüş olduğu görülmektedir.

Tablo 2.2. Dağıtıma esas genel sistem kayıpları

YILLAR	%	GWh
2006	2,7	4543,8
2007	2,5	4523
2008	2,3	4388,4
2009	2,1	3973,4
2010	2,8	5690,5
2011	1,9	4189,3
2012	2,6	6024,7
2013	2,4	5639,4
2014	2,5	6271,2
2015	2,1	5338,1
2016	2,1	5552,9

2.2.1 Akıllı Şebekenin Temel Bileşenleri

Bir akıllı şebekenin temel bileşenleri akıllı üretim, akıllı istasyonlar, akıllı dağıtım, akıllı sayaçlar, haberleşme ve kontrol metotlarıdır.

Akıllı Üretim: Şebekenin farklı noktalarından alınan bilgiler doğrultusunda enerji üretiminin ayarlanmasını, gerilimin, frekansın ve güç faktörünün otomatik olarak ayarlanmasını sağlamaktadır.

Akıllı İstasyonlar: Güç faktörü performansı, kesici, trafo ve akü durumunun izlenmesi sağlar.

Akıllı Dağıtım: Otomatik izleme ve analiz teme yeteneklerine sahip olmasıyla birlikte geçmişe dönük enerjisiz olma zamanlarını ve hava durumu bilgilerine bağlı olarak arıza tahmini yapısına sahiptir. Kendi kendini iyileştiren yapıdadır [41,42].

Akıllı Sayaçlar: Tüketici ve üretici arasında GPRS, gibi haberleşme altyapısını kullanarak iki yönlü iletişimi sağlar. Ödeme verilerinin toplanmasını, gerçek zamanlı bilgi sağlayarak güç kalitesi ölçümü, elektrik kesintisi, sayaç tüketim bilgilerini iletebilmektedir. Bu sayede arıza olan lokasyonun belirlenmesi müdahale edilmesini hızlandırmaktadır.

Bütünleştirilmiş Haberleşme: veri toplama, koruma ve kontrol sistemleri bütünleştirilmiş bir sistemde kullanıcının akıllı elektronik cihazlar ile etkileşimini sağlar.

İleri Kontrol Metotları: Şebekenin durumunu analiz ederek tanımlayan ve tahmin eden cihazlar ve algoritmalar topluluğunu ifade etmektedir. Otomatik olarak gerekli önlemleri alır ve güç kalitesi problemlerini ve enerji kesinti sürelerini minimuma indirir.

2.2.2 Mevcut Şebekeler ile Akıllı Şebekelerin Karşılaştırması

Dağıtık üretim santralleri 2000’li yıllarda büyük miktarda devreye alınmıştır. Bu santrallerin sağladığı avantajlar abonelere sürekli enerji sağlayabilmektir. Bu santrallerde yaşanacak bir kesinti durumunda bile diğer santraller ve ring sistem ile birlikte enerjide süreklilik sağlanacaktır. Bu santrallerin şebekeye bağlantısında bazı problemler görülmektedir [43].

- İki yönlü enerji akışından dolayı reaktif gücün kontrolünün zorlaşması,
- Değişen aktif ve reaktif gücün şebekede gerilim değişimi yaratması
- Şebekeye bağlı transformatörlerin kısa devre akım etkilerinin artması ve röle seçim kriterlerinin sürekli değişmesi,
- Mevcut şebeke elemanlarının kısa devre akım limitleri ile ısıl dayanım kapasiteleri zorlanması,
- Fliker ve harmonik üretiminin kabul edilebilir sınırlar içinde olmamasıdır.

Mevcut şebeke ve akıllı şebekelerin karşılaştırılması Tablo 2.3’de verilmiştir [44].

Tablo 2.3. Mevcut şebeke ve akıllı şebeke sistemleri arasındaki farklar

Özellik	Mevcut Şebeke	Akıllı Şebeke
Tüketiciler tarafından sisteme aktif katılımın sağlanabilmesi	Sisteme katılımı yok	Sisteme katılım var
Üretim ve depolama seçeneklerinin değerlendirilebilmesi	Merkezi üretim ağırlıklı bir ortam, dağıtık üretim kaynaklarının yer bulabilmesi için çok fazla engel mevcut	Yenilenebilir enerji baskın, neredeyse tak-çıkart dağıtık enerji kaynakları
Yeni ürün, servis ve piyasaların oluşturulması	Sınırlı toptan satış piyasası, iyi entegre olamamış sistemler, tüketiciler için sınırlı fırsatlar	Olgunlaşmış ve entegre olmuş toptan satış piyasası, tüketiciler için yeni elektrik piyasası
Ekonomik faaliyetlerin desteklenmesi için teknik kalitenin sağlanması	Arıza/kesinti odaklı, güç kalitesi sorunlarına yavaş müdahale	Güç kalitesi/tedarik sürekliliği birinci öncelikli, sorunların hızlı çözümü, fiyat/kalite seçeneklerinde çeşitlilik
Varlıkların optimize edilmesi ve operasyonların verimliliği	Varlık yönetimi ve iş süreçlerinde sınırlı entegrasyon	Şebeke verilerinin edinilmesi ile ilgili büyük veri analitiği altyapıları, bileşenlerde ömür ve kapasite açısından maksimum yararlanma
Kendi kendini iyileştirme	Odaklanma arızadan sonra varlıkların korunmasında ve hasarın yayılmasına engel olmakta	Otomatik olarak problemlerin tespit edilmesi ve giderilmesi, odaklanma tüketicinin en az etkilenmesinde
Saldırı ve doğal afetlere karşı şebekenin esnek işletimi	Terör saldırılarına veya doğal afetlere karşı zayıf, savunmasız	Saldırı ve doğal afetlere karşı esnek ve hızlı toparlanma yetenekleri

2.2.3 Akıllı Şebekelerin Ana Hedefi

Akıllı şebekelerin oluşturulmasındaki ana hedefler [44,45]:

- Arz ve talep ilişkisini dengeleyerek şebeke kapasitesini optimize etmek.
- Üretim ve iletim kısıtlamalarından dolayı oluşan enerji maliyetlerindeki oynamaları düzenlemek.
- Son kullanıcı tarafında daha fazla dağıtılmış üretim ve enerji depolamaya olanak tanıyan mikro şebekelerin kurulması.
- Ülke genelinde kayıp-kaçak seviyelerinin düşürülmesi ile dağıtım şirketlerinin karbon ayak izlerinin azaltılması.

- Gelişmiş ve gerçek zamana yakın ölçüm altyapılarının kullanılması ile artan durumsal farkındalık.

2.2.4 Akıllı Şebekelerin Avantajları

Akıllı şebekeler birçok noktada avantaj sağlamaktadır. Bu avantajlar genel olarak [41,46]:

- Enerji tüketiminin uzaktan ve anlık olarak izlenebilmesine ve kontrol edilebilmesine olanak sağlayacaktır. Bu sayede, klasik şebekelerde kullanıcı verilerinin temini için söz konusu olan insan kaynağı ihtiyacı ortadan kalkmış olacaktır.

- İletim ve dağıtım altyapısının iyileştirilmesi ve geliştirilmesini sağlayacaktır. Acil durumları daha oluşmadan algılayıp düzeltecek veya oluşmasını önleyecek şekilde kendi kendini iyileştirebilecektir.

- Elektrik tüketim oranları belirli noktalarda gerçek zamanlı olarak karşılaştırılarak kayıp-kaçak oranı azaltılabilecektir.

- Akıllı şebekeler, elektrik üretim ve dağıtım yapısının dağıtık hale getirilmesine olanak sağlayacak. Bu sayede klasik şebekelerde olduğu gibi, şebekenin üretim ve dağıtım ile ilgili herhangi bir noktasında ortaya çıkacak bir problemin genel olarak tüm kullanıcıları etkilemesinin önüne geçmiş olacaktır.

- Dağıtım ve iletim şirketlerine daha fazla şebeke yönetim imkânı sunacaktır. Abonelerle elektronik ortamda iletişim sağlanacak, ticari kayıplar azalacaktır. Tahakkuk- tahsilat oranları artacak, sistem daha dengeli işletilecek, teknik kayıplar azaltılacak, kalite yükselecektir.

2.2.5 Akıllı Şebeke Uygulamaları

Ülkeler ekonomik ölçütleri dahilinde akıllı şebekelere yatırım yapmaya başlamışlardır. Dünyada akıllı şebeke çalışmalarına örnek vermek gerekirse [47, 49]:

2005 yılında İtalya’ da tamamlanan Telegestore projesi, ilk akıllı şebeke uygulaması olarak kabul edilir. Bu projeyle akıllı sayaçlar sisteme entegre edilmektedir. İlk yatırım maliyeti 2,1 milyar Euro ya mal olmuştur. Ancak sistemin uzaktan yönetim imkânı, son kullanıcıya farklı tarifeler sunabilmesi ve enerji verimliliğinin sağlanması ile proje kendini yaklaşık dört yılda amorti etmektedir.

Malta, doğal kaynaklar bakımından kısıtlı bir yapıya sahiptir ki içme suyu üretimi, göl ve nehirlerin olmaması nedeniyle yeraltı kaynaklarından ve deniz suyunu tuzdan ayırarak gerçekleştirmektedir. Yeraltı kaynaklarından ve deniz suyunun tuzdan arındırılarak yapılan içme suyu üretim sistemi tamamıyla enerjiye bağımlıdır. Enerji üretimi ise fosil yakıtlı kaynaklarla yapılan Malta’da enerji üretimi de dışa bağımlıdır. Akıllı şebeke yapısına geçerek son kullanıcıların suyu ve enerjiyi nasıl kullanacağına yönelik karar alınması sağlanmıştır. Ayrıca yenilenebilir enerji kaynaklarına geçişle birlikte fosil kökenli kaynaklara bağımlılık azalmış ve dışa bağımlılık azalarak tasarrufa geçilmiştir.

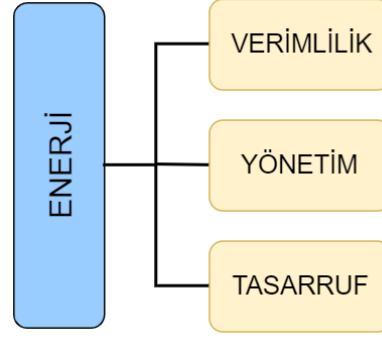
İngiltere akıllı şebekeler adına ilk adımı akıllı sayaçlar üzerine atmış ve kendine bir hedef koyarak akıllı sayacı olmayan ev ve işletme bırakmamıştır. Hükümetin bu program ile güvenli bir enerji altyapısı oluşturmaktır.

Güney Kore akıllı şebekeler kapsamında 3 aşamalı ve 5 fazlı bir yol haritası belirlemiştir. 3 aşamayı 2010-2012, 2012-2020 ve 2021-2030 olarak ayrılmıştır. Buna göre Güney Kore 2030 yılında akıllı şebekelere tamamıyla geçişini tamamlayacaktır. Evlerin akıllanması ile enerji yönetiminin yapılabilmesi, sistemin kendi kendini onarması ve gerçek zamanlı fiyatlandırma yapılması amaçlanmaktadır.

2.3 Enerji Verimliliği

Enerjinin güvenilir, zamanında, kesintisiz ve çevreye uyumlu temin edilmesi politikası çerçevesinde yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarından enerji üretimine yönelmenin yanı sıra ağırlık verilmesi gereken temel bir politika da enerji verimliliğinin artırılmasıdır.

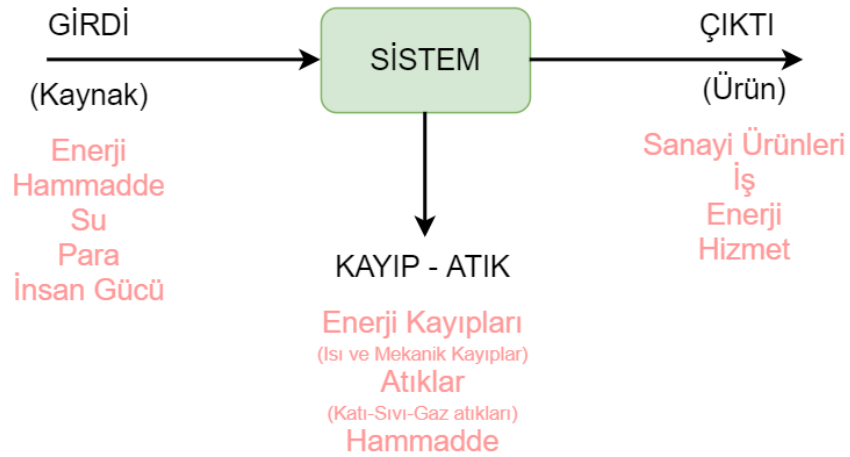
Enerji üzerine yapılabilecek kazanımlar Şekil 2.3’de gösterilmiştir [50].



Şekil 2.3. Enerji kullanımında kazanımlar

Enerji verimliliği, binalarda yaşam standardı ve hizmet kalitesinin, endüstriyel işletmelerde ise üretim kalitesi ve miktarının düşüşüne yol açmadan, birim hizmet veya ürün miktarı başına enerji tüketiminin azaltılması olarak tarif edilebilir [51].

Sisteme çıkışı %100 olarak gerçekleşmemekte, kayıplar oluşmaktadır. Bu yapı Şekil 2.4’de gösterilmiştir [50].



Şekil 2.4. Enerji verimliliği

2.3.1 Türkiye’de ve Dünyada Enerji Verimliliği Politikaları

Türkiye’de enerji politikasına şimdiye kadar büyük oranda arz cephesinden yaklaşılarak, büyümekte olan talebin karşılanmasına çalışılmış, bu süreçte enerji verimliliğine, arz cephesine oranla düşük öncelik verilmiştir. Son yıllarda, henüz belirgin bir sonuç alınmamış olsa da enerji sektöründe arz tarafı yönetimi

politikalarının yanı sıra, talep yönetimi ve enerji verimliliğinin arz kaynağı olarak görülmesi için çok önemli adımlar atılmaya başlanmıştır. Bu anlayış değişiminin en önemli göstergesi, 2007 yılında yürürlüğe giren Enerji Verimliliği Kanunu'dur [52].

2003 yılından itibaren enerji verimliliği mevzuatları konusunda AB ile uyum sürecine girilmesinin ardından, Türkiye Avrupa Birliği'nde yürürlüğe giren enerji verimliliği ile ilgili yasal düzenlemeleri birkaç senelik gecikmelerle takip etmektedir.

2005/32/AT "Enerji Kullanan Ürünlerin Çevreye Duyarlı Tasarımına İlişkin Yönetmelik" AB'de 2005 yılında, Türkiye'de ise 7 Ekim 2010 tarihinde yürürlüğe girmiştir. Dünyada tüketilen elektrik enerjisinin yaklaşık %20'sinin pompalar tarafından tüketildiği ve pompa sistemlerinin enerji maliyetlerinin yüksek olduğu göz önüne alınmış, pompalar konusu enerji tasarrufunda öncelik verilen konuların başında gelmiştir. "SGM-2011/15 Bağımsız ve Ürünlere Entegre Salmastrasız Devirdaim Pompaları ile İlgili Çevreye Duyarlı Tasarım Gereklerine Dair Tebliğ" AB'de 2009 yılında, Türkiye'de ise 23 Eylül 2011 tarihinde yürürlüğe girmiş, fakat 25 Aralık 2012 ye ertelenmiştir [53].

Bu doğrultuda, AB'de 2002 yılında yürürlüğe giren 2002/91/EC "Energy Performance of Buildings", Türkiye'de 2008 yılında "Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği" olarak yayınlanmış ve 5 Aralık 2009'da yürürlüğe girmiştir. AB'de 2005 yılında yürürlüğe giren 2005/32/EC "A Framework for The Setting of Ecodesign Requirements for Energy-Using Products", Türkiye'de 2010 yılında 2005/32/AT "Enerji Kullanan Ürünlerin Çevreye Duyarlı Tasarımına İlişkin Yönetmelik" olarak yayınlanmış ve 7 Ekim 2010'da yürürlüğe girmiştir [53].

Ülkemizde enerji verimliliği ile ilgili mevzuatların listesi şöyledir [54]:

Enerji Verimliliği Kanunu, 5627 Sayılı ve 18.04.2007 tarihli,

Enerji Verimliliği Strateji Belgesi, Resmi Gazete Tarihi:25.02.2012 Resmi Gazete Sayısı:28215.

2.3.1.1 Yönetmelikler

Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik, Resmî Gazete Tarihi:27.10.2011 Resmî Gazete Sayısı:28097

“Enerji ile İlgili Ürünlerin Çevreye Duyarlı Tasarımına İlişkin Yönetmelik”,
Resmî Gazete Tarihi 7 Ekim 2010

Binalarda Enerji Performansı Yönetmeliği, Resmî Gazete Tarihi:05.12.2008
Resmî Gazete Sayısı:27075

Merkezi Isıtma ve Sıhhi Sıcak Su Sistemlerinde Isınma ve Sıhhi Sıcak Su
Giderlerinin Paylaştırılmasına İlişkin Yönetmelik, Resmî Gazete Tarihi:14.04.2008
Resmî Gazete Sayısı:26847(Mükerrer)

Ulaşımında Enerji Verimliliğinin Artırılmasına İlişkin Usul ve Esaslar Hakkında
Yönetmelik, Resmî Gazete Tarihi:09.06.2008 Resmî Gazete Sayısı:26901

Küçük ve Orta Ölçekli Sanayi Geliştirme ve Destekleme İdaresi Başkanlığı
(KOSGEB) Destekleri Yönetmeliği, Resmî Gazete Tarihi:15.06.2010 Resmî Gazete
Sayısı:25795

Tanıtma ve Kullanma Kılavuzu Uygulama Esaslarına Dair Yönetmelik, Resmî
Gazete Tarihi:14.06.2003 Resmî Gazete Sayısı:25138

Tanıtma ve Kullanma Kılavuzu Uygulama Esaslarına Dair Yönetmelikte
Değişiklik Yapılması Hakkında Yönetmelik, Resmî Gazete Tarihi:08.10.2007 Resmî
Gazete Sayısı:26667

Millî Eğitim Bakanlığına Bağlı Okullarda Enerji Yöneticisi
Görevlendirilmesine İlişkin Yönetmelik, Resmî Gazete Tarihi:17.04.2009 Resmî
Gazete Sayısı:27203

Sıvı ve Gaz Yakıtlı Yeni Sıcak Su Kazanlarının Verimlilik Gereklerine Dair
Yönetmelik, Resmî Gazete Tarihi:05.06.2008 Resmî Gazete Sayısı:26897

Ev Tipi Klimaların Enerji Etiketlemesine İlişkin Yönetmelik, Resmî Gazete
Tarihi:14.12.2006 Resmî Gazete Sayısı:26376

Ev Tipi Elektrikli Buzdolapları, Dondurucular ve Kombinasyonlarının Enerji
Verimlilik Şartları ile İlgili Yönetmelik, Resmî Gazete Tarihi:30.12.2006 Resmî
Gazete Sayısı:26392

Ev Tipi Buzdolapları, Derin Dondurucular, Buzdolabı, Derin Dondurucular ve Bunların Bileşimlerinin Enerji Etiketlemesine Dair Yönetmelik, Resmî Gazete Tarihi:30.01.2010 Resmî Gazete Sayısı:27478

Floresan Aydınlatma Balastların Enerji Verimlilik Şartları ile İlgili Yönetmelik, Resmî Gazete Tarihi:30.12.2006 Resmî Gazete Sayısı:26392

2.3.1.2 Tebliğler

Enerji Verimliliği Eğitim ve Sertifikalandırma Faaliyetleri Hakkında Tebliğ (Sıra No:2012/5), Resmî Gazete Tarihi:18.09.2012 Resmî Gazete Sayısı:28415

Enerji Verimliliği Hizmetlerini Yürütecek Kurum ve Kuruluşlara Yetki Belgesi Verilmesi Hakkında Tebliğ (Sıra No:2012/4), Resmî Gazete Tarihi:25.07.2012 Resmî Gazete Sayısı:28364

Enerji Verimliliği Destekleri Hakkında Tebliğ (Sıra No:2012/3), Resmî Gazete Tarihi:03.07.2012 Resmî Gazete Sayısı:28342

5627 Sayılı Enerji Verimliliği Kanunu'nun 10. Maddesine ve 5326 Sayılı Kabahatler Kanunu'nun 3. ve 17/7. Maddelerine Göre 2012 Yılında Uygulanacak Olan İdarî Para Cezalarına İlişkin Tebliğ (Sıra No: 2012/2), Resmi Gazete Tarihi:19.01.2012 Resmi Gazete Sayısı:28178

Enerji Kaynaklarının ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmeliğin 7. Maddesine Göre Yetki Belgesi ve Sertifika Bedelleri ve Sertifika Bedellerinin Yetkilendirilmiş Kurumlara Ödenecek Bölümü Hakkında Tebliğ (Sıra No: 2012/1), Resmî Gazete Tarihi:19.01.2012 Resmî Gazete Sayısı:28178

Elektrikli Ev Aletleri ve Lambalarla ilgili Tebliğler

- Ev Tipi Ampullerin Enerji Etiketlemesine İlişkin Tebliğ
- Ev Tipi Çamaşır Makinalarının Enerji Etiketlemesine İlişkin Tebliğ
- Ev Tipi Bulaşık Makinalarının Enerji Etiketlemesine İlişkin Tebliğ
- Ev Tipi Çamaşır Kurutma Makinalarının Enerji Etiketlemesine İlişkin Tebliğ
- Ev Tipi Kurutmalı Çamaşır Makinalarının Enerji Etiketlemesine İlişkin
- Ev Tipi Elektrik Fırınlarnın Enerji Etiketlemesine İlişkin Tebliğ

23 Eylül 2011 tarihli Resmî Gazetede de “Enerji ile İlgili Ürünlerin Çevreye Duyarlı Tasarımına İlişkin Yönetmeliğin” uygulanmasına yönelik olarak, ev tipi buzdolabı, derin dondurucu, bulaşık makineleri, çamaşır makineleri ve televizyonların piyasaya arz edilmesi ile ilgili çevreye duyarlı tasarım gereklerini belirleyen tebliğler.

Elektrik Motorları ile İlgili Çevreye Duyarlı Tasarım Gereklerine Dair Tebliğ
(7 Şubat 2012) 28197 Sayılı Resmî Gazete

2.3.1.3 Genelgeler

2008 Enerji Verimliliği Yılı ile İlgili Başbakanlık Genelgesi (2008–2) Resmî Gazete Tarihi:15.02.2008 Resmî Gazete Sayısı:26788

2008 Enerji Verimliliği ile İlgili Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Genelgesi (2008–1)

Kamuda Akkor Lambaların Değiştirilmesi ile İlgili Başbakanlık Genelgesi (2008–19) Resmî Gazete Tarihi:13.08.2008 Resmî Gazete Sayısı:26966

Temel olarak bu kanun ve yönetmeliklerin amacı enerjinin etkin kullanılması, israfın önlenmesi, enerji maliyetlerinin ekonomi üzerindeki yükünün hafifletilmesi ve çevrenin korunması için enerji kaynaklarının ve enerji kullanımında verimliliğin artırılmasıdır [55].

2.3.2 Endüstride Enerji Verimliliği

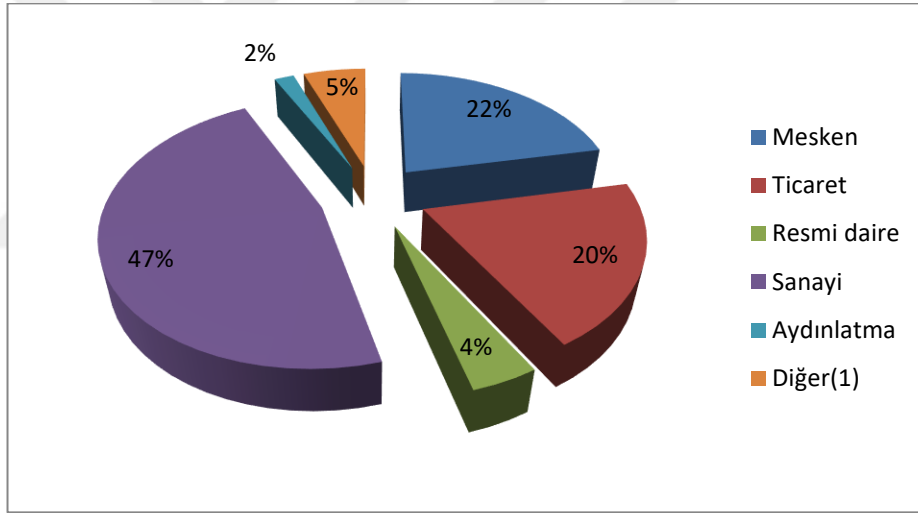
Bakım kolaylığı ve ucuz olmasının avantajıyla birlikte endüstride kullanılan elektrik motorlarının büyük bir çoğunluğu yaklaşık %90’ı asenkron motorlardır. Asenkron motorlar tarafından tüketilen enerji toplam tüketimin büyük bir bölümünü oluşturmaktadır. Bunun sonucu olarak enerji verimliliği çalışmalarına yönelik çalışmalarda motorlar üzerine yapılacak çalışmalar ile çok ciddi enerji tasarrufu yapmak mümkündür [56].

Endüstride yüksek oranda kullanılan elektrik motorlarının dünyadaki toplam elektrik tüketimine etkisini yüksek olması kaçınılmazdır ve toplam tüketimdeki payı yaklaşık %43-46 arasındadır. Bu yüksek enerji gereksinimi için enerji üretimi sırasında atmosfere yaklaşık 6.040Mt CO₂ (karbondioksit) salınımı yapılmaktadır.

2030 yılına kadar, etkili ve kapsamlı enerji politikaları takip edilmezse, elektrik motorları için ihtiyaç duyulan enerji miktarı yılda 13.360 TWh ve bu enerjinin üretilmesi içinde yılda 8.570Mt CO₂ salınımı olacağı tahmin edilmektedir. Elektrik motorlarının tükettiği enerjinin şu an son kullanıcılara maliyeti, yılda 565milyar US\$ olup, bu rakamın 2030 yılında 900 milyar US\$ olması beklenmektedir [57].

2030 yılına kadar, dünya genelinde enerjiyi minimum tüketmek amacıyla ülkelerin minimum enerji performans standartlarına uyması durumunda yılda endüstriyel elektrik motorlarının enerji tüketimlerinde 322TWh tasarruf ve buna bağlı olarak 206 Mt CO₂ salınımının engellenebileceği tahmin edilmektedir [57].

2017 yılı, enerjinin sektörlere göre dağılımı Şekil 2.5’de gösterilmiştir [58].

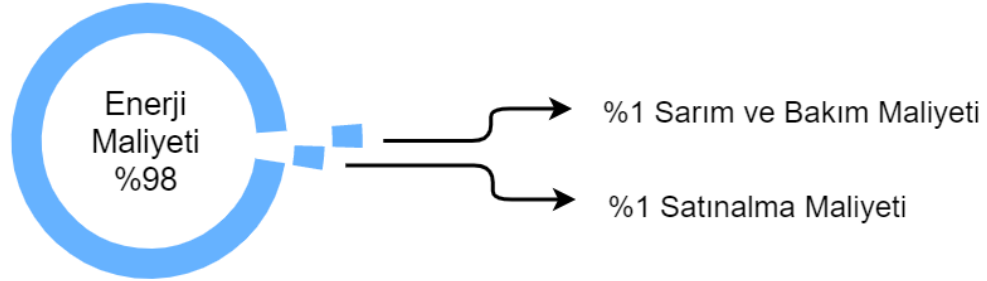


Şekil 2.5. 2017 yılı sektörlere göre elektrik tüketimleri

Ülkemizdeki 2017 yılı enerji tüketimlerine bakıldığında enerjinin %47’si yani yaklaşık tüketimin yarısını sanayi sektörü oluşturmaktadır.

2011 yılında Uluslararası Enerji Ajansı’nın 29 ülkeyi baz alarak yaptığı çalışma sonucunda, sanayi sektöründe tüketilen toplam enerjinin %69’u elektrik motorları tarafından tüketilmektedir [59].

Standart bir asenkron motorun satın alma maliyeti, motorun ortalama 15 yıllık ömrü boyunca çalışma maliyetinin sadece %1'ini oluşturmaktadır. %98'i ise motorun tükettiği enerjinin bedelidir [60].



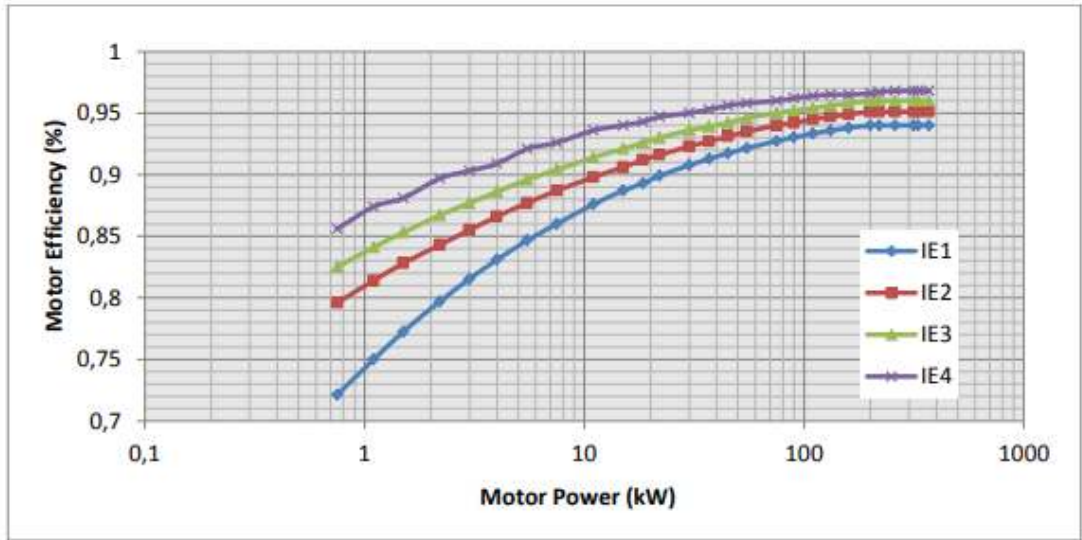
Şekil 2.6. Ömrü boyunca motorun maliyet oranı

1998 yılında CEMEP tarafından elektrik motorlarında verim üzerine yapılan çalışmada amaç, tüketiciyi korumak, haksız rekabeti engellemek ve tüketiciyi korumak amaçlanmıştır. Bu çalışma ile elektrik motorları EFF3, EFF2 ve EFF1 olmak üzere verimliliklerine göre sınıflandırılmıştır. 1,1-90kW arası motorları kapsayan bu ilk uygulama ile EFF3 en düşük verimi ifade ederken EFF1 en yüksek verimli sınıf olarak nitelendirilmiştir [61].

2008 yılında IEC tarafından verimlilik sınıfları üzerine yapılan çalışma ile yeni verimlilik sınıfları IE1, IE2, IE3 ve IE4 olarak belirlenmiştir. Bu sınıflandırmalar 2010 yılında TSE tarafından da kabul edilmiş ve TS EN 60034-30 standardı oluşturulmuştur. Bu tanımlamalar aşağıdaki gibidir [62].

- IE1: Standard verimli,
- IE2: Yüksek verimli,
- IE3: Çok Yüksek Verimli Motorlar
- IE4: Süper Çok Yüksek Verimli Motorlar

Verimlilik sınıflarının motor gücüne göre değişimi Şekil 2.7'de verilmiştir [63].



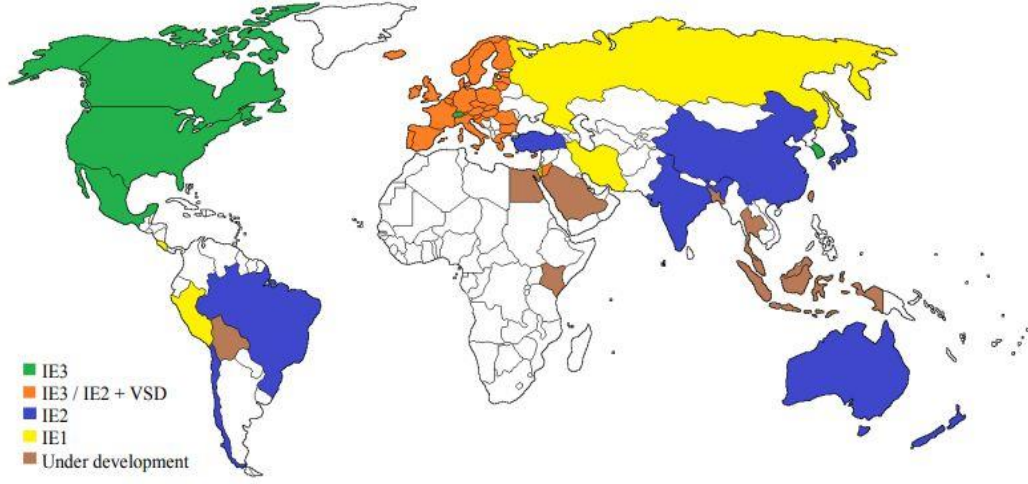
Şekil 2.7. IEC 60034-30 ve IEC 60034-31 standartlarına göre verimlilik sınıfları

Ülkemizde motor verimlilikleri ile ilgili 7 Şubat 2012 tarih ve 28197 sayılı Resmî Gazete ile Elektrik Motorları ile İlgili Çevreye Duyarlı Tasarım Gereklerine Dair Tebliğ yayımlanmıştır. Bu tebliğe göre;

01.01.2015 tarihinden itibaren, anma çıkış gücü 7,5 kW ile 375 kW arasında olan motorların verimi, bu Tebliğin Ek-I maddesinde tanımlanan IE3 verim seviyesinden düşük olmayacak veya bu Tebliğin Ek-I maddesinde tanımlanan IE2 verim seviyesini karşılayacak ve değişken hızlı tahrikle teçhiz edilmesi zorunlu kılınmıştır [64].

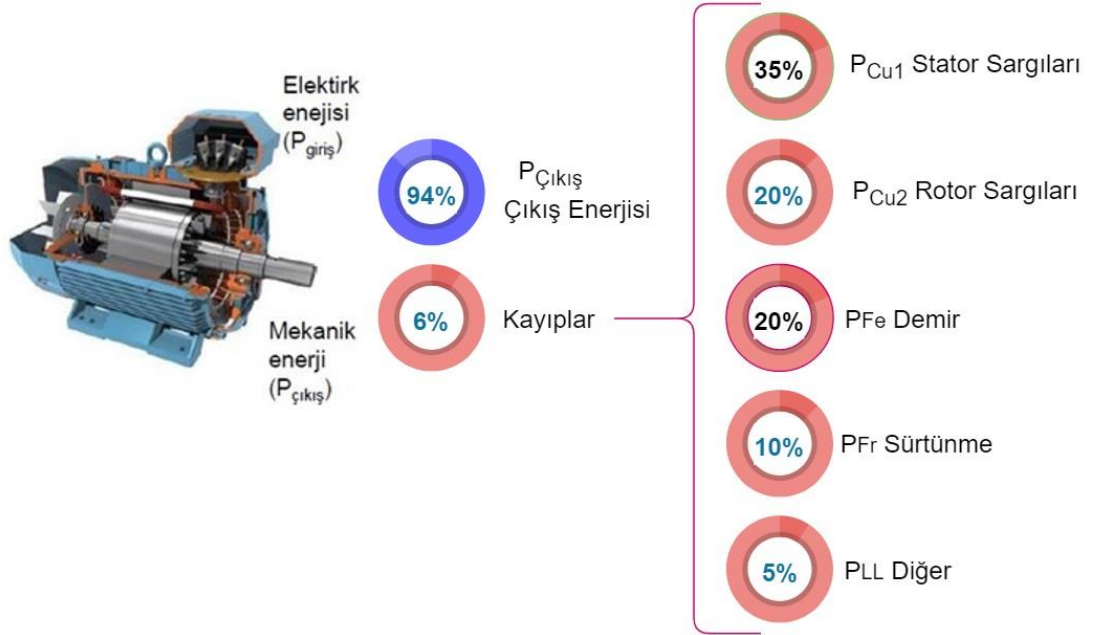
01.01.2017 tarihinden itibaren, anma çıkış gücü 0,75 kW ile 375 kW arasında olan motorların verimi, bu Tebliğin Ek-I maddesinde tanımlanan IE3 verim seviyesinden düşük olmayacak veya bu Tebliğin ekinde yer alan Ek-I maddesinde tanımlanan IE2 verim seviyesini karşılayacak ve değişken hızlı tahrikle teçhiz edilmesi zorunlu kılınmıştır [64].

Verimlilik sınıflarına göre dünyadaki elektrik motorlarının kullanım haritası Şekil 2.8'de gösterilmiştir [65].



Şekil 2.8. Elektrik motorları verim atlası

Elektrik motorları, elektriksel enerjiyi mekanik enerji dönüştürürler. Bu işlemde enerjinin tamamı mekanik enerjiye dönüşmez çeşitli nedenlerle kayıplar oluşur. Motorlara ait oluşan kayıplar Şekil 2.9’da gösterilmiştir [60].



Şekil 2.9. Enerji verimliliğinde kayıpların oranı

Stator Demir Kayıpları; manyetik nüvedeki histerizis ve fuko kayıplarının toplamıdır. Bu kayıplar sabit olup yüke göre değişmez. Üretimde kullanılan sacın

özelliği, sacın kalınlığı, sac paketin büyüklüğü ve stator sargılarına uygulanan gerilimin frekansına (şebeke frekansı) bağlı olarak değişim gösterir. Sürtünme kayıpları, dönen makinelerde oluşan sabit kayıplardır. Yataklarda ve pervanede ısı şeklinde ortaya çıkarlar [66].

Arıza vb. nedenlerle tekrar bakım ihtiyacı duyulmuş ve sarım yapılmış bir motorda, motor verimi değişmektedir. Genel olarak yeniden sarılmış motorlarda verimliliği etkileyen üç faktör vardır [67]:

- 1- Demir kayıplarında artış
- 2- Bakır kaybı
- 3- Mekanik Hususlar

Standart bir verimli motorun sargılarını tekrar sarmak veya yeni bir motor almak arasında seçim yapılmak isteniyorsa verimlilik farkı tam yükte %4-%5 olacaktır [67].

2.4 Enerjinin Verimli Yönetimi

2.4.1 Enerjinin Yönetimi Nedir

Enerji yönetimi, akıllı mühendislik çözümleri ile enerjinin en verimli şekilde kullanılmasıdır.

Dünyada ki toplam karbondioksit miktarının %80'inin oluşumunu, dünyanın yüz ölçümünün %2'sini oluşturan şehirler neden olmaktadır. Oluşan bu sera gazlarının %75'lik kısmının temel nedeni, kentlerin ihtiyaç duyduğu enerji kullanımıdır [68].

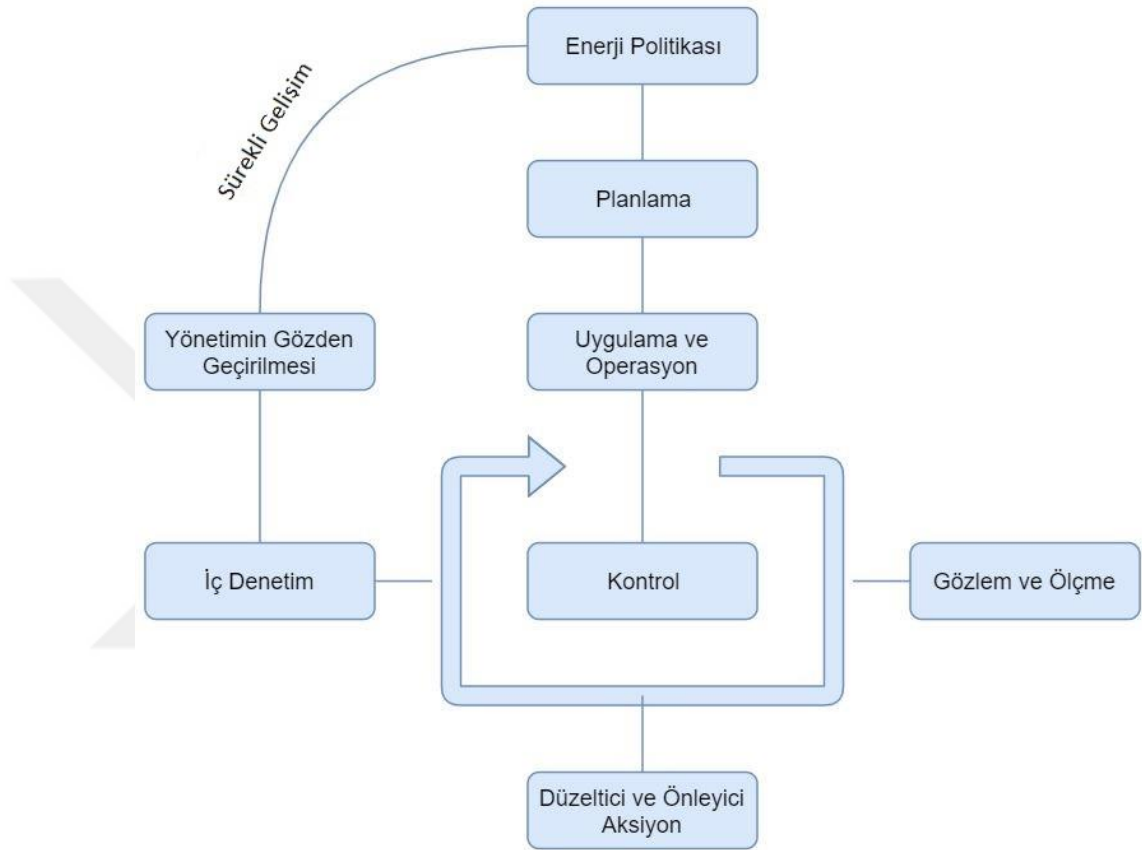
Enerji tüketimi dünyada hızla artmaktadır, bu artış gelecek yıllar için enerji sektörünün ana sıkıntılarından biri olacaktır. Sadece enerji tasarrufu bu sorunu çözmeye yeterli olmayacaktır. Kalıcı çözüm için sürdürülebilir şekilde verimli sistemler tesis edilmesi gerekmektedir [69].

2.4.2 ISO 50001 Standardı

ISO 50001 Enerji Yönetim Sistemi, enerji verimliliğini yerine getirmeyi amaçlamakla birlikte sürekli olarak iyileştirmeyi taahhüt etmektedir. Bu standart,

kurumdan enerjiyi tükettiği önemli noktaları analiz ederek belirlemesini ve bu noktalara yönelerek, iyileştirmelere gidilmesini beklemektedir [70].

Planla – Uygula – Kontrol Et – İyileştir (PUKO) döngüsünü standardın yapısında görmek mümkündür. Şekil 2.10’da PUKO döngüsü verilmiştir [71].



Şekil 2.10. PUKO döngüsü

2.4.3 Enerji Yönetiminin Amaçları

Enerji yönetimi kuruluşa-idareye belli amaçlar ile yaklaşmaktadır [72]:

- Sistemin enerjiyi daha etkin kullanması, böylece enerji tüketimini azaltarak enerji tüketim girdilerini düşürmeyi hedefler,
- Enerji kullanımını etkin izleme, raporlama ve yönetim stratejileri geliştirme ve uygulama,
- Enerji yatırımları yaparak daha verimli tesisler elde etmenin yolunu açmak ve bunun için AR-GE çalışmaları yapmak,

- Personelin tamamını enerji yönetim programları ile sisteme dahil etmek,
- Sera gazı emisyonlarını azaltmak.

2.4.4 Enerji Yönetim Sistemlerinin Faydaları

Enerji yönetim sisteminin kuruluşlara sağladığı faydaları aşağıdaki gibi belirtebiliriz [70]:

- Maliyet girdilerini düşürür.
- Enerjiye dayalı hedefleri resmileştirir.
- Enerji performansında iyileşme göstergesi sağlar.
- Enerji izleme planları ve enerji analiz faaliyetleri oluşturur.
- Teknolojik gelişmelerin ilerlemesine katkı sağlar.
- Kurum içinde, üst yönetimin sürece katılımını sağlar
- İş performansında iyileşmeyi sağlar.
- Üretkenlik ve rekabet edebilirlikte artış sağlar.
- Sera Gazı emisyonlarında azalma sağlar.

2.5 Pompa (Terfi) İstasyonları

Pompa istasyonları, içme suyu veya atık suların kendiliğinden akışının mümkün olmadığı durumlarda kullanılır. Suyun daha düşük seviyeden, daha yüksek bir seviyeye basılmasını sağlar.

Pompa istasyonları suyu veya atık suyu pompalamak için gerekli olan ekipmanlardan oluşur. Bu ekipmanlar; vanalar, pompa ve elektrik aksamlarıdır. Pompa istasyonları farklı uygulamalar için kullanılabilir. Yaygın kullanımları arasında atıksı ve içme suyu işletmeleridir.

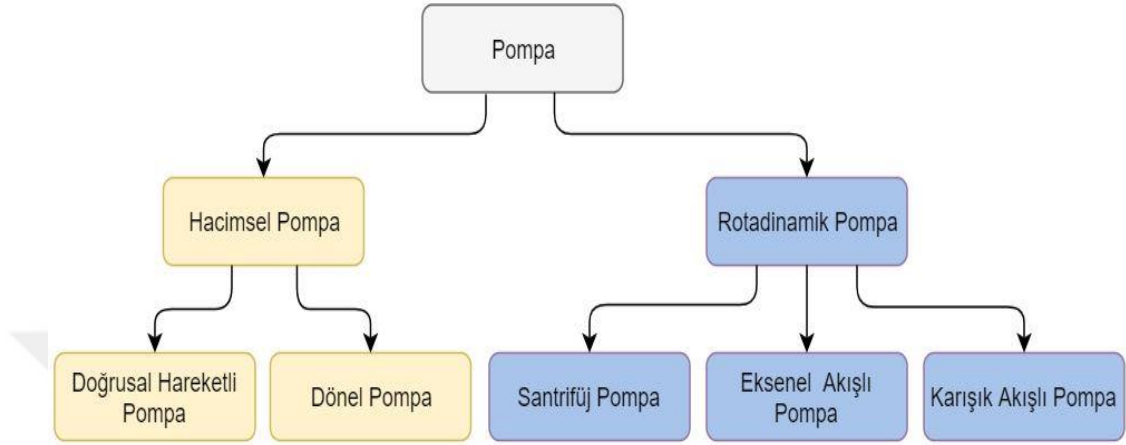
2.5.1 Pompa İstasyonları Temel Elemanları

2.5.1.1 Pompa

Sıvıya mekanik enerji kazandıran diğer bir deyişle sıvıya enerji veren makinalardır. İçinden geçen sıvıya motordan aldığı mekanik enerjiyi aktarırlar. Genel anlamda sıvıların basıncını ve toplam enerjisini arttırarak, bir yerden diğer bir yere nakil imkanını sağlar [73].

2.5.1.2 Pompa Tipleri

İhtiyaca göre çeşitli pompa tipleri kullanılmaktadır. Pompalar genel olarak hacimsel ve rotadinamik olmak üzere iki grupta toplanır şekilde gösterildiği gibi 2 grupta toplanır.



Şekil 2.11.Pompa tipleri

2.5.1.2.1 Hacimsel Pompalar

Bu pompaların temel çalışma kuralı akışkanın kapalı hacimler şeklinde düşük basınç (emme) bölgesinden yüksek basınç (basma) bölgesine taşınmasıdır. Bu gruptaki doğrusal hareketli pompalar, pistonlu ve membranlı olarak, dönel hareketli pompalar ise dişli, vidalı ve paletli olarak adlandırılırlar.

2.5.1.2.2 Rotadinamik Pompalar

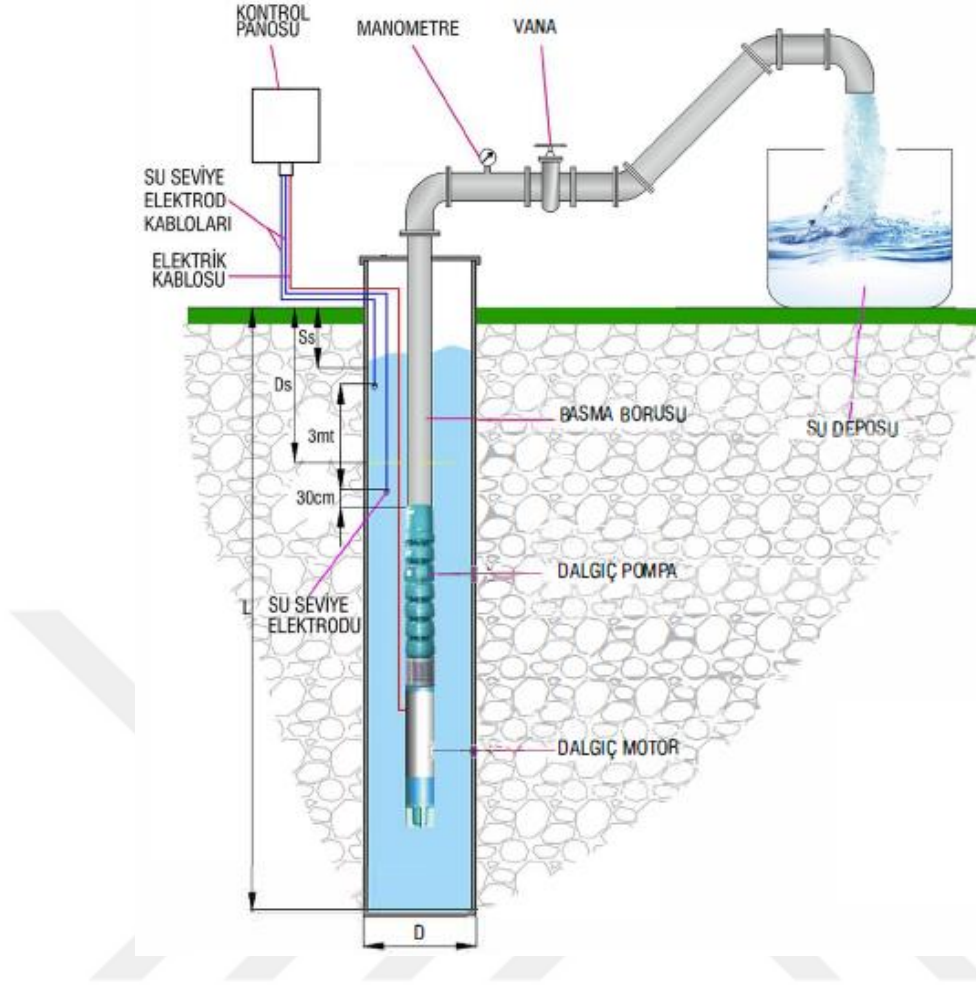
Bu tip pompalarda akışkanın içinde çalışan bir çark bulunur. Rotodinamik pompaları basitçe ifade edecek olursak, pompanın yapısındaki özel tertibat ya da kanatların hızlı hareket etmesi ile akışkana hareket kazandırılırlar. Akışkanın momentumu açık kanallardan geçerken artar ve daha sonra yayıcı bölüme girerek, mevcut olan akışkanın yüksek hızını basınç artışına dönüştürür [73]. Pompa istasyonlarında genel olarak salyangoz tip santrifüj pompalar kullanılmaktadır.



Şekil 2.12. Santrifüj pompa

Genel kullanım alanları terfi merkezleri, su arıtma sistemleri, yangın söndürme istasyonları, endüstriyel ve kamusal uygulamalar, su dağıtım şebekeleri, gemiler, madencilik sektörü, enerji santralleri, tarımsal sulama sistemleri ve genel rafineri prosesleridir.

Dalgıç pompalar, motorda dahil olmak üzere tamamen su altında çalışabilen santrifüj pompalardır. Dalgıç pompalar, bir elektrik motoru ve tek bir pompadan oluşur. Gövdesine bitişik elektrik motorunun bağlantı yerleri tamamen izole edilmektedir, bu şekilde hava ya da su sızdırma durumları olmazken, dış etkenlerden de bağımsız bir şekilde çalışması önemli özelliklerinin başındadır. Bu özelliğinden dolayı kullanımı çok güvenli ve verimlidir. Ayrıca büyük boyutlu bir dalgıç pompa ve motor, uzun dar bir silindir gibi şekillendirilir. Bu yapısı, su kuyusunun içine sığabilmesine ve pratik olmasını sağlar. Dalgıç pompalar genel olarak derin kuyularda, sulama işlemlerinde kullanılmaktadır [74-76].



Şekil 2.13. Dalgıç pompa montaj yapısı

2.5.1.3 Motor

Pompalar tek başına gerekli işlevi yapamazlar, pompalara mekanik enerjiyi elektrik motorları sağlamaktadır. Elektrik motorları gerilim türlerine göre;

- Doğru akım (DC) motorları
- Alternatif akım (AC) motorları

olarak gruplandırılır.

Maliyetinin avantajı sebebiyle pompa istasyonlarında genelde AC motorlar kullanılmaktadır [77].

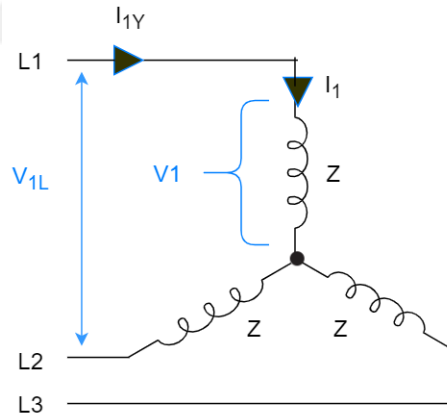
AC motorların çalışmaya başladığı ilk anda şebekeden çektiği akıma kalkınma akımı veya yol alma akımı denir. Bu akım motorun nominal akımının 6-8 katı değerlerine ulaşır. Bu çekilen akım her ne kadar kısa süreli olsa da şebekeyi etkilemektedir. Bu nedenle çeşitli yol verme yöntemleri kullanılır.

2.5.1.3.1 Doğrudan Yol Verme

Asenkron motorlar, kalkış anında kısa süreli yüksek akımlar çekerler. Doğrudan yol verme ile yapılan yol verme işleminde önemli olan nokta bu kısa süreli yüksek akımın şebekeye etkisidir. Bu yöntem, şebekeye etkilemeyecek küçük güçlü motorlar ve kendi enerjisini üreten tesisler tarafından kullanılmaktadır.

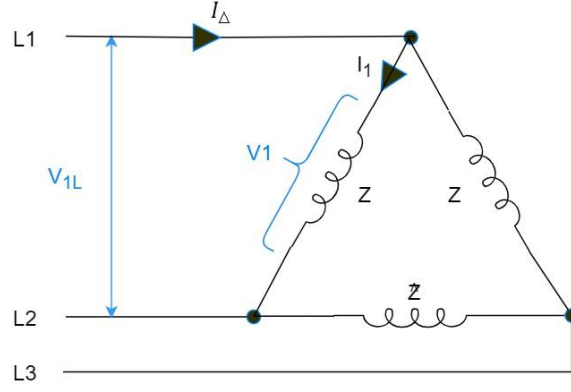
2.5.1.3.2 Yıldız Üçgen Yol Verme

Bu yol vermedeki amaç kalkınma akımını düşürmektir. İlk kalkınma anında motor yıldız bağlı, normal devrine ulaştığında ise üçgen bağlı olarak çalıştırılır. Böylece, motor ilk kalkınmada yıldız bağlantı ile çalıştığından şebekeden çekilen akım 1/3 oranında düşer.



Şekil 2.14. Yıldız bağlantı durumu

$$I_Y = I_1 = \left(\frac{V_1}{Z} \right) = \left(\frac{\left(\frac{V_{1L}}{\sqrt{3}} \right)}{Z} \right) \quad (2.1)$$



Şekil 2.15. Üçgen bağlantı durumu

$$I_{\Delta} = \sqrt{3} \times I_1 = \sqrt{3} \times \left(\frac{V_{1L}}{Z} \right) \quad (2.2)$$

$$\frac{I_Y}{I_{\Delta}} = I_1 = \left(\frac{\left(\frac{V_{1L}}{\sqrt{3}} \right)}{\sqrt{3} \times \left(\frac{V_{1L}}{Z} \right)} \right) = \frac{1}{3} \quad (2.3)$$

Yıldız bağlantıdan üçgen bağlantıya geçme süresi oldukça önemlidir. Eğer yıldız çalışma süresi kısa olursa motor nominal devrine ulaşmamış olduğundan üçgene geçişte ani akım yükselmeleri olur. Eğer yıldız çalışma süresi uzun olursa bu durumda yaklaşık 1/3 değerinde bir momentle yükü karşılama durumunda bırakılır. Yükün momenti bu momentin üzerindeyse motor aşırı yüklenmiş olur.

2.5.1.3.3 AC Motor Hız Kontrol Cihazı ile Yol Verme

Frekans konvertörü, motorun besleme frekansını kontrol ederek bir yol verme yöntemidir. Bu cihazlar sabit frekanslı AC gücün girişini, değişken frekanslı çıkışa çeviren elektronik cihazlardır. Frekans değiştirici ile yol verme yaygın olarak pompa ve fan uygulamalarında kullanılmaktadır. Frekansla birlikte uygulanan gerilimde değiştirilirse devrilme momenti sabit kalacaktır. Bu yöntem, motora yol vermede ve durdurmada başarıyla uygulanabilir. Normal çalışma süresince motorun farklı hızlarda çalışmasına ihtiyaç duymayan bir sistem varsa yol verme işleminde bu sistem en pahalı

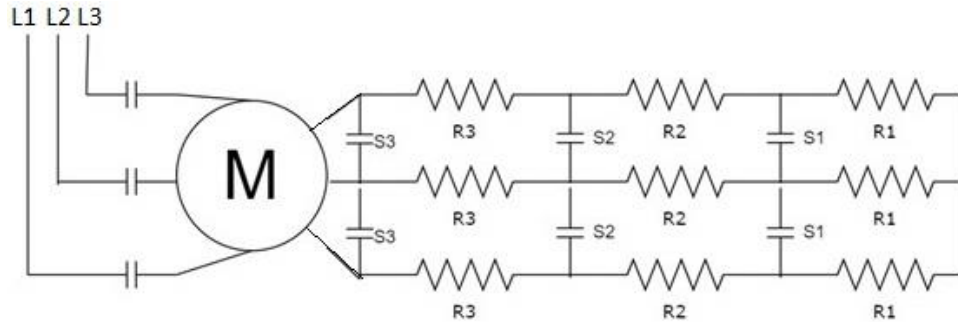
yöntemdir. Ancak frekans konvertörü ile yol verme yöntemiyle enerji tasarrufu da sağlanabilmektedir [78].

2.5.1.3.4 Reosta ile Yol Verme

Şekil 2.16’da reosta ile yol verme yöntemine ait bağlantı şeması gösterilmiştir. Buna göre;

Bilezikli endüksiyon motora yol verme işlemin uygulanan adımlar [78]:

- Sisteme start verildiğinde üç fazlı reostanın bütün dirençleri üç fazlı rotor sargılarına temas eder.
- Motor aşırı akım çekmeden rotor yavaş yavaş dönmeye başlar. Zaman rölesi yardımıyla önce S1 anahtarı kapatılır.
- Belli bir süre sonra S2 anahtarı kapatılır ve rotor hızlanmaya devam eder.
- Son olarak S3 anahtarı kapatılır. Reostanın kolu son kademeye geldiğinde rotor sargıları kısa devre edilmiş olur.
- Motor durduruluncaya kadar kısa devreli endüksiyon motor olarak çalışmaya devam eder.



Şekil 2.16. Reosta ile yol verme

2.5.1.4 Vana

Pompa istasyonlarının diğer önemli bir parçası vanadır. Birçok çeşit vana vardır. Önemli olan sistemin ihtiyacı olan vanayı seçmektir. Pompa İstasyonu vb. tesislerde pompanın bakımını tesisin tamamını durdurmadan yapabilmek için

pompanın başına ve ardına vana yerleştirilmedi. Böylece pompa bakımlarında sistem tamamen etkilenmez.

Pompa istasyonlarında çıkış vanası olarak motorlu tip vana kullanılmaktadır. Mevcut sistemde vana, sadece hattın açılıp kapanması değil, vananın kısılarak debi ayarı yapılmasını da sağlamaktadır. Şekil 2.17’de motorlu vana yapısı gösterilmiştir.



Şekil 2.17. Motorlu vana

Pompa istasyonu için diğer önemli bir noktada geri tepme vanasının olmasıdır. Akışkanı belli bir yükseğe bastıktan sonra herhangi bir enerji kesintisinde, akışkanın ters yönlü olarak gelmesi engellenmiş olur.



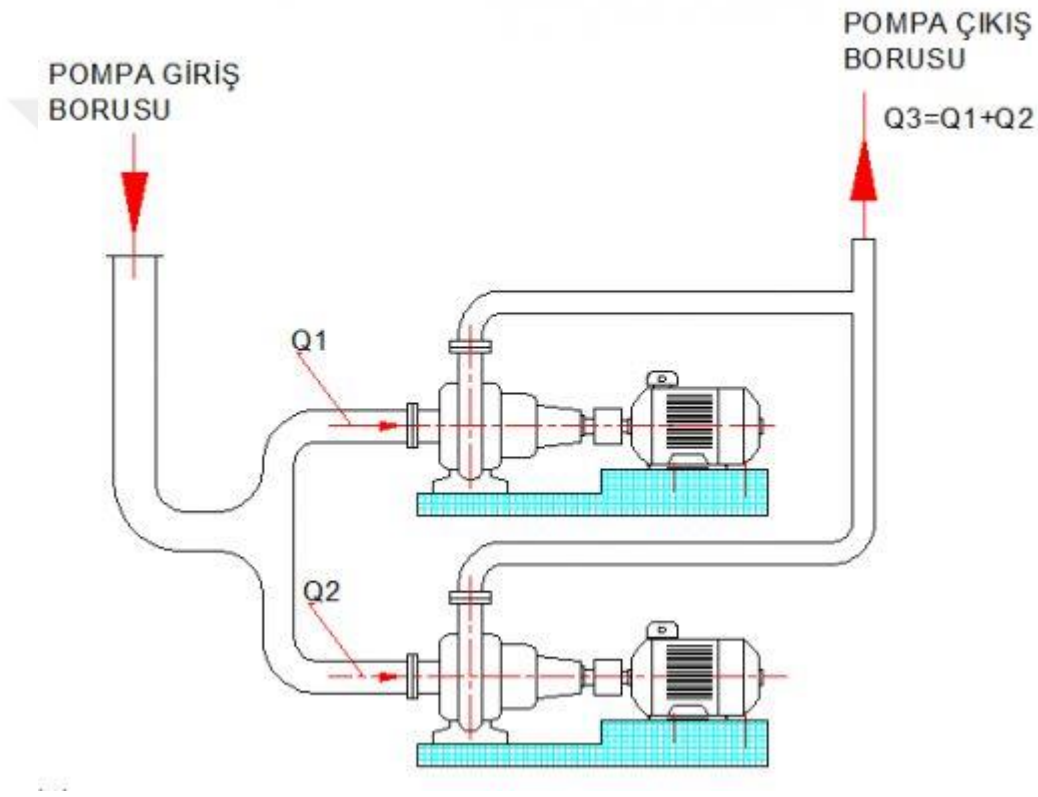
Şekil 2.18. Çekvalf (kollu - tilting tip)

2.5.2 Pompaların Bağlantı Şekilleri

Pompalar bağlanış şekilleri itibariyle iki ana grubu ayrılırlar

2.5.2.1 Paralel Bağlantı

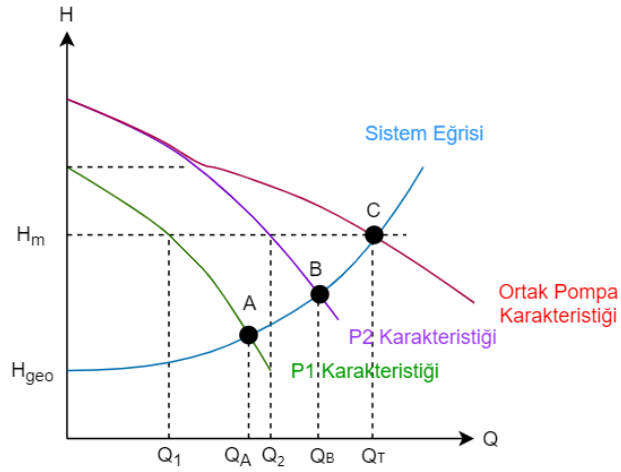
Pompa istasyonlarında sistemin gereksinimlerinden ötürü tek pompanın yeterli kapasiteyi sağlayamadığı durumlarda sistem gereksinimi kadar pompa, birbirlerine paralel olarak bağlanması durumudur [79]. Şekil 2.19’da paralel bağlı pompa yapısı gösterilmiştir.



Şekil 2.19. Paralel bağlantı

Çıkışta pompa kapasitelerinin toplamı kadar bir kapasite elde edilmesi mümkündür. Aynı H basma yüksekliğinde Pompa1 kapasitesi Q1 ve yine aynı H basma yüksekliğinde Pompa2 kapasitesi Q2 ise her iki pompadan yine H basma yüksekliğinde Q1+Q2 kapasitesi elde edilir.

Paralel bağlamaya bağlı olarak pompa – debi ilişkisi aşağıdaki şekilde verilmiştir [80].



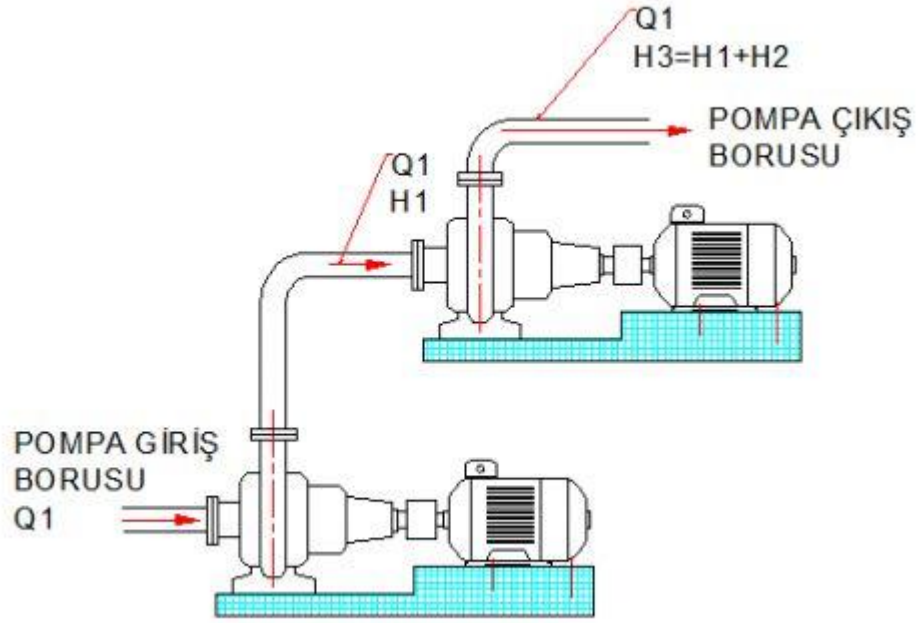
Şekil 2.20. Paralel bağlamada pompa-debi ilişkisi

Burada en önemli nokta sistem tasarımının yapılmasıdır. Sistem Şekil 2.19’da ki gibi iki pompa beraber çalışacak şekilde seçildiyse C noktasında sorunsuz çalışacaktır. Debi ihtiyacı durumuna göre tek pompaya geçildiğinde Q1 debisi beklenmektedir. Ancak sistem eğrisi söz konusu pompanın kesişim noktası olan QA debisi elde edilir. Bu nedenle her iki durumda (tekli-paralel) göz ardı edilmeden pompa seçimi yapılmalıdır.

2.5.2.2 Seri Bağlantı

Eğer sistemde yeterli basma yüksekliği sağlanamıyorsa pompalar birbirine seri (birinin çıkışı diğerinin girişine) bağlanarak her iki pompanın basma yüksekliklerinin toplamı kadar basma yüksekliği elde edilebilir.

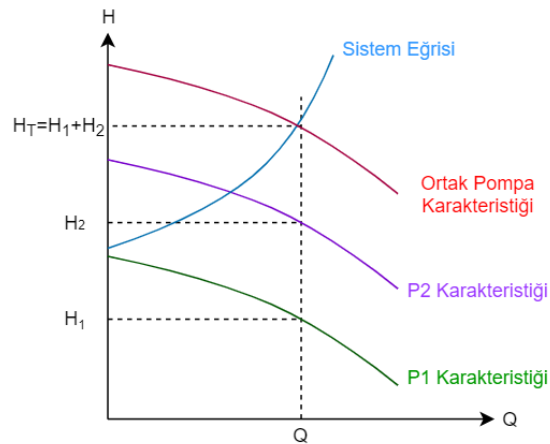
Seri bağlantı yapısı şekil 2.21’de gösterilmiştir [79].



Şekil 2.21. Seri bağlantı

Seri bağlı pompalarda kapasite en düşük kapasiteye sahip pompanın kapasitesi kadar olur. Bu nedenle eş debili pompalar ile çalışma yapılır. Bu tasarımda önemli olan ilk pompanın çıkış basıncı 2. Pompanın giriş basıncıdır.

Paralel bağlamaya bağlı olarak pompa – debi ilişkisi Şekil 2.22’de verilmiştir [80].



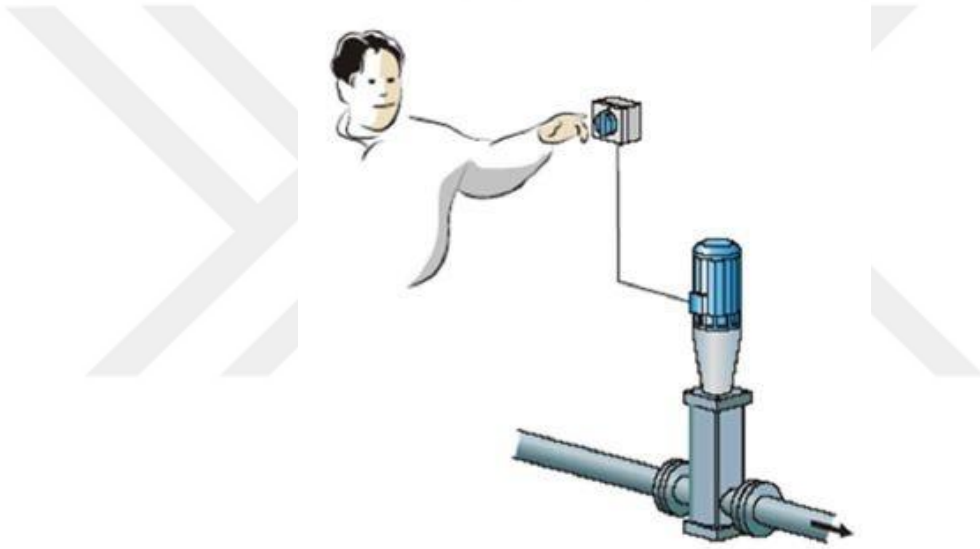
Şekil 2.22. Seri bağlamada pompa-debi ilişkisi

2.5.3 Pompa İstasyonlarında Sistemin Kontrolü

Pompa istasyonlarında; pompanın çalışma şekli çeşitli yöntemlerle ayarlanmaktadır. Temel amaç debinin kontrolüdür. Bu yöntemler sistemin gereksinimleri doğrultusunda belirlenir.

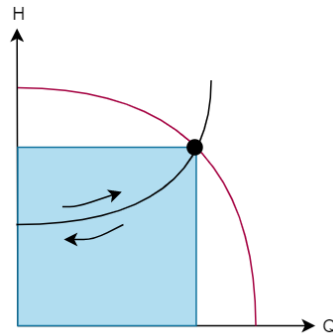
2.5.3.1 Kesintili Çalıştırma

Kesintili çalıştırmada, pompanın ihtiyaç durumuna göre devreye sokulup çıkarılması baz alınır. Bu tarz uygulamalar tüketimin çok fazla olmadığı yerleşim yerlerinde kullanılır. Depodaki şamandıra sistemiyle depo seviyesinin kontrol edilerek depo su seviyesi belli aralıklarda tutulur. Böylece deponun boşalması ve taşması önlenmiş olunur.



Şekil 2.23. Pompa istasyonlarında kesintili çalıştırma

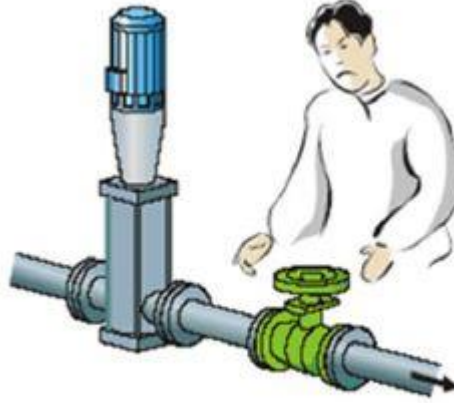
Kesintili çalışmaya ait pompa çalışma eğrisi aşağıda gösterilmiştir [81].



Şekil 2.24. Kesintili çalışmada pompa çalışma eğrisi

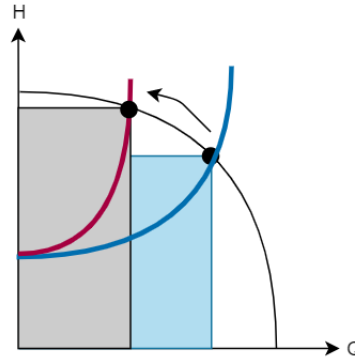
2.5.3.2 Çıkış (Kısma) Vanası ile Kontrol

Çıkış vanası sisteme seri olarak bağlanırlar. Çıkış vanası olarak sistemde motorlu vanalar veya kelebek vanalar kullanılmaktadır. Çıkış vanası sistemin ihtiyacına göre kısılıp açılarak debi ayarı yapılmış olur. Debiyi istediğimiz seviyeye azaltmak için vana kısılır. Vananın kısılması debiyi düşürdüğü gibi basma yüksekliğini arttırır.



Şekil 2.25. Çıkış (kısma) vanası ile kontrol

Çıkış vanası ile kontrol yöntemiyle çalışmaya ait pompa çalışma eğrisi Şekil 2.26'da gösterilmiştir [81].



Şekil 2.26. Kısma vanası ile çalışmada pompa çalışma eğrisi

2.5.3.3 Bypass Vanası ile Kontrol

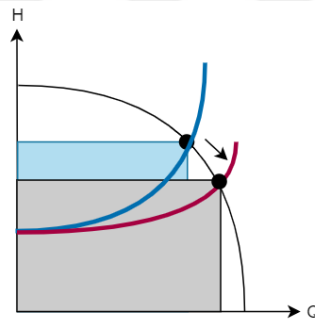
Bypass kontrol yöntemi çıkış vanası gibi pompaya seri olarak değil pompaya paralel olarak bağlanır. Pompa daima tam hızda çalışır durumdadır. Sistemde bir

bypass devre vardır ve debi pompanın basma tarafından emme tarafına doğru bir miktar debinin yönlendirilmesiyle kontrol edilir.



Şekil 2.27. Bypass vanası ile kontrol

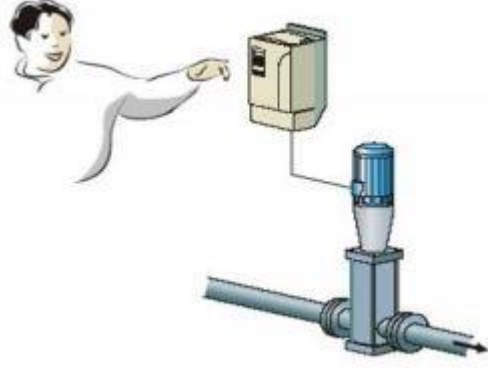
Bypass vanası ile kontrol yöntemiyle çalışmaya ait pompa çalışma eğrisi Şekil 2.28’de gösterilmiştir [81].



Şekil 2.28. Bypass vanası ile çalışmada pompa çalışma eğrisi

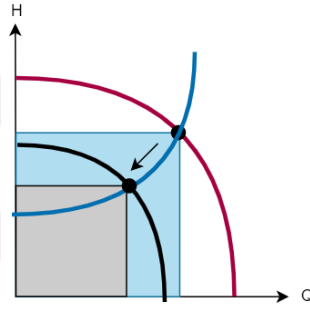
2.5.3.4 AC Motor Hız Kontrol Cihazı ile Kontrol

Hız ayarı ile kontrol elektrik motorunun frekansının değiştirilmesiyle sağlanmaktadır. Elektrik motorlarında kademesiz hız ayarı frekans konvertörleri ile sağlanmaktadır. Frekans konvertörü ile motor uygulamasında tasarruf edebilmenin tek şartı, prosesin hızı azaltma imkanı verebiliyor olmasıdır.



Şekil 2.29. Hız ayarı ile kontrol

Hız ayarı ile kontrol yöntemiyle çalışmaya ait pompa çalışma eğrisi şekil 2.30’da gösterilmiştir [81].



Şekil 2.30. Hız ayarı kontrolü ile çalışmada pompa çalışma eğrisi

3. MATERYAL VE YÖNTEMLER

Bu bölümde yukarıda özet bilgileri verilen pompa sistemlerine ilişkin olarak konu kapsamında enerji verimliliğini artırıcı yöntemler üzerinde durulmuştur. Bu amaçla, incelenen pompa istasyonu parametreleri ve çalışma sistemi, göz önüne alınmıştır.

3.1 Tesisler

İzmir Büyükşehir Belediyesi sınırlarındaki evsel ve endüstriyel su ihtiyaçlarının karşılanması amacıyla DSİ tarafından 1971 yılında Camp-Harris-Mesara firma grubuna İzmir İçme Suyu Projesi Master Planı hazırlattırılmıştır. Bu planda İzmir kentinin 2000 yılına kadar olan içme ve kullanma suyu ihtiyaçlarını karşılayacak tesisler ortaya konulmuştur. 4 ana aşamadan oluşan proje kapsamında, Göksu ve Sarıkız pınarlarının geliştirilmesi 1 aşama, Tahtalı barajı ve arıtma tesisleri 2. aşama olarak önerilmiştir. Sonraki yıllarda DSİ tarafından yapılan revizyonlarla projenin son iki aşaması iptal edilerek Manisa ilindeki Gördes barajı yeni aşama olarak önerilmiş ve uygulamaya geçirilmiştir. Şekil 3.1’de Göksu pompa istasyonu verilmiştir.



Şekil 3.1. Göksu pompa istasyonu uydu görüntüsü

1970 – 1974 yılları arasında, Manisa İli Yunus Emre İlçesi Muradiye Mahallesi kademeli olarak derin kuyular açılmıştır. Söz konusu bölgeye 1995 yılında da yeni kuyular açılmıştır. Göksu pompa istasyonu şu an itibariyle 22 adet aktif kuyu tarafından beslenebilmektedir.

Göksu Pınarları bölgesinde toplu halde bulunan derin kuyulardan elde edilen su, bir havuzda toplanarak 6 pompalı bir pompa istasyonu ile 3 kilometre uzunluğundaki isale hattı ile Çullu ham su deposuna iletilmektedir.

Çullu Arıtma Tesisi kapasitesi yaklaşık 3000 L/sn’ dir. Tesisin ham su deposu Göksu pompa istasyonu ve Sarıkız kuyuları ile beslenmektedir. İçme suyu, arıtma tesisinde arıtıldıktan sonra Çullu temiz su deposu üzerinden kendi cazibesi ile Yahşelli pompa istasyonuna iletilmektedir. Yahşelli pompa istasyonunda ise arıtma tesisinden gelen su Yahşelli deposuna basılarak buradan kendi cazibesi ile İzmir Kenti beslenmektedir.



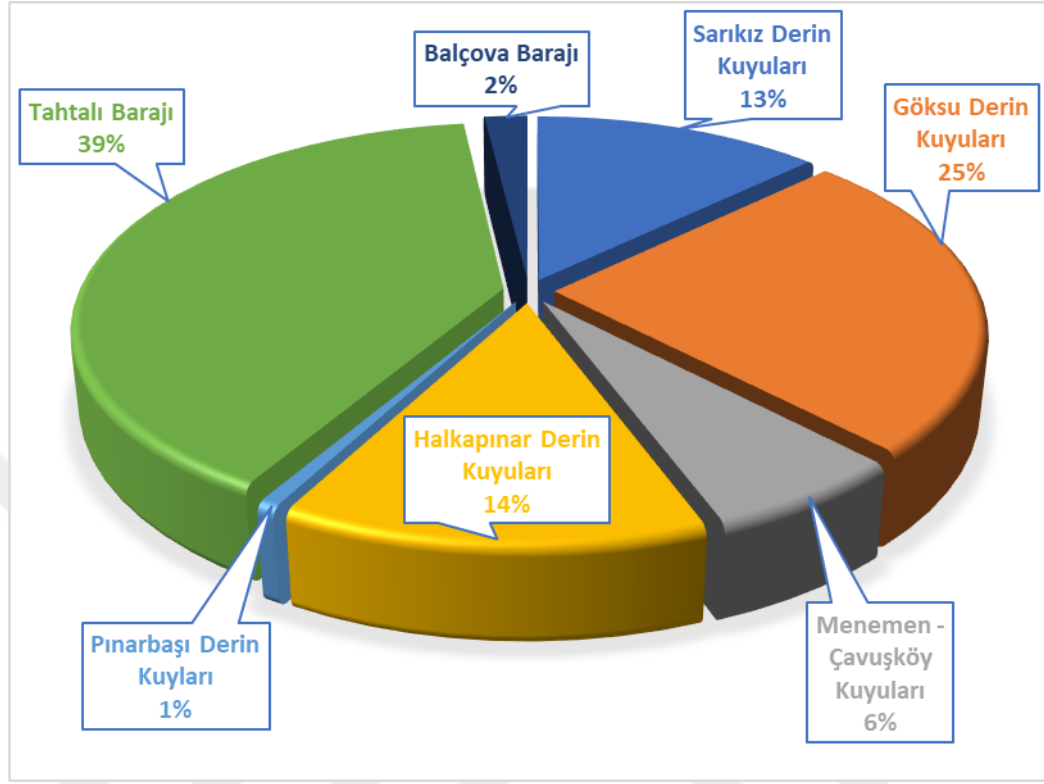
Şekil 3.2. İzmir içme suyu isale hatları

Şekil 3.2’de İzmir kentini besleyen içme suyu isale hatları gösterilmiştir. İzmir İline bağlı Çiğli, Karşıyaka, Bayraklı, Bornova, Konak, Karabağlar, Buca, Gaziemir, Balçova, Narlıdere, Güzelbahçe’den oluşan İzmir metropol alan için kullanılan suyun kaynaklara göre dağılımı Tablo 3.1’de verilmiştir.

Tablo 3.1. İzmir ili metropol ilçeleri (11 ilçe) su üretim bilgileri (m³ olarak)

TESİS ADI		2018	2017	2016	2015	2014	2013
YERALTISI SU KAYNAKLARI	Sarıköz Derin Kuyuları	29.451.717	29.315.252	34.684.941	13.368.072	---	---
	Göksu Derin Kuyuları	56.973.083	52.548.496	39.015.039	48.126.582	43.895.311	39.436.312
	Menemen - Çavuşköy Kuyuları	14.815.085	16.058.988	15.014.414	14.647.343	15.282.176	15.052.270
	Halkapınar Derin Kuyuları	31.084.222	30.492.184	30.540.468	29.433.806	29.201.576	33.299.449
	Pınarbaşı Derin Kuyuları	1.423.857	1.635.083	1.495.286	1.348.227	1.385.889	1.426.603
	Buca Derin Kuyuları	0	0	0	0	0	600.014
YÜZEY SU KAYNAKLARI	Tahtalı Barajı	90.477.995	89.692.300	91.368.600	75.261.900	68.039.600	66.584.900
	Balçova Barajı	4.396.590	5.275.294	4.852.522	9.050.329	5.012.958	4.910.388
	Gördes Barajı	0	0	0	13.228.117	28.406.541	27.157.254
Toplam		228.624.567	225.019.614	216.973.286	204.466.391	191.226.065	188.469.203

2018 yılı için İzmir metropol ilçelerin kaynaklara göre dağılımı şekil 3.3’de gösterilmiştir.



Şekil 3.3. 2018 yılı yeraltı su kaynakları üretim oranları dağılımı

İzmir metropol ilçelerinin su ihtiyacını karşılayan Şekil 3.3’deki kaynaklar içerisinde Tahtalı Barajı %39 üretimle ilk sıradadır. Kentin su ihtiyacı her ne kadar barajlar ile karşılandığı fikri yaygınsa da Gökusu kuyularının %25’lik üretim ile ikinci sırada yer aldığı görülmektedir. Ayrıca Gökusu ve Sarıkız kuyularının toplamda Tahtalı Barajına eşdeğer bir üretime sahip olduğu da görülmektedir. Buda Yahşelli pompa istasyonunun Tahtalı Barajı ile eşdeğer bir üretim sergilediğini göstermektedir.

3.1.1 Gökusu Pompa İstasyonu

Gökusu Pompa İstasyonu, aynı koruma alanı içerisinde pompa istasyonu ve kuyularını barındıran bir yapıya sahiptir. Pompa istasyonu 22 adet kuyu tarafından beslenmektedir. Bu kuyulara ait güç ve pompaj derinliği gibi temel bilgiler Tablo 3.2’de belirtilmiştir.

Tablo 3.2. Kuyu güç -montaj bilgileri

Kuyu	Pompa Montaj Derinliği (m)	Güç (kW)
1. kuyu	36	75
2. kuyu	34,5	90
3. kuyu	37	75
4. kuyu	34	90
5. kuyu	37	75
6. kuyu	41	90
7. kuyu	32	90
8. kuyu	34,5	90
9. kuyu	40	75
10. kuyu	37	90
11. kuyu	60	90
12. kuyu	45	75
13. kuyu	34	75
14. kuyu	37	75
15. kuyu	37	90
16. kuyu	34,5	90
17. kuyu	32	75
18. kuyu	32	90
19. kuyu	37	75
20. kuyu	37	50
21. kuyu	34	90
22. kuyu	40	75

Tablo 3.2’de görüleceği üzere pompa güçleri 75 ve 90 kW güçlerinde montaj derinliği ise 32m ile 60m arasındadır. Kuyuların genel görünümü Şekil 3.4’de verilmiştir.



Şekil 3.4. Göksu kuyuları

Bu 22 adet kuyunun 2017 ve 2018 yılı aylık çalışma saatleri Tablo 3.3. ve Tablo 3.4'de verilmiştir.

Tablo 3.3. 2017 yılı kuyu çalışma saatleri

Toplam	KUYU																																											
	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22	
	h.	m.	h.	m.	h.	m.	h.	m.	h.	m.	h.	m.	h.	m.	h.	m.	h.	m.	h.	m.	h.	m.	h.	m.	h.	m.	h.	m.	h.	m.	h.	m.	h.	m.	h.	m.	h.	m.	h.	m.	h.	m.		
Ocak	123	15	711	15	731	10	730	0	702	55	0	0	276	0	517	35	2	5	0	0	1	10	0	0	0	0	18	0	260	50	26	45	363	10	151	25	2	45	469	10	0	0	154	55
Şubat	87	45	672	0	672	0	672	0	672	0	0	0	672	0	672	0	193	40	96	55	95	0	0	0	24	55	92	45	595	45	73	40	161	15	133	15	0	0	672	0	0	0	0	0
Mart	125	0	695	25	739	25	476	45	739	5	0	0	444	15	382	35	649	5	512	45	338	0	0	0	78	40	112	25	382	55	580	25	57	35	0	35	0	0	699	25	0	0	0	0
Nisan	105	30	419	15	453	15	34	0	439	10	0	0	110	20	658	20	685	15	718	30	133	5	0	0	2	50	655	10	655	10	718	30	655	10	263	10	0	0	718	30	0	0	0	0
Mayıs	286	40	644	0	623	35	664	5	565	10	0	0	238	30	507	30	455	5	740	25	155	5	0	0	0	0	740	55	286	50	740	55	740	55	0	50	0	0	722	50	0	0	0	0
Haziran	638	25	675	30	679	5	674	35	666	15	0	0	695	30	698	10	50	40	697	20	21	45	0	0	0	0	713	20	0	0	696	0	689	20	1	45	0	0	669	20	0	0	0	0
Temmuz	694	25	85	30	718	25	299	20	718	25	0	0	21	40	2	50	445	25	725	50	301	45	0	0	0	0	402	30	0	0	274	55	478	0	25	25	713	55	20	0	0	0	718	10
Ağustos	488	30	1	0	742	0	264	0	742	0	253	30	253	30	253	30	683	50	502	0	0	0	0	0	95	5	521	50	0	0	0	0	480	50	18	5	480	50	226	10	0	0	742	0
Eylül	552	55	124	20	397	40	254	20	575	30	34	10	261	50	252	25	473	30	430	50	229	50	2	10	0	0	453	50	453	50	309	50	475	50	119	40	221	20	191	15	393	50	151	40
Ekim	742	55	653	15	742	55	24	0	742	55	0	0	40	55	653	15	742	55	742	55	653	15	0	0	0	0	742	55	742	55	16	55	742	53	653	15	0	0	87	40	0	0	0	0
Kasım	705	20	707	50	707	50	0	0	707	50	0	0	165	5	711	10	710	55	710	55	710	55	0	0	0	0	258	0	710	55	452	55	710	55	545	50	0	0	0	0	0	0	0	0
Aralık	739	45	739	50	610	45	322	5	279	25	0	0	739	50	739	50	571	45	445	50	740	25	0	0	6	30	299	0	740	25	739	45	739	45	467	5	0	0	0	0	0	0	0	0
TOPLAM	5290	25	6129	10	7818	5	4415	10	7550	40	287	40	3919	25	6049	10	5664	10	6324	15	3380	15	2	10	208	0	5010	40	4829	35	4630	35	6295	38	2380	20	1418	50	4476	20	393	50	1766	45

Tablo 3.4. 2018 yılı kuyu çalışma saatleri

Toplam	KUYU																																													
	1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11		12		13		14		15		16		17		18		19		20		21		22			
	h.	m.	h.	m.	h.	m.	h.	m.	h.	m.	h.	m.	h.	m.	h.	m.	h.	m.	h.	m.	h.	m.	h.	m.	h.	m.	h.	m.	h.	m.	h.	m.	h.	m.	h.	m.	h.	m.	h.	m.	h.	m.				
Ocak	135	20	726	10	371	0	726	10	3	25	0	0	739	5	739	5	739	5	346	25	380	50	0	0	1	0	739	5	775	5	775	5	739	5	739	5	0	0	13	15	0	0	202	20		
Şubat	0	0	600	20	662	20	520	50	0	0	0	0	662	20	662	10	662	10	662	10	0	0	0	0	260	45	617	25	662	10	660	55	660	55	660	55	0	0	48	30	0	0	0	0		
Mart	0	0	738	25	191	0	1	0	547	25	0	0	738	25	738	25	738	25	738	25	549	25	0	0	738	25	189	0	738	25	738	25	738	25	738	25	0	0	0	0	0	0	0	0		
Nisan	0	0	719	0	0	0	0	0	719	0	0	0	719	0	719	0	719	0	719	0	719	0	0	0	719	0	0	0	719	0	719	0	719	0	719	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Mayıs	0	0	720	0	0	0	552	0	720	0	0	0	720	0	720	0	493	20	586	0	720	0	0	0	720	0	3	50	720	0	720	0	444	30	720	0	86	0	1	50	0	0	0	0		
Haziran	138	40	687	20	0	0	655	10	687	20	0	0	687	20	690	40	673	40	690	40	673	40	0	0	532	40	24	0	638	10	655	10	0	0	687	20	0	0	0	0	0	0	0	0		
Temmuz	697	50	405	30	359	40	38	0	397	30	81	40	743	40	733	40	391	50	389	40	663	50	348	0	384	0	351	50	727	50	735	50	5	40	735	50	346	10	292	30	346	10	354	0		
Ağustos	211	45	744	0	744	0	0	0	744	0	0	0	744	0	744	0	0	45	744	0	744	0	0	0	0	0	744	0	744	0	744	0	744	0	744	0	0	0	533	0	0	0	0	0	0	
Eylül	13	35	720	0	720	0	0	0	720	0	0	0	720	0	720	0	107	10	720	0	720	0	5	25	3	20	720	0	720	0	611	10	720	0	720	0	408	0	385	20	5	35	5	35		
Ekim	17	30	744	0	744	0	0	0	744	0	336	0	408	0	744	0	0	0	744	0	744	0	0	0	0	0	744	0	744	0	744	0	744	0	744	0	744	0	744	0	0	0	0	0	0	0
Kasım	370	30	565	30	370	30	612	10	720	0	720	0	0	0	720	0	612	10	720	0	504	0	612	10	600	0	720	0	720	0	525	0	720	0	720	0	370	30	329	0	0	0	0	0	0	
Aralık	5	15	744	0	5	15	744	0	744	0	744	0	0	0	744	0	744	0	744	0	0	0	744	0	744	0	744	0	744	0	0	0	744	0	744	0	5	15	744	0	0	0	0	0	0	
TOPLAM	1590	25	8114	15	4167	45	3849	20	6746	40	1881	40	6881	50	8675	0	5881	35	7804	20	6418	45	1709	35	4703	10	5597	10	8652	40	7628	35	6979	35	8672	35	1959	55	2347	25	351	45	561	55		

Kuyulara ait Tablo 3.3 ve Tablo 3.4’de görüleceği üzere bazı kuyuların arıza vb. sebeplerle çeşitli dönemlerde hiç çalışmadığı görülmüştür. Bu 22 adet kuyu, suyu depoya basmakta, su buradan da 6 adet pompa vasıtasıyla Çıllu Arsenik Arıtma Tesisine basılmaktadır.



Şekil 3.5. Göksu pompa istasyonu pompa dairesi

Bu 6 adet pompanın, pompa-motor bilgileri Tablo 3.5’ de verilmiştir.

Tablo 3.5. Göksu pompa istasyonu pompa-motor bilgileri

	1 Nolu motor	2 Nolu motor	3 Nolu motor	4 Nolu motor	5 Nolu motor	6 Nolu motor
Marka	Siemens	ACEC	Siemens	Siemens	ACEC	Siemens
Güç	275 kW	160 kW	200 kW	200 kW	160 kW	275 kW
Gerilim	3kV	3kV	3kV	3kV	3kV	3kV
Etiket Akımı	67	34.5A	48A	48A	34.5A	67
Cos Q	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86
Devir	978 d/dk	1486 d/dk	1470 d/dk	1470 d/dk	1486 d/dk	978 d/dk
Ağırlık	1.7 ton	1.2ton	2.1 ton	2.1 ton	1.2 ton	1.7 ton
Pompa						
	1 Nolu Pompa	2 Nolu Pompa	3 Nolu Pompa	4 Nolu Pompa	5 Nolu Pompa	6 Nolu Pompa
Marka	K.S.B.	TÜRBOSAN	K.S.B.	K.S.B.	TÜRBOSAN	K.S.B.
Debi	2700 m ³ /h	1260 m ³ /h	1800m ³ /h	1800m ³ /h	1260 m ³ /h	2700 m ³ /h
Hm	26.9	26.9	26.9	26.10	26.9	26.9
Devir	980 d/dk	1495 d/dk	1460 d/dk	1400 d/dk	1485 d/dk	980 d/dk

Pompaların 2017 ve 2018 yılı aylık çalışma saatleri Tablo 3.6. ve Tablo 3.7’de verilmiştir.

Tablo 3.6. 2017 yılına ait aylık pompa çalışma saatleri

2017	POMPA											
	I		II		III		IV		V		VI	
	h.	m.	h.	m.	h.	m.	h.	m.	h.	m.	h.	m.
Ocak	232	5	10	35	720	35	248	50	0	0	23	45
Şubat	0	55	12	45	672	0	672	0	0	0	252	15
Mart	0	0	1	10	739	5	739	25	0	0	267	0
Nisan	0	0	3	20	718	30	718	30	0	0	403	40
Mayıs	15	50	1	20	707	5	728	20	0	0	577	50
Haziran	0	0	3	45	701	35	731	24	19	0	635	20
Temmuz	717	40	5	30	298	10	455	45	0	0	21	0
Ağustos	742	0	1	0	0	0	734	50	0	0	0	0
Eylül	704	30	4	5	0	0	703	20	0	0	1	15
Ekim	87	40	3	5	620	15	742	55	0	0	653	15
Kasım	0	0	2	30	711	15	701	55	0	0	705	0
Aralık	0	0	7	55	739	50	739	45	0	0	740	25
TOPLAM	2500	40	57	0	6628	20	7916	59	19	0	4280	45

Göksu pompa istasyonu için hazırlanan Tablo 3.6. incelenirse 2 numaralı pompanın bütün yıl içinde sadece 57 saat yani yaklaşık 2,5 gün, 5 numaralı pompanın ise 19 saat yani yaklaşık 1,5 gün çalışmıştır. 365 gün baz alındığında nerdeyse hiç çalışmadığı kabul edilebilir.

Tablo 3.7. 2018 yılına ait aylık pompa çalışma saatleri

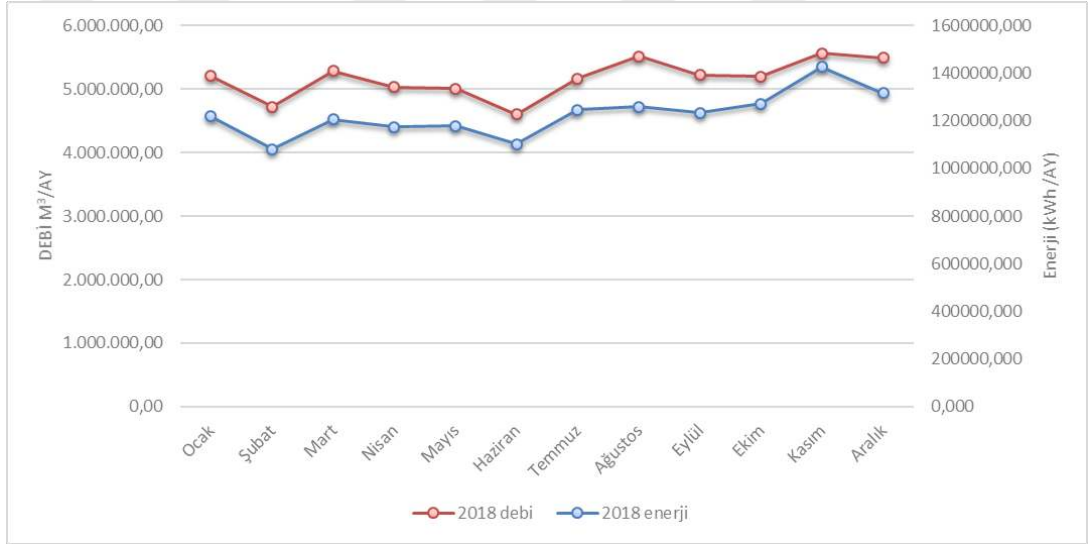
2018	POMPA											
	I		II		III		IV		V		VI	
	h.	m.	h.	m.	h.	m.	h.	m.	h.	m.	h.	m.
Ocak	2	25	0	0	726	10	739	5	0	0	739	5
Şubat	48	30	0	0	662	10	660	55	0	0	613	50
Mart	0	0	1	0	738	25	738	25	0	0	738	25
Nisan	0	0	0	0	719	0	719	0	0	0	719	0
Mayıs	0	0	1	50	720	0	720	0	0	0	720	0
Haziran	23	0	1	0	690	40	655	10	0	0	660	20
Temmuz	27	30	1	50	479	40	471	50	0	0	452	10
Ağustos	211	0	0	45	720	0	720	0	0	0	509	0
Eylül	73	25	13	55	719	10	720	0	0	0	667	10
Ekim	17	30	0	0	744	0	744	0	0	0	744	0
Kasım	720	0	0	0	262	40	720	0	0	0	720	0
Aralık	744	0	3	30	0	0	744	0	1	45	744	0
TOPLAM	1867	20	23	50	7181	55	8352	25	1	45	8027	0

Göksu pompa istasyonu için hazırlanan Tablo 3.6. ve Tablo 3.7. benzerlik göstermektedir. 2 numaralı pompa bütün yıl içinde sadece 23 saat yani yaklaşık bir gün, beş numaralı pompa ise 1 saat 25 dk. çalışmıştır. Bu iki tablodan anlaşılağı üzere son iki sene içerisinde iki ve beş numaralı pompalar diğer pompalar baz alındığında çalışmadığı kabul edilebilir.

2017 ve 2018 yılı enerji tüketim ve su üretim bilgilerinin aylara göre değişimi bilgilerine istinaden 2017 yılı Şekil 3.6'da 2018 yılı bilgileri ise Şekil 3.7' de verilmiştir.



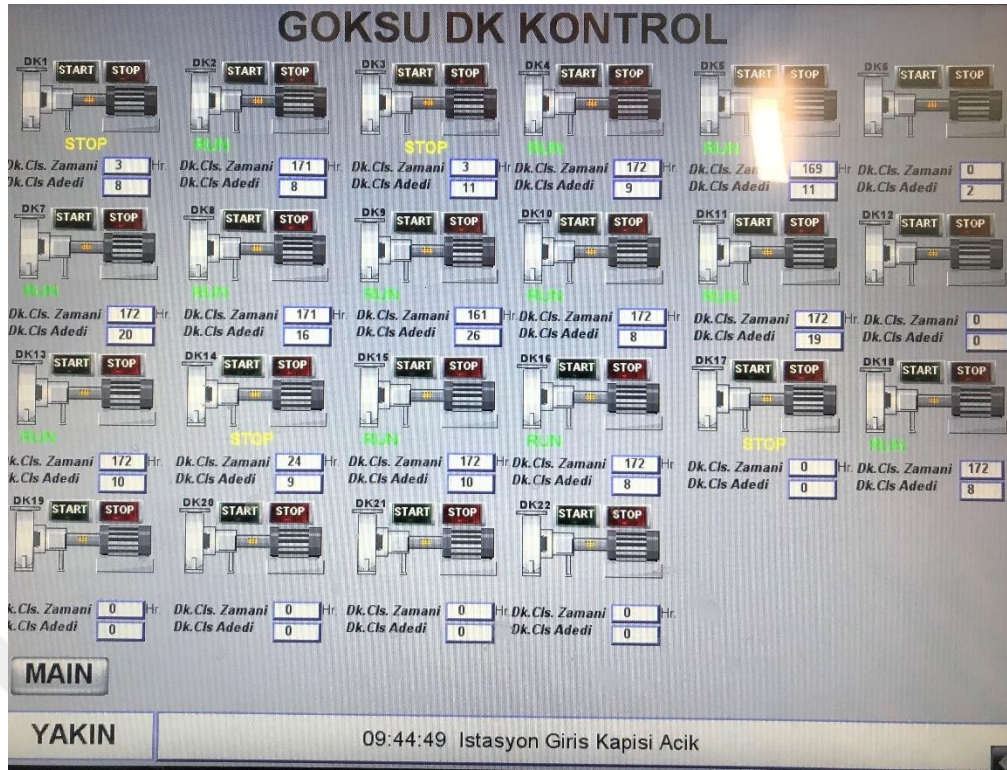
Şekil 3.6. Göksu pompa istasyonu 2017 yılı su üretim ve enerji tüketim ilişkisi



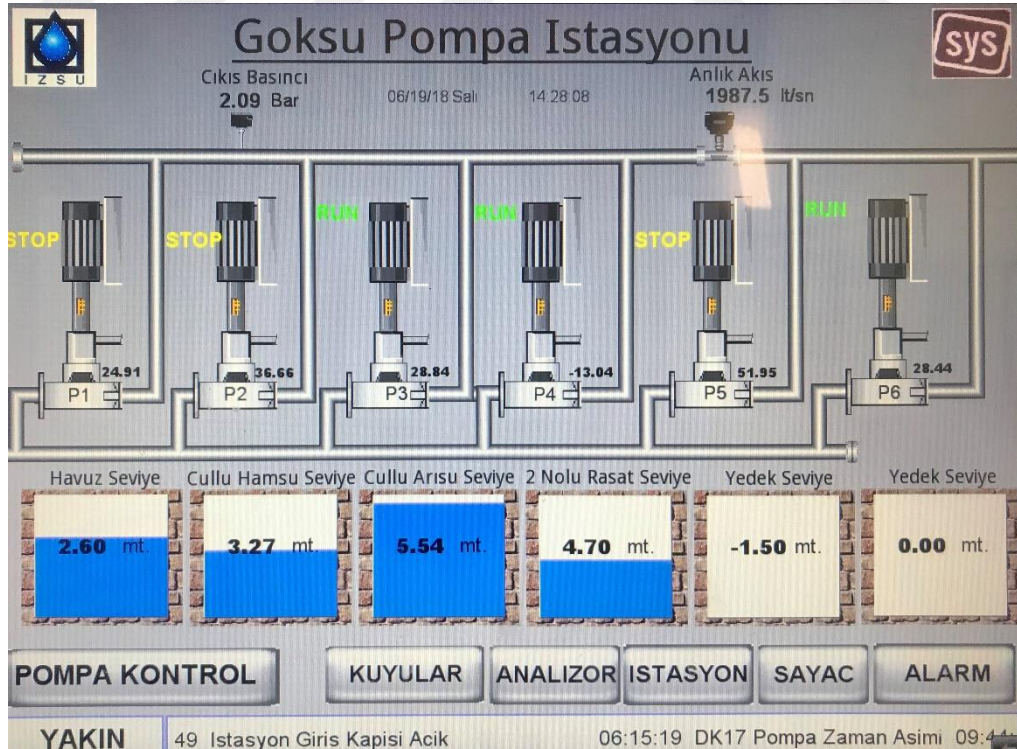
Şekil 3.7. Göksu pompa istasyonu 2018 yılı su üretim ve enerji tüketim ilişkisi

Şekil 3.6'da yaz aylarında üretimin azaldığı Şekil 3.7'de ise yıl boyunca daha dengeli bir üretim yapıldığı görülmüştür. Ayrıca iki şekilde de tüketim ile üretimin doğru orantılı hareket ettiği görülmektedir.

Şekil 3.8 ile Şekil 3.9'da Göksu pompa istasyonuna ait kontrol panosu görülmektedir.



Şekil 3.8. Göksu kuyuları kontrol paneli



Şekil 3.9. Göksu pompa istasyonu pompa durum izleme ekranı

Şekil 3.9’da pompa istasyonunun depo seviyesi, çullu arıtma tesisi hamsu seviyesi, çullu arıtma tesisi arısu seviyesi ve 2 numaralı rasat seviye bilgileri görülmektedir. Bu bilgilerden arıtma tesisinden gelen bilgiler, telsiz sistemiyle iletilmektedir. Bilgilerin iletimi gecikmeli olarak yapılmaktadır. Söz konusu depo bilgileri anlık olarak gözlemlenememektedir.

Bu bilgiler İZSU Genel Müdürlüğü bünyesindeki SCADA sistemiyle izlenebilmektedir. Şekil 3.10’da merkezi scada sistemi kontrol odası görülmektedir.



Şekil 3.10. İZSU scada sistemi kontrol odası

Arıtma depo seviyesinin anlık olarak takip edilememesi ve sistemin buna göre debi ayarı yapamaması en büyük eksikliğidir. Scada sistemi sadece çalışan kuyu ve motorları görmektedir. Şekil 3.9’da görüleceği üzere pompalara ait motorların ise sadece çalışma bilgisini görülmektedir. Motorun çektiği akım, gerilim vb. bilgilerine erişilememektedir. Kısacası sistem tamamen manuel olarak çalışmakta, manuel olarak debi ayarı yapmaktadır. Merkezi scada sistemi sadece durum bilgisi almaktadır.

Göksu pompa istasyonunda vanalar ortalama olarak %50 oranında 1,5 saat kadar kısılmaktadır.

3.1.2 Yahşelli Pompa İstasyonu

Göksu ve Sarıkız kuyuları ile beslenen Çullu arıtma tesisinde arıtılan su; kendi cazibesiyle, 2200Φ lük borular ile Menemen ilçesi Yahşelli pompa istasyonuna kadar gelmektedir. Bu nokta, Yahşelli pompa istasyonu suyu Yahşelli depoya basar ve su kendi cazibesiyle kentin su ihtiyacını karşılamaktadır.



Şekil 3.11. Yahşelli pompa istasyonu

Yahşelli pompa istasyonunun motor-pompa bilgileri Tablo 3.8’de verilmiştir.

Tablo 3.8. Yahşelli pompa istasyonu pompa-motor bilgileri

	1 Nolu motor	2 Nolu motor	3 Nolu motor	4 Nolu motor	5 Nolu motor	6 Nolu motor
Marka	Siemens	Siemens	Siemens	Siemens	Siemens	Siemens
Güç	650 kW	650 kW	1250 kW	1250 kW	850 kW	850 kW
Gerilim	6 kV	6 kV	6kV	6kV	6kV	6kV
Etiket Akımı	77A	77A	144A	144A	100A	100A
Cos Q	0,86	0,86	0,87	0,87	0,86	0,86
Devir	980 d/dk	980 d/dk	985 d/dk	985 d/dk	985 d/dk	985 d/dk
Ağırlık	2.9 ton	2.9 ton	4,7 ton	4,7 ton	3.7 ton	3.7 ton
	1 Nolu Pompa	2 Nolu Pompa	3 Nolu Pompa	3 Nolu Pompa	5 Nolu Pompa	5 Nolu Pompa
Marka	K.S.B.	K.S.B.	K.S.B.	K.S.B.	K.S.B.	K.S.B.
Debi	3700m3/h	3700m3/h	5600m3/h	5600m3/h	2600m3/h	2600m3/h
Hm	48.8	48.8	61,9	61,9	48,8	48,8
Devir	980 d/dk	980 d/dk	988 d/dk	988 d/dk	980 d/dk	980 d/dk

Tablo 3.8’ de görüleceği üzere; 1 ve 2 numaralı pompalar, 3 ve 4 numaralı pompalar ile 5 ve 6 numaralı pompalar birbirleriyle aynı güçtedir. Bu pompalar birbirinin yedeği olarak çalışmaktadır.

Bu 6 adet motorun 2017 ve 2018 yılına ait günlük çalışma saatleri bilgilerine dayanarak hazırlanmış olan kuyulara ait 2017 ve 2018 yılı aylık çalışma saatleri Tablo 3.9. ve Tablo 3.10’da belirtilmiştir.

Tablo 3.9. 2017 yılına ait aylık pompa çalışma saatleri

2017	POMPA											
	I		II		III		IV		V		VI	
	h.	m.	h.	m.	h.	m.	h.	m.	h.	m.	h.	m.
Ocak	0	0	0	0	691	50	49	50	170	20	109	35
Şubat	0	0	0	0	95	45	578	10	217	25	11	15
Mart	0	0	0	0	648	45	90	25	200	10	64	10
Nisan	0	0	0	0	437	5	290	55	303	15	77	25
Mayıs	0	0	0	0	367	30	375	10	129	10	423	55
Haziran	0	0	0	0	696	50	20	0	389	0	247	30
Temmuz	0	0	0	0	410	50	329	10	443	5	269	55
Ağustos	0	0	0	0	293	25	446	50	570	5	161	15
Eylül	0	0	0	0	322	30	394	40	691	5	0	0
Ekim	0	0	0	0	338	25	439	0	646	50	76	40
Kasım	0	0	4	35	315	35	393	34	337	25	361	35
Aralık	0	0	0	0	370	10	368	15	591	45	142	10
TOPLAM	0	0	4	35	4988	40	3775	59	4689	35	1945	25

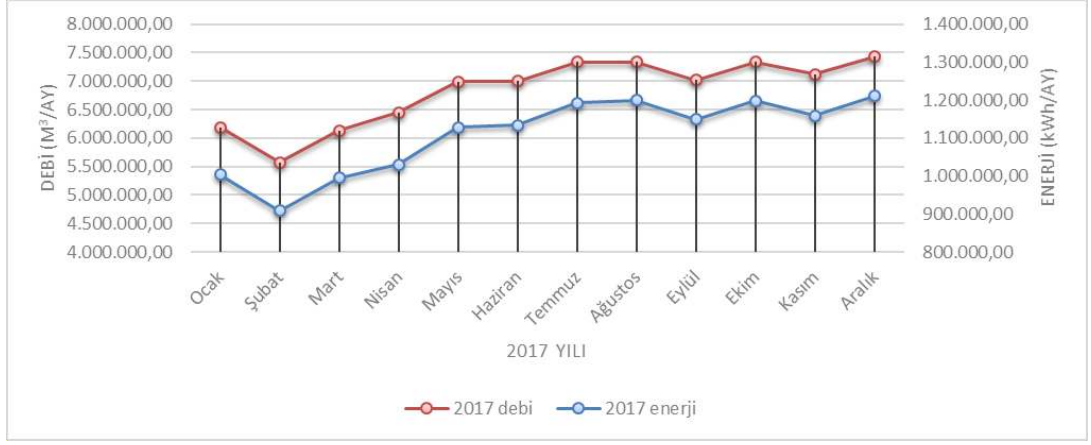
Tablo 3.9’da görüleceği üzere 1 numaralı pompa yıl boyunca hiç çalıştırılmamış, 2 numaralı pompa ise sadece 4 saat çalışmıştır.

Tablo 3.10. 2018 yılına ait aylık pompa çalışma saatleri

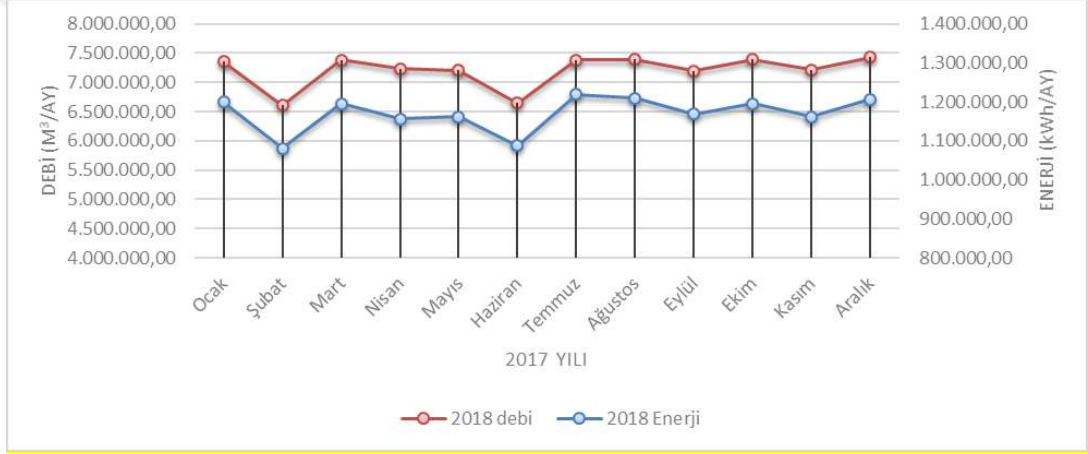
2018	POMPA											
	I		II		III		IV		V		VI	
	h.	m.	h.	m.	h.	m.	h.	m.	h.	m.	h.	m.
Ocak	0	0	0	0	451	40	285	35	425	35	308	55
Şubat	0	0	0	0	119	15	541	10	52	55	619	0
Mart	0	0	0	0	490	45	248	0	589	15	137	55
Nisan	0	0	0	0	496	30	222	30	281	15	436	30
Mayıs	0	0	0	0	418	35	301	40	286	55	429	5
Haziran	0	0	0	0	321	40	355	15	415	35	230	50
Temmuz	0	0	0	0	0	0	744	0	683	5	55	45
Ağustos	0	0	0	0	432	40	311	0	430	40	312	55
Eylül	0	0	0	0	207	45	510	35	477	35	242	0
Ekim	0	0	0	0	738	0	5	0	738	0	5	0
Kasım	0	0	0	0	720	0	0	0	371	15	371	40
Aralık	0	0	0	0	744	0	0	0	505	0	238	50
TOPLAM	0	0	0	0	5140	50	3524	45	5257	5	3388	25

Tablo 3.10’da Tablo 3.9 ile benzerlik göstermektedir. 1 ve 2 numaralı pompalar yıl boyunca çalıştırılmamıştır.

Yahşelli pompa istasyonuna ait 2017 ve 2018 yılı enerji tüketim ve su üretim bilgilerinin aylara göre değişim bilgileri 2017 yılı için Şekil 3.12’de, 2018 yılı bilgileri ise Şekil 3.13’de verilmiştir.



Şekil 3.12. Yahşelli pompa istasyonu 2017 yılı su üretim ve enerji tüketim ilişkisi



Şekil 3.13. Yahşelli pompa istasyonu 2018 yılı su üretim ve enerji tüketim ilişkisi

Şekil 3.12 ve Şekil 3.13’den de anlaşılacağı üzere üretim ve tüketim arasında dengeli bir ilişki vardır.

Yahşelli pompa istasyonu gün içerisinde çeşitli zamanlarda vana kısılarak sistem kontrol edilmektedir. Vana kısma işlemi Çullu arsenik arıtma tesisinde görevli operatörlerin vereceği zaman bilgisine göre kısılmaktadır. Vana kısılma süresi %50 akış için 2 saat civarında diğer kısım süreleri (%40, %60, %70) ortalama gün boyunca 10’ar dk. civarındadır. Bu kısma işlemi arıtma çıkışında bulunana arı su depo yüksekliği dikkate alınarak söylenmektedir. Söz konusu depo yüksekliği yahşelli

pompa istasyonu tarafından gözlenememekte, sistem sadece operatörlerin yönlendirmesiyle sürekliliğini sağlamaktadır.

3.2 Kontrol Yöntemleri ve Enerji Verimliliği

Bölüm 2.5.3’de pompa istasyonları için bahsedilen kontrol yöntemlerini enerji verimliliği açısından kıyaslayacak olursak, en verimsiz yöntem bypass vanası ile kontrol yöntemidir. Bu yöntemde debide azalma olmasına rağmen enerji tüketiminde herhangi bir azalma olmamaktadır. Kısma vanası ile kontrol yöntemi bypass vanası ile kontrol yöntemine göre daha verimlidir. Vana kısılarak debi azaltıldığında az da olsa enerji tüketiminde de azalma olur. Bu sistemler arasında en verimli yöntem frekans konvertörü ile hız ayarı yapılarak debinin kontrol edilmesidir.

AC Motor hız kontrol cihazları için pompalarda hız (n), debi (Q), yükseklik (head) (H) ve güç (P) arasındaki bağlantı aşağıda ifade edilmiştir.

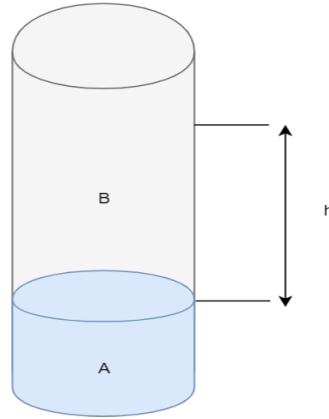
$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{n_1}{n_2} \quad (3.1)$$

$$\frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 \quad (3.2)$$

$$\frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3 \quad (3.3)$$

%10’luk bir debi değişiminden %24 lük bir enerji tasarrufu yapılmaktadır. Bu nedenle sistemin motor çalışma saatleri üzerinden motor güçleri ve verimleri belirlenerek bypass vanası ile kontrol, çıkış vanası ile kontrol ve AC Motor hız kontrol cihazları ile kontrol yöntemlerinin sistemin verimini nasıl etki edeceği analizi gerçekleştirilmiştir.

3.2.1 Pompa Gücü Hesabı



Şekil 3.14. Boru hattı

A akışkanının B borusu içerisinde h kadar yükseğe çıkardığımızda, A parçacığının kazandığı potansiyel enerji Denklem 3.4'deki gibi ifade edilir.

$$E_{potansiyel} = m \times g \times h \quad (3.4.)$$

Akışkan parçacığının kütlesi, hacmi ve yoğunluğunun çarpımına eşittir.

$$m = \rho \times V \quad (3.5.)$$

Denklem 3.5'i, Denklem 3.4'de yerine konulduğunda;

$$E_{potansiyel} = \rho \times V \times g \times h \quad (3.6.)$$

elde edilir. Güç ifadesi, Denklem 3.7'de verilmiştir.

$$Güç = E_{potansiyel}/t = (\rho \times V \times g \times h)/t \quad (3.7.)$$

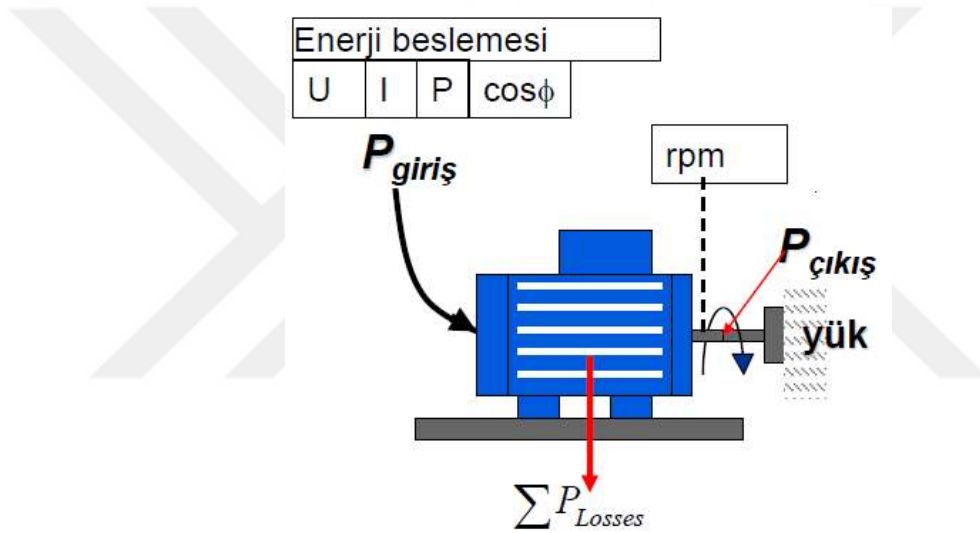
Hacimsel debi, birim zamanda birim kesitten geçen akışkanın hacmi olduğundan denklemde V/t yerine hacimsel debi Q_v yazılabilir. Bu durumda yeni denklem, Denklem 3.8 ve 3.9'daki gibi olur.

$$Güç = E_{potansiyel}/t = (\rho \times V \times g \times h)/t = \rho \times g \times Q_v \times h \quad (3.8.)$$

$$Güç = \rho \times g \times Q_v \times H_m \quad (3.9.)$$

3.2.2 Motorlarda Verim

Motorlarda verim, enerji tüketimi açısından çok önemlidir. Yüksek verimlikli motorlar ile enerji girdilerinde maliyet azalacaktır. Mevcut motorların verimini hesaplayarak, yüksek verimli motoların kullanılmasıyla elde edilecek amortisman sürelerinin hesaplanmasını sağlayacaktır. Denklem 3.10'da motorda verim ifadesini vermektedir.



Şekil 3.15. Elektrik motoru & verim

$$Verim = \eta = \frac{P_{çıkış}}{P_{giriş}} = \frac{P_{mil}}{P_{mil} + \Sigma P_{kayıplar}} \quad (3.10.)$$

3.2.3 SinaSave

SinaSave programı Siemens tarafından geliştirilen bir programdır. Bu programın temel amacı enerji verimliliği hesaplamalarıdır. Farklı tesis yapıları göz önüne alınarak, kullanıcıya destek vermektedir. Bu program online olarak çalıştırılmaktadır. Uygulamalar için amortisman süreleri ile enerji verimliliği potansiyelini hesaplama amacıyla kullanılan bir yazılımdır. EN 50598 standardına göre pompa ve fan uygulamaları için çeşitli kontrol yöntemlerinin

karşılaştırılmasına olanak veren bir özelliğe sahiptir. Böylece fizibilite çalışmalarında en uygun yatırımın yapılması için yardımcı bir araç niteliğindedir.

Temel olarak 3 ana grupta motor,pompa, ve fan uygulamaları yer almaktadır.



Şekil 3.16. SinaSave program görüntüsü

Programa, sisteme ait pompa bilgileri girilmektedir. Bunlar; basma yüksekliği, debi (m^3/h), devir sayısı vb. Ayrıca sistemin nerede kullanıldığına bağlı olarak, hangi akışkanı kullandığına göre özgül ağırlık girilmesi gerekmektedir. Böylece farklı yol verme yöntemlerini karşılaştırarak verim ve amortisman süreleri hesaplanabilir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1 Göksu Pompa İstasyonu

Göksu pompa istasyonu, kuyular ve pompa istasyonu olarak ayrı ayrı analiz edilmiştir.

4.1.1 Kuyular

Göksu pompa istasyonundaki toplam 22 adet kuyu, pompa istasyonunun deposunu beslemektedir. Dolayısıyla bu kuyuların debi bilgileri, kontrol yöntemi açısından önemlidir. Bu nedenle Şekil 4.1’de görüleceği üzere kuyuların debileri ultrasonik debimetre ile ölçülmüştür.



Şekil 4.1. Ultrasonik debimetre ile ölçüm

Kuyulardaki dalgıç motorların, enerji verimlilik sınıfını belirlemek için motor analizörü ile ölçümler gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla Fluke 438-II Motor ve Güç Kalitesi Analizörü kullanılmıştır. Kullanılan analizör Şekil 4.2’de gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Fluke 438-II motor & güç kalitesi analizörü

Tablo 4.1’de Göksu pompa istasyonundaki 22 adet kuyuya ait dalgıç pompa debi ve verim ölçüm sonuçları verilmiştir.

Tablo 4.1. Kuyulara ait debi - verim bilgileri

Kuyu	Debi Q(lt/s)	Verim η (%)
1 nolu kuyu	130	93
2 nolu kuyu	140	90
3 nolu kuyu	130	93
4 nolu kuyu	150	91
5 nolu kuyu	130	93
6 nolu kuyu	140	91
7 nolu kuyu	150	91
8 nolu kuyu	140	89
9 nolu kuyu	100	92
10 nolu kuyu	130	92
11 nolu kuyu	130	92
12 nolu kuyu	100	92
13 nolu kuyu	130	93
14 nolu kuyu	130	93
15 nolu kuyu	130	92
16 nolu kuyu	140	91
17 nolu kuyu	130	92
18 nolu kuyu	140	90
19 nolu kuyu	130	92
20 nolu kuyu	50	90
21 nolu kuyu	150	89
22 nolu kuyu	130	91

Tablo 4.1’de kuyulardaki motorların verimi % 90 ve üzeri çıkmıştır. Sadece 8 ve 21 nolu kuyuların verimi %90’ nın altında kalmıştır.

Kuyular için de enerji verimliliği çalışması yapılmıştır. Bunun için Tablo 4.1’de ki debi ve verim bilgileri Tablo 3.2’deki motor montaj derinlik bilgileri ve Tablo 3.4’deki kuyulara ait 2018 yılı kuyu çalışma saati bilgileri kullanılmıştır. Tüm hesaplamalarda, EPDK tarafından yayınlanan Elektrik Piyasası Tarifeler Yönetmeliği gereğince uygulanan abonelik gruplarından tek terimli 4 OG Ticarethane grubu dikkate alınmıştır. SinaSave programıyla yapılan çalışmada geri dönüşüm süresi en uygun olan kuyu 8 numaralı kuyudur.

Tablo 4.2. SinaSave veri giriş (8 numaralı kuyu)

Options			
Energy price		0.0960	€/kWh
CO ₂ factor		632	g/kWh
Pump Custom			
Medium		Water	
Density	p	1000	kg/m ³
Pump head	H	34.5	m
Static head	H _{stat}	0	m
Rated flow	Q	504	m ³ /h
Pump speed	n	2900	m ³ /h
Pump stage		1	
Efficiency		88.0	%
Specific speed	n _q	76.2	1/min
Required shaft power	P ₂	53.8	kW

Tablo 4.2’de SinaSave programına girilen bilgiler görölmektedir. Burada pompanın basma yüksekliği ve m³/h olarak debi bilgisi girilmiştir.

Operation Profile											
Operation-hours / day			24.0		Operating hours / year			8664 (24 h * 361 d)			h/a
Operation-days / year			361		Allocation			Constant 100%			
Flowrate	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %	90 %	100%	
Operating hours	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.0	

şekil 4.3. SinaSave alışma bilgileri girişi (8 numaralı kuyu)

Kuyularda mevcut durumda vana kısma veya frekans konvertörlü bir sistem yoktur ve sürekli olarak çalışmaktadır. Bu nedenle 24 saatin tamamınıda %100 akış hızına sahip olduğu kabul edilmiştir. Tablo 4.3’de 8 nolu kuyu için yıllık 8675 saate programın izin verdiği en yakın saat olan 8664 girilmiştir.

Controller	Throttle	
	Pump head H	34.5 m
	Rated flow Q	504 m³/h

Motor	Default	
		
	Efficiency class	editable
	Efficiency η_N	89%
	Price	0 €

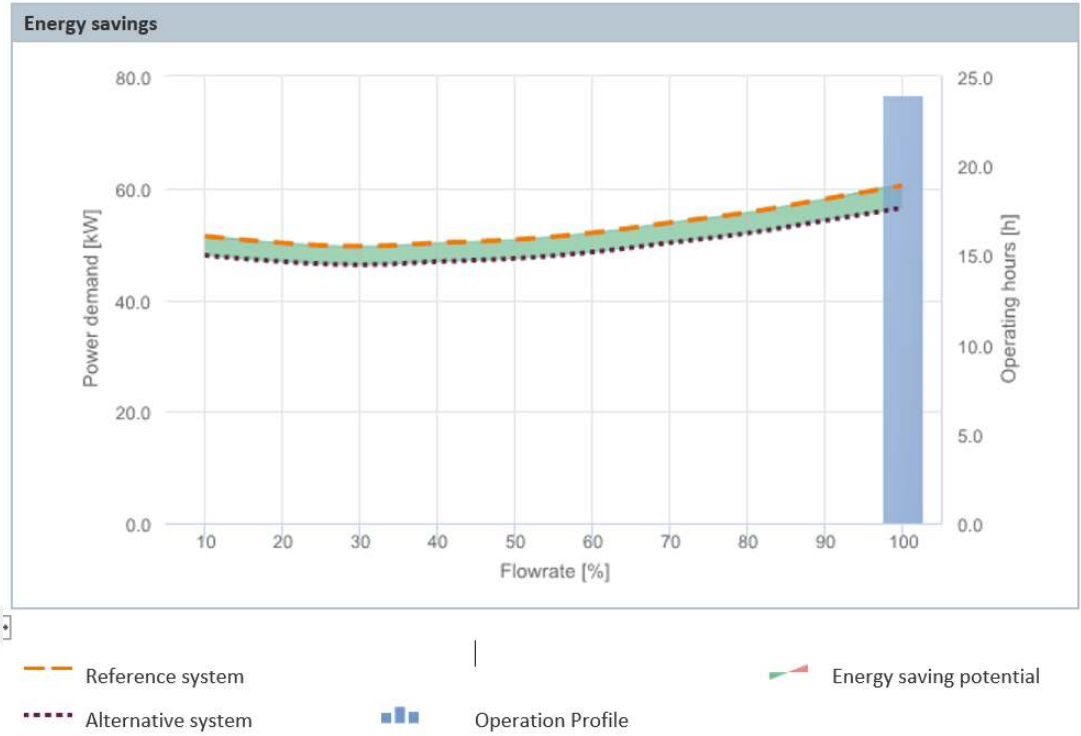
Controller	Throttle	
	Pump head H	34.5 m
	Rated flow Q	504 m³/h

Motor	SIMOTICS SD Basic Line	
	Power P_N	55 kW
	Rated speed n_N	2975 1/min
	Efficiency class	IE4
	Efficiency η_N	95.3%
	Casting	Cast Iron
	List price	14689 €
	Discount	0.0 %
	Customer Price	14689 €

Şekil 4.4. SinaSave mevcut durum ve önerilen durum (8 numaralı kuyu)

Şekil 4.4’de farklı iki durum gösterilmiştir. Burada amaç, mevcut sistem ve önerilen sistemin kıyaslanması olacaktır. Mevcut sistemde verim değeri Tablo 4.1’de ölçülen sonuç olan %89 girilmiştir. Alternatif sistemde ise IE4 enerji sınıfına sahip %95.3 enerji verimliliğine sahip, 55kW gücünde yaklaşık bedeli 14.700 Euro olan elektrik motoru seçilmiştir.

Bu bilgiler ışığında programın ürettiği sonuçlar Şekil 4.5’de verilmiştir.



Şekil 4.5. Enerji Tasarrufu (8 numaralı kuyu)

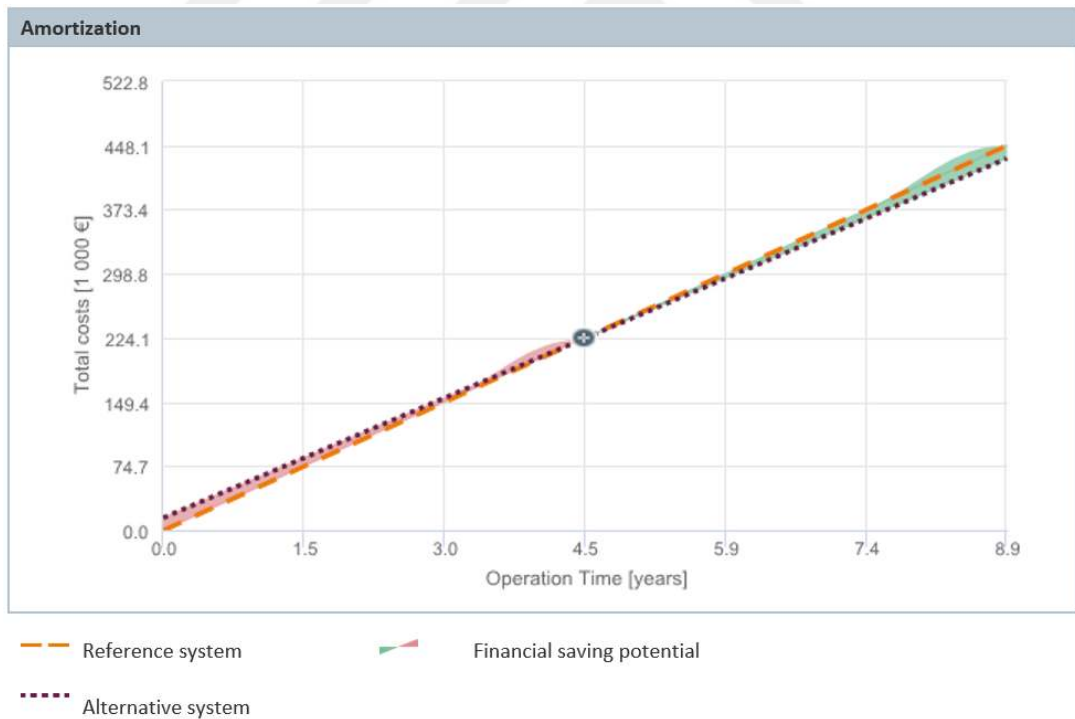
Şekil 4.5’de programın bize ilk sunduğu enerji kazanım durumu görülmektedir. Mevcut durum ile örnek durumu karşılaştırılmıştır.

8 numaralı kuyuda kullanılan mevcut sistem ile örnek durum için SinaSave programı tarafından hesaplanan parametreler tablolarda sırasıyla; Enerji Kazanım Miktarı, CO₂ Emisyon Azaltım Miktarı, Enerji Maliyet Kazanım Miktarı, Amortisman Süresi (Saat) ve Amortisman Süresi (Yıllık) olarak verilmektedir. Tabloda belirtilen parametrelerden *a* (annual) yıllık anlamında temsil edilmektedir.

Tablo 4.3. Program sonucu (8 numaralı kuyu)

Drive System	Reference system	Alternative system
Energy consumption	524.2 MWh/a	489.6 MWh/a
Results		
Energy savings		34.6 MWh/a
CO ₂ emission savings		21.9 t/a
Energy costs savings		3300 €/a
Amortization in operating hours		38594 h
Amortization in years		4.5 a

Tablo 4.3’de referans sistem ile alternatif sistemin yıllık enerji tüketimleri, buna bağlı olarak yıllık tasarruf edilen enerji miktarı ve CO₂ emisyon azaltım miktarı görülmektedir. 8 numaralı kuyu yıllık 34,6MWh’lik bir enerji tasarrufu sağlanmış, 21,9t CO₂ salınımından kazanılmış ve yıllık 3.300€ kazanç elde edilmiştir.



Şekil 4.6. Amortisman süresi (8 numaralı kuyu)

Şekil 4.6’da ise örnek durum ile mevcut sistem arasındaki yıllık enerji verimliliği ile elde edilen kazancın ilk yatırım maliyetini amorti ettiği süre gösterilmiştir. Bu bilgilere göre sistem 4,5 yılda kendini amorti etmektedir.

Tablo 4.4. Kuyulara ait SinaSave program sonuçları

Kuyu	MEVCUT SİSTEM (YILLIK)	ALTERNATİF SİSTEM (YILLIK)	KAZANIM (YILLIK)		YATIRIM MALİYETİ	YILLIK KAZANÇ
			ENERJİ	CO ₂		
1	88,9 MWh	86,7 MWh	2,2 MWh	1,4 t	14.700 €	200 €
2	485,4 MWh	458,4 MWh	27 MWh	17,1 t	14.700 €	2.600 €
3	239,4 MWh	233,7 MWh	5,8 MWh	3,7 t	14.700 €	560 €
4	239,9 MWh	228,4MWh	11,5 MWh	7,3 t	19.200 €	1.110 €
5	288,9 MWh	379,5 MWh	9,4 MWh	5,9 t	14.700 €	910 €
6	133,1 MWh	125,3 MWh	7,8 MWh	4,9 t	19.200 €	750 €
7	403,7 MWh	385,5 MWh	18,2 MWh	11,5 t	14.700 €	1.750 €
8	524,2 MWh	489,6 MWh	34,6 MWh	21,9 t	14.700 €	3.300 €
9	288,3 MWh	278,3 MWh	10 MWh	6,3 t	14.700 €	1.000 €
10	454,7 MWh	438,9 MWh	16,8 MWh	9,9 t	14.700 €	1.650 €
11	598,9 MWh	575,1 MWh	23,8 MWh	15 t	25.000 €	2.300 €
12	120,8 MWh	116,3 MWh	4,5 MWh	2,9 t	19.200 €	450 €
13	248 MWh	242 MWh	6 MWh	3,8 t	14.700 €	500 €
14	322,5 MWh	314,7 MWh	7,8 MWh	4,9 t	14.700 €	750 €
15	503,7 MWh	486,2 MWh	17,5 MWh	11 t	14.700 €	1.700 €
16	450,2 MWh	429,9 MWh	20,3 MWh	12,8 t	14.700 €	2.000 €
17	350,9 MWh	338,8 MWh	12,1 MWh	7,7 t	14.700 €	1.200 €
18	480,9 MWh	454,1 MWh	26,8 MWh	16,9 t	14.700 €	2.600 €
19	113,3 MWh	109,4 MWh	3,9 MWh	2,5 t	14.700 €	400 €
20	54 MWh	51,7 MWh	2,3 MWh	1,5 t	6.820 €	250 €
21	21,5 MWh	20 MWh	1,5 MWh	936 kg	19.200 €	150 €
22	35,2 MWh	33,5 MWh	1,7 MWh	1,1 t	19.200 €	175 €

Tablo 4.4. ile Göksu kuyularında SinaSave programı sonuçları tablo halinde sunulmuştur. Buna göre geri dönüşüm en hızlı 8 numaralı kuyuda en yavaş ise 21 numaralı kuyudadır. 22 kuyuda toplam 271,5 MWh yıllık enerji kazanımı, 170,94 ton CO₂ salınımı kazanımı elde edilmiştir. Kuyuların kendi içinde ki amortisman süresi 13,2 yıldır.

4.1.2 Pompa İstasyonu

Göksu pompa istasyonunda bulunan 6 adet pompadan 4 tanesi incelenmiştir. 1, 3, 5 ve 6 numaralı pompalarda inceleme yapılmıştır. Bu pompalarda 2017 ve 2018 yıllarına göre toplam çalışmaya bakıldığında en az 4368 saatle 1 numaralı pompadır. En fazla çalışma ise 16269 saatle 4 numaralı pompadır. 2 ve 5 numaralı pompalar ise 2017 ve 2018 yıllarında toplam 61 ve 21 saat çalışmışlardır. Bu nedenle 2 ve 5 numaralı pompalar çalıştırılmamış olarak kabul edilmiştir.

Pompa istasyonlarında farklı bağlantı yapılarının olduğuna Bölüm 2.5.3’de değinilmişti. Burada bahsi geçen kısma vanası ile kontrol, bypass vanası ile kontrol ve AC motor hız kontrol cihazı ile kontrol yöntemleri ayrı ayrı analiz edilerek ve verimlilikleri değerlendirilmiştir.

Tablo 4.5. Göksu pompa istasyonundaki mevcut motor verimlilikleri

Motor/Pompa Grubu	Verim
1 numaralı motor	%81
3 numaralı motor	%82
4 numaralı motor	%84
6 numaralı motor	%83

Tablo 4.5’de görüleceği üzere, motor analizörü ile yapılan ölçüm sonuçları doğrultusunda motorların verimleri analiz edilmiştir.

4.1.2.1 1 Numaralı Pompa

İlk durum olarak çalışma saati en düşük olan 1 numaralı pompa ile başlanılmıştır.

Tablo 4.6. SinaSave veri giriş (1 numaralı pompa)



1 numaralı pompa

Options		
Energy price		0.0960 €/kWh
CO ₂ factor		632 g/kWh
Pump Custom		
Medium		Water
Density	P	1000 kg/m ³
Pump head	H	24.0 m
Static head	H _{stat}	0 m
Rated flow	Q	2700 m ³ /h
Pump speed	N	980
Pump stage		1
Efficiency		87.0 %
Specific speed	n _q	78.3 1/min
Required shaft power	P ₂	203.0 kW

Tablo 4.6. ile SinaSave programına mevcut durum bilgileri girilmiştir. Bunlar; pompanın basma yüksekliği, debisi ve devir bilgileridir

Operation Profile											
Operation-hours / day		24.0		Operating hours / year			1848 (24 h * 77 d)				h/a
Operation-days / year		77		Allocation			User-defined				
Flowrate	10%	20%	30%	40%	50%	60%	70%	80%	90%	100%	
Operating hours	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	22.5	

Şekil 4.7. SinaSave çalışma bilgileri girişi (1 numaralı pompa)

Şekil 4.7’de 1 numaralı pompaya ait motor çalışma saatleri verilmiştir. Çalışma saatleri olarak Tablo 3.7’de verilen 2018 yılı çalışma saatleri referans alınmıştır. Gün içerisinde vanalar ortalama 1,5 saat süresince %50 oranında kısılmaktadır.

Tablo 4.6 ve Şekil 4.7’de mevcut sisteme ait bilgiler yer almaktadır. Kısma vanası ile veya bypass vanası ile kontrolde olsun programa yapılan bu girişler sabittir. Kısma vanası ile kontrol 1. durumdur. Yeni sistemimizde kısma vanası ile kontrol edilseydi mevcut durumdaki kısma vanasına göre nasıl sonuç elde edileceğine ilişkin analiz aşağıda verilmiştir.

4.1.2.1.1 Kısma Vanası ile Kontrol

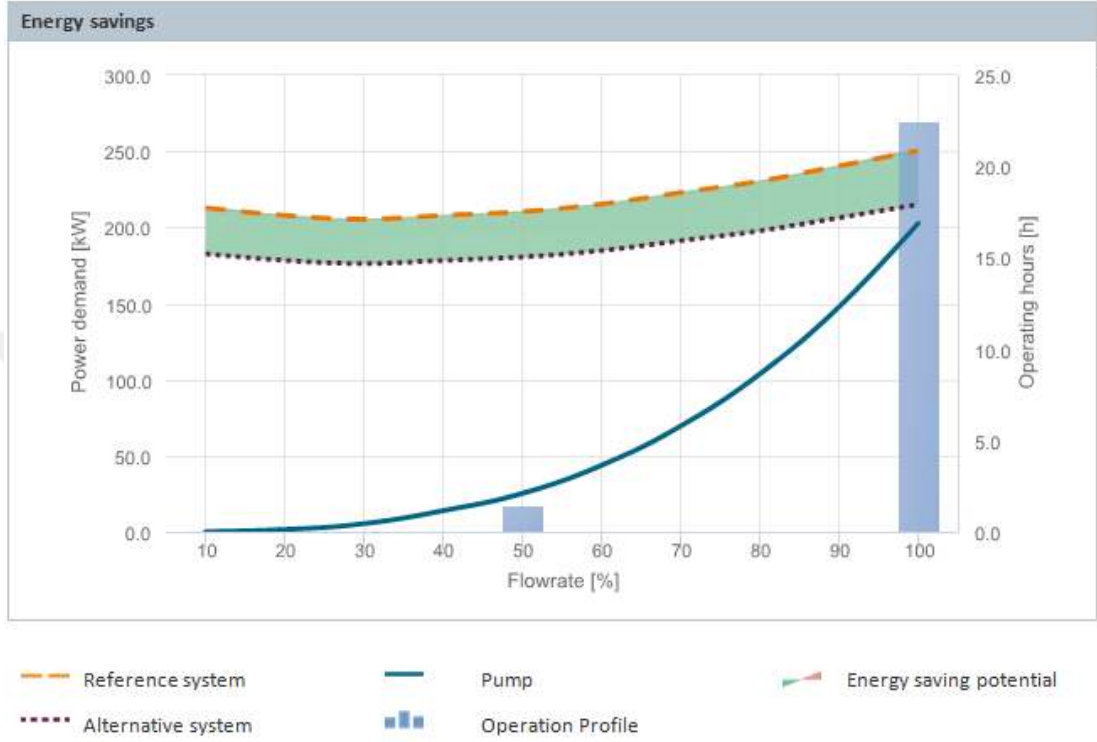
İncelenen mevcut sistem halihazırda kısma vanası ile kontrol edilmektedir. alternatif sistemimizde kısma vanası ile kontrol edilmekte olacağından buna uygun olarak program girişleri yapılmaktadır. Mevcut sistemdeki motora yol verme sisteminde değişikliğe gidilmemiştir.

Controller	Throttle
	Pump head H 24.0 m
	Rated flow Q 2700 m ³ /h
Motor	Default
	
	editable
	Efficiency η_N 81%
	Starting current ratio $I_{A/IN}$ 7.5
	Price 0 €
Switchgear	Default
	
	Power losses 10.0 W
	Price 0 €
Line supply	
	3AC
	50 Hz
	3 kV

Controller	Throttle
	Pump head H 24.0 m
	Rated flow Q 2700 m ³ /h
Motor	SIMOTICS HV serie H-
	Power P_N 236 kW
	Rated speed n_N 986 1/min
	Efficiency η_N 94.33%
	Starting current ratio $I_{A/IN}$ 5.3
	List price 46240 €
	Discount 0.0 %
	Customer Price 46240 €
Switchgear	Default
	
	Power losses 10.0 W
	Price 0 €
Line supply	
	3AC
	50 Hz
	3 kV

Şekil 4.8. SinaSave mevcut durum ve önerilen durum (1 numaralı pompa)

Mevcut durum için motor analizörü ile ölçüm sonuçları doğrultusunda bilgi girişi yapılmış. Yeni durum için kısma vanası ile kontrol seçilmiştir. Minimum motor gücü ve motor maliyeti program vasıtasıyla belirlenmiştir. Şekil 4.9’da mevcut sistem ile örnek sistem arasındaki kazanım farkı gösterilmiştir.

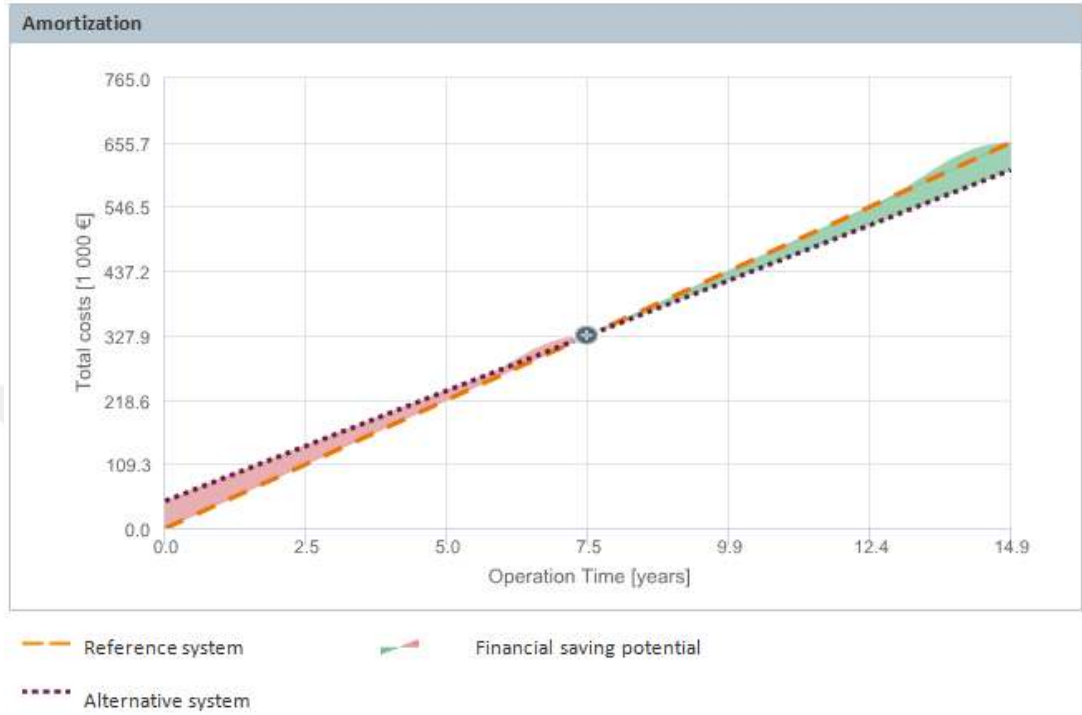


Şekil 4.9. Enerji Tasarrufu (1 numaralı pompa)

Tablo 4.7. Program sonucu (1 numaralı pompa)

Drive System	Reference system	Alternative system
Energy consumption	458.4 MWh/a	393.7 MWh/a
Results		
Energy savings		64.8 MWh/a
CO ₂ emission savings		40.9 t/a
Energy costs savings		6200 €/a
Amortization in operating hours		13771 h
Amortization in years		7.5 a

Tablo 4.7’de görüleceği üzere mevcut sistem ile örnek sistem arasında sadece motor değişmesiyle beraber yıllık 64,8MWh’lık bir enerji tasarrufu sağlanmış, 40,9t CO2 salınımından kazanılmış ve yıllık 6.200€ kazanç elde edilmiştir.



Şekil 4.10. Amortisman süresi (1 numaralı pompa)

Şekil 4.10’da görüldüğü üzere kısma vanası ile kontrol yöntemine devam edilmesi sonucu yeni sistem 7,5 yılda kendi amorti etmektedir.

4.1.2.1.2 Bypass Vanası ile Kontrol

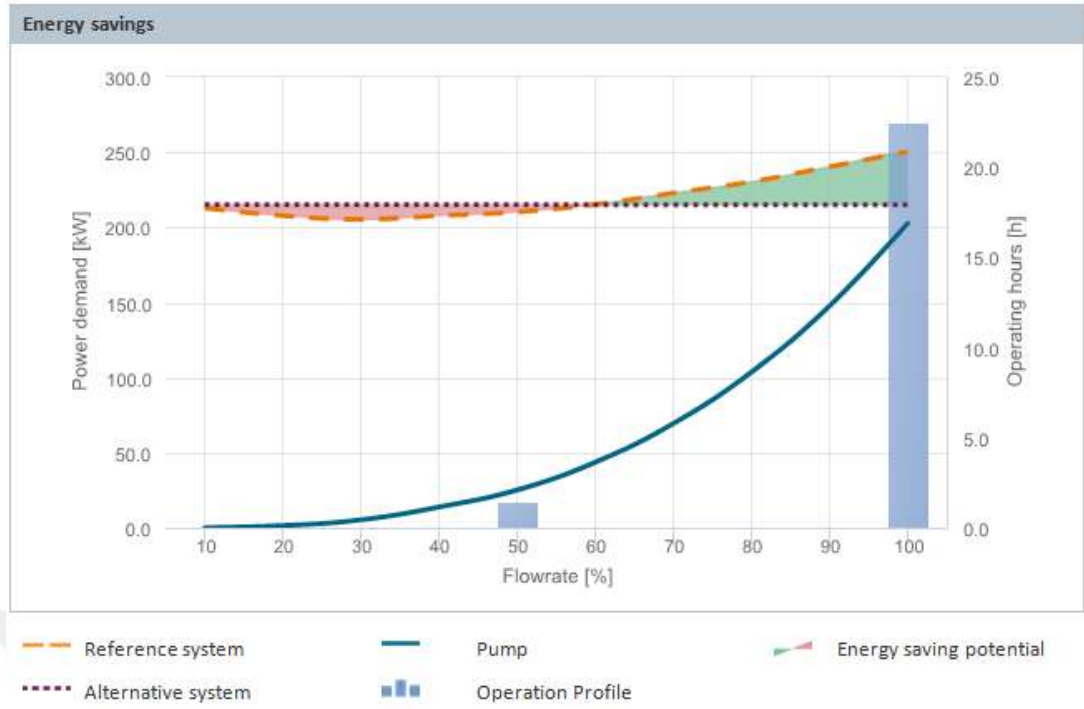
Mevcut sistem aynı kısma vanası ile kontrol edilecek ancak yeni sistemimizi bypass vanası ile kontrol yöntemini göre tasarladık elde edilecek kazanımları belirlemek için 2 numaralı durumumuzda veri girişimiz Şekil 4.11’deki gibidir.

Controller	Throttle														
	<table> <tr> <td>Pump head H</td><td>24.0 m</td></tr> <tr> <td>Rated flow Q</td><td>2700 m³/h</td></tr> </table>	Pump head H	24.0 m	Rated flow Q	2700 m ³ /h										
Pump head H	24.0 m														
Rated flow Q	2700 m ³ /h														
Motor	Default														
	<table> <tr> <td></td><td></td></tr> <tr> <td></td><td>editable</td></tr> <tr> <td>Efficiency η_N</td><td>81%</td></tr> <tr> <td>Starting current ratio $I_{A/N}$</td><td>7.5</td></tr> <tr> <td></td><td></td></tr> <tr> <td></td><td></td></tr> <tr> <td>Price</td><td>0 €</td></tr> </table>				editable	Efficiency η_N	81%	Starting current ratio $I_{A/N}$	7.5					Price	0 €
	editable														
Efficiency η_N	81%														
Starting current ratio $I_{A/N}$	7.5														
Price	0 €														
Switchgear	Default														
	<table> <tr> <td></td><td></td></tr> <tr> <td>Power losses</td><td>10.0 W</td></tr> <tr> <td></td><td></td></tr> <tr> <td>Price</td><td>0 €</td></tr> </table>			Power losses	10.0 W			Price	0 €						
Power losses	10.0 W														
Price	0 €														
Line supply															
	<table> <tr> <td></td><td>3AC</td></tr> <tr> <td></td><td>50 Hz</td></tr> <tr> <td></td><td>3 kV</td></tr> </table>		3AC		50 Hz		3 kV								
	3AC														
	50 Hz														
	3 kV														

Controller	Bypass																
	<table> <tr> <td>Pump head H</td><td>24.0 m</td></tr> <tr> <td>Rated flow Q</td><td>2700 m³/h</td></tr> </table>	Pump head H	24.0 m	Rated flow Q	2700 m ³ /h												
Pump head H	24.0 m																
Rated flow Q	2700 m ³ /h																
Motor	SIMOTICS HV serie H-																
	<table> <tr> <td>Power P_N</td><td>236 kW</td></tr> <tr> <td>Rated speed n_N</td><td>986 1/min</td></tr> <tr> <td></td><td></td></tr> <tr> <td>Efficiency η_N</td><td>94.33%</td></tr> <tr> <td>Starting current ratio $I_{A/N}$</td><td>5.3</td></tr> <tr> <td>List price</td><td>46240 €</td></tr> <tr> <td>Discount</td><td>0.0 %</td></tr> <tr> <td>Customer Price</td><td>46240 €</td></tr> </table>	Power P_N	236 kW	Rated speed n_N	986 1/min			Efficiency η_N	94.33%	Starting current ratio $I_{A/N}$	5.3	List price	46240 €	Discount	0.0 %	Customer Price	46240 €
Power P_N	236 kW																
Rated speed n_N	986 1/min																
Efficiency η_N	94.33%																
Starting current ratio $I_{A/N}$	5.3																
List price	46240 €																
Discount	0.0 %																
Customer Price	46240 €																
Switchgear	Default																
	<table> <tr> <td></td><td></td></tr> <tr> <td>Power losses</td><td>10.0 W</td></tr> <tr> <td></td><td></td></tr> <tr> <td>Price</td><td>0 €</td></tr> </table>			Power losses	10.0 W			Price	0 €								
Power losses	10.0 W																
Price	0 €																
Line supply																	
	<table> <tr> <td></td><td>3AC</td></tr> <tr> <td></td><td>50 Hz</td></tr> <tr> <td></td><td>3 kV</td></tr> </table>		3AC		50 Hz		3 kV										
	3AC																
	50 Hz																
	3 kV																

Şekil 4.11. SinaSave mevcut durum ve önerilen durum (1 numaralı pompa)

Mevcut durum için sistem bilgileri girilmiş, yeni durum için bypass vanası ile kontrol seçilmiştir. Minimum motor gücü ve motor maliyeti program vasıtasıyla belirlenmiştir.



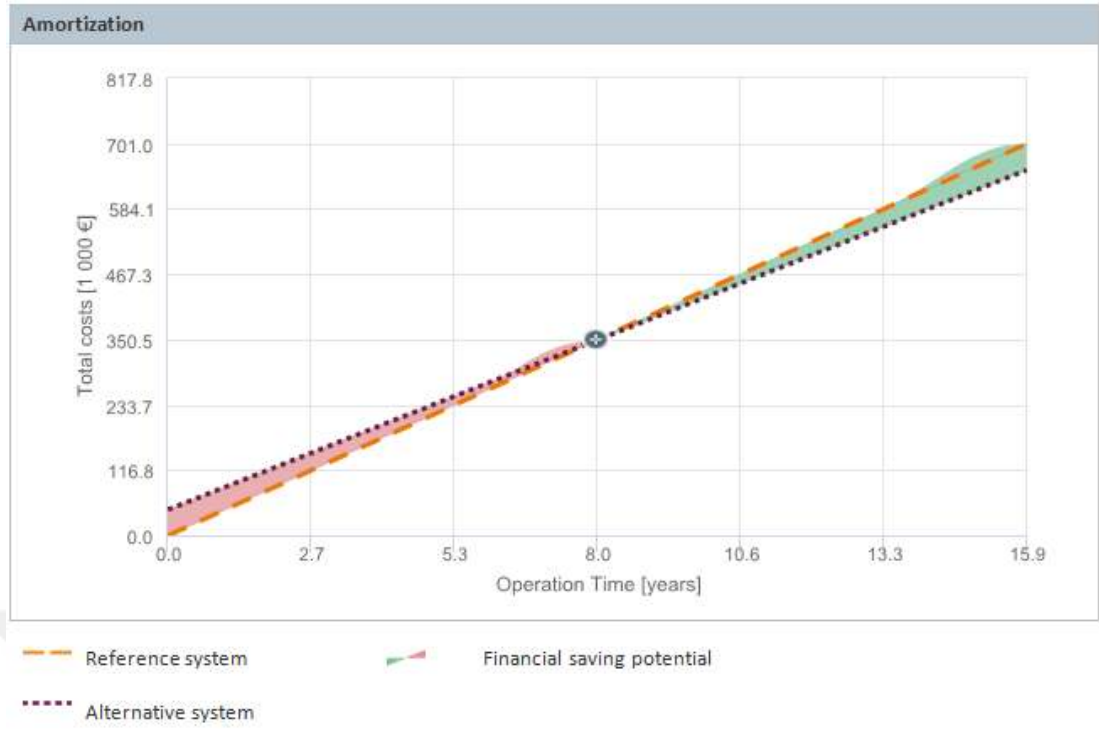
Şekil 4.12. Enerji Tasarrufu (1 numaralı pompa)

Şekil 4.12. ile Şekil 4.9'daki alternatif sisteme ait eğrilerdeki farklılık görülmektedir. Bypass vanası ile yapılan kontrol yönteminin aslında sabit bir tüketime neden olduğu Şekil 4.12'deki alternatif sistem eğrisinden de belli olmaktadır.

Tablo 4.8. Program sonucu (1 numaralı pompa)

Drive System	Reference system	Alternative system
Energy consumption	458.4 MWh/a	397.6 MWh/a
Results		
Energy savings		60.8 MWh/a
CO ₂ emission savings		38.4 t/a
Energy costs savings		5800 €/a
Amortization in operating hours		14720 h
Amortization in years		8.0 a

Mevcut sistem ile bypass vanası ile kontrol yöntemini kıyasladığımızda yıllık 60,8MWh'lık bir enerji, 38,4t CO₂ salınımından tasarruf edinilmiş ve yıllık 5.800€ kazanç elde edilmiştir.



Şekil 4.13. Amortisman süresi (1 numaralı pompa)

Bypass vanası ile kontrol yönteminin tercih edilmesi sonucu yeni sistem 8 yılda kendini amorti etmektedir.

4.1.2.1.3 AC Motor Hız Kontrol Cihazı İle Kontrol

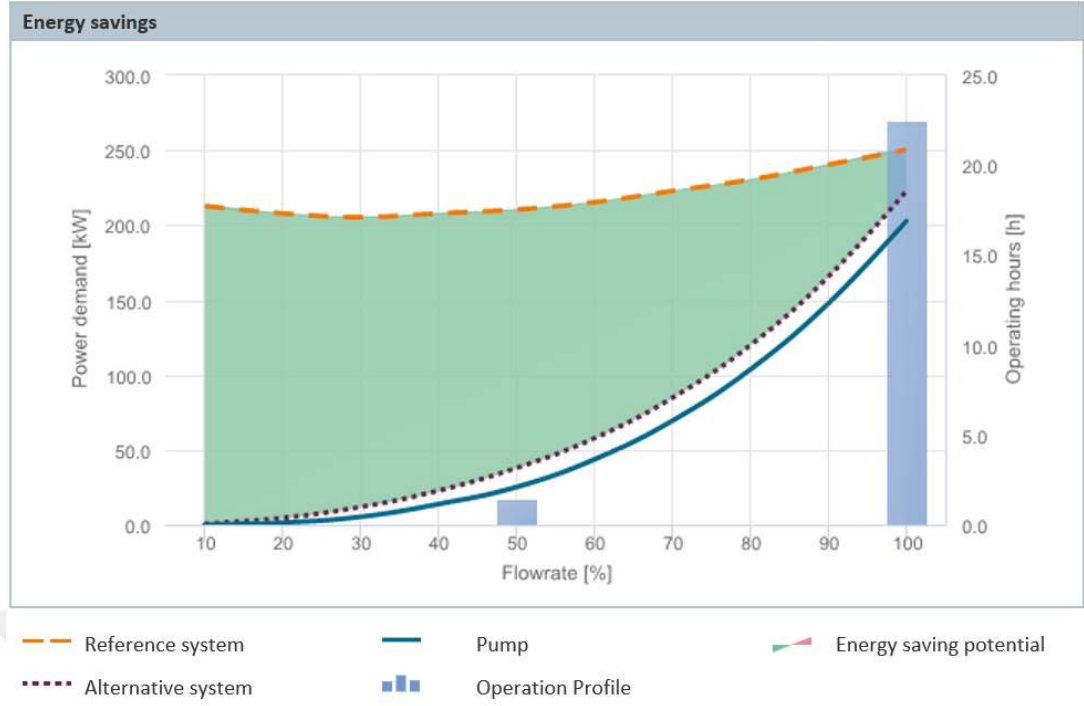
Pompa istasyonu kontrol yöntemlerinden bir diğeri de hız ayarı ile kontrol yöntemidir.

Controller		Throttle	
		Pump head <u>H</u>	24.0 m
		Rated flow <u>Q</u>	2700 m³/h
Motor		Default	
			
			<u>editable</u>
		Efficiency η_N	81%
		Starting current ratio $I_{A/N}$	7.5
Price		0 €	
Switchgear		Default	
			
		Power losses	10.0 W
Price		0 €	
Line supply			
			3AC
			50 Hz
			3 kV

Controller		Converter	
		Pump head H	24.0 m
		Rated flow Q	2700 m³/h
Motor		SIMOTICS HV <u>serie</u> H-compact	
		Power P_N	236 kW
		Rated speed n_N	986 1/min
		Efficiency η_N	94.33%
		List price	46240 €
		Discount	0.0 %
		Customer Price	46240 €
Converter		SINAMICS Perfect Harmony GH180	
		<u>Rated power</u> P_N	298 kW
		<u>Rated current</u> I_N	63 A
		Efficiency <u>η_N</u>	96.5 %
		Design type	Cabinet
		<u>List price</u>	150200 €
		Discount	0.0 %
		Customer Price	150200 €
Line supply			
			3AC
			50 Hz
			3 kV

Şekil 4.14. 1 numaralı pompa için mevcut ve önerilen durum

Şekil 4.14’de kısma vanası ve bypass vanası ile kontrol yöntemlerinde gördüğümüz yatırım maliyetlerindeki motor maliyetinin yanında motor maliyetinin neredeyse 4 katı değerinde sürücü maliyeti de sisteme eklenmiştir.



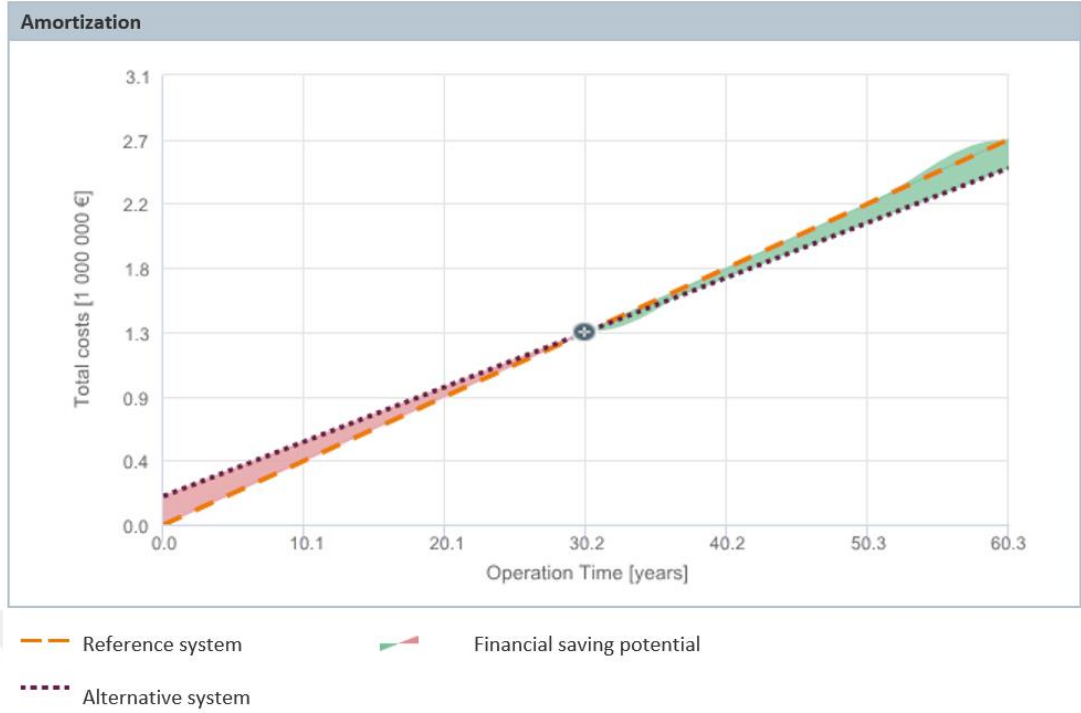
Şekil 4.15. Enerji Tasarrufu (1 numaralı pompa)

Şekil 4.15’de mevcut (referans) sistem ve alternatif sistem arasındaki alan enerji kazanımını göstermektedir.

Tablo 4.9. Program sonucu (1 numaralı pompa)

Drive System	Reference system	Alternative system
Energy consumption	458.4 MWh/a	390.7 MWh/a
Results		
Energy savings		67.7 MWh/a
CO ₂ emission savings		42.8 t/a
Energy costs savings		6500 €/a
Amortization in operating hours		55724 h
Amortization in years		30.2 a

Mevcut sistem ile hız ayarı ile kontrol yöntemini kıyasladığımızda yıllık 67,7MWh’lik bir enerji, 42,8 t CO₂ salınımından tasarruf ve yıllık 6.500€ kazanç elde edilir.



Şekil 4.16. 1 nolu pompa amortisman süresi

Şekil 4.16’da görüleceği üzere sistemin kendini amorti etme süresi 30.2 yıldır. Her ne kadar elde edilen kazanımlar kısma vanası ve bypass vanası ile kontrol yöntemlerine göre daha yüksek olsa da yatırım maliyetlerinde 4 kata varan artış amortisman süresini arttırmıştır.

İlk yatırım maliyetlerindeki bu artış orta gerilim sürücülerinin maliyetinin yükseliğinden kaynaklanmaktadır. Bu nedenle; aynı kontrol yöntemleri, yüksek verimlilik sınıfındaki alçak gerilim motorları ile yapılmıştır.

4.1.2.1.4 Kısma Vanası İle Kontrol – AG Motor İle

Bölüm 4.1.2.1.1’de yapılan işlemin aynısı burada uygulanmıştır ancak mevcut sistem tamamen devre dışına çıkarılmış ve trafodan itibaren değişikliğe gidilmiş, kısma vanası ile kontrol yöntemi aynı kalmıştır.

Controller		Throttle	
	Pump head H	24.0	m
	Rated flow Q	2700	m³/h

Motor		Default	
			
	Efficiency class	editable	
	Efficiency η _N	81%	
	Price	0	€

Switchgear		Default	
			
	Power losses	10.0	W
	Price	0	€

Line supply		Default	
		3AC	
		50	Hz
		3	kV

Controller		Throttle	
	Pump head H	24.0	m
	Rated flow Q	2700	m³/h

Motor		SIMOTICS SD (1LE5)	
	Power P _N	250	kW
	Rated speed n _N	992	1/min
	Efficiency class	IE4	
	Efficiency η _N	96.5%	
	Casting	Cast Iron	
	List price	77100	€
	Discount	0.0	%
	Customer Price	77100	€

Switchgear		SIRIUS 3RW Soft Starter	
	Rated power P _N	250	kW
	Rated current I _N	432	A
	Power losses	250	W
	Type	Soft Starter	
	List price	2670	€
	Discount	0.0	%
	Customer Price	2670	€

Line supply		Default	
		3AC	
		50	Hz
		400	V

Şekil 4.17. 1 numaralı pompa için mevcut ve önerilen durum

Şekil 4.17’de görüldüğü üzere mevcut sistemimiz aynı kalmış, önerilen sistemde ise kısma vanası ile kontrol devam etmektedir. Ancak sistemi alçak gerilim motorları üzerinden taasarlayarak, yüksek gerilim motorlarına ait sürücü maliyeti azaltılmak hedeflenmiştir.

Tablo 4.10. Program sonucu (1 numaralı pompa)

Drive System	Reference system	Alternative system
Energy consumption	458.4 MWh/a	385.3 MWh/a
Results		
Energy savings		73.2 MWh/a
CO ₂ emission savings		46.3 t/a
Energy costs savings		7000 €/a
Amortization in operating hours		21067 h
Amortization in years		11.4 a

Tablo 4.10. ile Tablo 4.7. kıyalandığında enerji kazanımı 64.8MWh/yıl dan 73.2MWh/yıl'a çıkmıştır. Trafo, hariç amortisman süresi 11.4 yıldır.

4.1.2.1.5 Bypass Vanası İle Kontrol – AG Motor İle

Bölüm 4.1.2.1.2'de yapılan işlemin aynısı uygulanmıştır. Ancak mevcut sistem tamamen devre dışına çıkarılmış ve trafodan itibaren değişikliğe gidilmiş, önerilen kontrol şekli yani bypass vanası ile kontrol yöntemi aynı kalmıştır.

Controller		Throttle	
		Pump head H	24.0 m
		Rated flow Q	2700 m³/h
Motor		Default	
			
		Efficiency class	editable
		Efficiency η_N	81%
		Price	0 €
Switchgear		Default	
			
		Power losses	10.0 W
		Price	0 €
Line supply		Default	
			3AC
			50 Hz
			3 kV

Controller		Bypass	
		Pump head H	24.0 m
		Rated flow Q	2700 m³/h
Motor		SIMOTICS SD (1LE5)	
		Power P_N	250 kW
		Rated speed n_N	992 1/min
		Efficiency class	IE4
		Efficiency η_N	96.5%
		Casting	Cast Iron
		List price	77100 €
		Discount	0.0 %
		Customer Price	77100 €
Switchgear		SIRIUS 3RW Soft Starter	
		Rated power P_N	250 kW
		Rated current I_N	432 A
		Power losses	250 W
		Type	Soft Starter
		List price	2670 €
		Discount	0.0 %
		Customer Price	2670 €
Line supply		Default	
			3AC
			50 Hz
			400 V

Şekil 4.18. 1 numaralı pompa için mevcut ve önerilen durum

Şekil 4.18’de görüldüğü üzere mevcut sistemimiz aynı kalmış önerilen durumumuz ise bypass vanası ile kontrol edilmekte ancak sistemi alçak gerilim motorları üzerinden tasarlayarak, yüksek gerilim motorlarına ait sürücü maliyeti azaltılmak hedeflenmiştir.

Tablo 4.11. program sonucu (1 numaralı pompa)

Drive System	Reference system	Alternative system
Energy consumption	458.4 MWh/a	389.1 MWh/a
Results		
Energy savings		69.3 MWh/a
CO ₂ emission savings		43.8 t/a
Energy costs savings		6600 €/a
Amortization in operating hours		22344 h
Amortization in years		12.1 a

Tablo 4.11 ile Tablo 4.8. kıyalandığında enerji kazanımı 60.8 MWh/yıl dan 69.3 MWh/yıl'a çıkmıştır. Trafo hariç amortisman süresi 12.1 yıldır.

4.1.2.1.6 AC Motor Hız Kontrol Cihazı İle Kontrol – AG Motoru İle

Hız ayarı ile kontrol yöntemi Bölüm 4.1.2.1.3'de tasarlanmış ancak yüksek maliyetler nedeniyle amortisman süresi uzamış, bu maliyeti azaltmak için AG sürücü kullanımı baz alınmıştır.

Controller		Throttle	
	Pump head <u>H</u>	24.0	m
	Rated flow <u>Q</u>	2700	m³/h

Motor	Default		
			
	Efficiency class	<u>editable</u>	
	Efficiency η_N	81%	
	Price	0	€

Switchgear	Default		
			
	Power losses	10.0	W
	Price	0	€

Line supply			
		3AC	
		50	Hz
		3	kV

Controller		Converter	
	Pump head H	24.0	m
	Rated flow Q	2700	m³/h

Motor	SIMOTICS FD			
	Power P_N	235	kW	
	Rated speed n_N	1000	1/min	
	Technology	<u>Asynchro</u> <u>nous</u>		
	Casting	Cast Iron		
	List price	59700	€	
	Discount	0.0	%	
	Customer Price	59700	€	

Converter	SINAMICS G120P Cabinet			
	<u>Rated power</u> P_N	315	kW	
	<u>Rated current</u> I_N	570	A	
	Efficiency η_N	97.4	%	
	Design type	Cabinet		
	<u>List price</u>	22100	€	
	Discount	0.0	%	
	Customer Price	22100	€	

Line supply			
		3AC	
		50	Hz
		400	V

Şekil 4.19. 1 numaralı pompa için mevcut ve örnek durum

Şekil 4.14. ile Şekil 4.19. kıyaslandığı zaman maliyetlerin 2/3 oranında düştüğü görülmektedir.

Tablo 4.12. program sonucu (1 numaralı pompa)

Drive System	Reference system	Alternative system
Energy consumption	458.4 MWh/a	379.9 MWh/a
Energy costs	44000 €/a	36500 €/a
Power Loss		15.90 kW
Rated Power PN		235 kW
Results		
Energy savings		78.6 MWh/a
CO ₂ emission savings		49.7 t/a
Energy costs savings		7500 €/a
Amortization in operating hours		20156 h
Amortization in years		10.9 a

Tablo 4.12. ile Tablo 4.9. kıyalandığında enerji kazanımı 67,7MWh/yıl dan 78,6MWh/yıl'a çıkmıştır. Trafo hariç amortisman süresi 10.9 yıldır.

4.1.2.2 3 numaralı Pompa

3 numaralı pompa içinde kontrol yöntemleri sırasıyla uygulanmıştır. Hepsi için programa giriş yapılan ortak bilgiler Tablo 4.13'de verilmiştir.

Tablo 4.13. SinaSave veri giriş (3numaralı pompa)

Pump Custom		
Medium		Water
Density	p	1000 kg/m ³
Pump head	H	24.0 m
Static head	H _{stat}	0 m
Rated flow	Q	1800 m ³ /h
Pump speed	n	1460 m ³ /h
Pump stage		1
Efficiency		89.0 %
Specific speed	n _q	95.2 1/min
Required shaft power	P ₂	132.3 kW

Tablo 4.13’de SinaSave programına mevcut durum bilgileri girilmiştir. Bu bilgiler pompanın basma yüksekliği, pompanın debi ve devir bilgileridir.

Operation Profile										
Operation-hours / day		24.0			Operating hours / year			7176 (24 h * 299 d)		h/a
Operation-days / year		299			Allocation			User-defined		
Flowrate	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %	90 %	100%
Operating hours	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	22.5

Şekil 4.20. SinaSave çalışma bilgileri girişi (3 numaralı pompa)

Şekil 4.20’de 3 numaralı pompaya ait motor çalışma saatleri verilmiştir. Çalışma saatleri olarak Tablo 3.7’de verilen 2018 yılı çalışma saatleri referans alınmıştır. Gün içerisinde ortalama 1,5 saat vanalar %50 oranında kısılmaktadır.

4.1.2.2.1 Kısma Vanası ile Kontrol

Bu kısım mevcut durumla aynı senaryo üzerinden yapılan enerji verimliliği çalışmasıdır. Mevcut sistemimiz zaten kısma vanası ile kontrol edilmekteydi. Alternatif sistemimiz de kısma vanası ile kontrol edilmekte olacağından buna uygun olarak program girişleri yapılmaktadır. Mevcut sistemdeki motora yol verme sisteminde değişikliğe gidilmemiştir.

Controller		Throttle	
	Pump head <u>H</u>	24.0	m
	<u>Rated flow</u> Q	1800	m³/h

Motor		Default		
				
	Efficiency η_N	82%		
	Starting current ratio $I_{A/IN}$	7.5		
	Price	0	€	

Switchgear		Default	
			
	Power losses	10.0	W
	Price	0	€

Line supply	
	3AC
	50 Hz
	3 kV

Controller		Throttle	
	Pump head H	24.0	m
	Rated flow Q	1800	m³/h

Motor		SIMOTICS HV <u>serie H-</u>		
	Power P_N	200	kW	
	Rated speed n_N	1480	1/min	
	Efficiency η_N	93.93%		
	Starting current ratio $I_{A/IN}$	5.2		
	List price	35609	€	
	Discount	0.0	%	
Customer Price	35609	€		

Switchgear		Default	
			
	Power <u>losses</u>	10.0	W
	Price	0	€

Line supply	
	3AC
	50 Hz
	3 kV

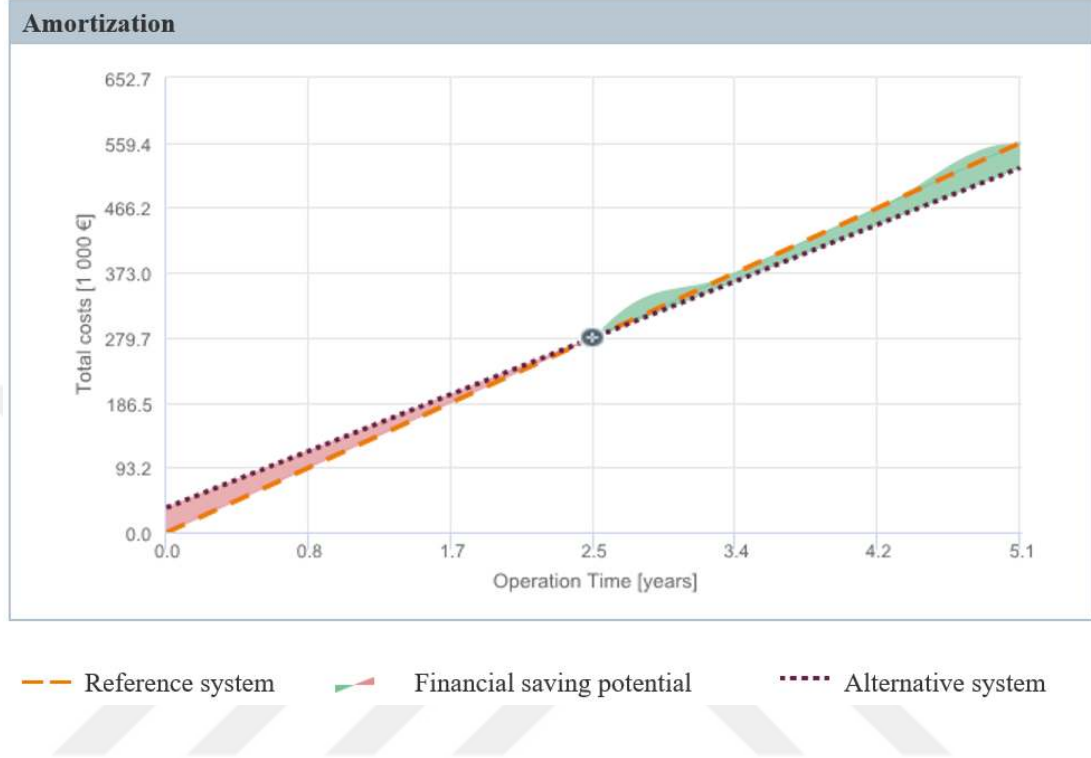
Şekil 4.21. 3 numaralı pompa için mevcut ve önerilen durum

Mevcut durum için motor analizörü ile ölçüm sonuçları doğrultusunda bilgi girişi yapılmıştır. Yeni durum için kısma vanası ile kontrol seçilmiştir. Minimum motor gücü sistem tarafından belirlenmiş ve motor maliyeti belirlenmiştir.

Tablo 4.14. Program sonucu (3 numaralı pompa)

Drive System	Reference system	Alternative system
Energy consumption	1.1 GWh/a	1.0 GWh/a
Results		
Energy savings		145.5 MWh/a
CO ₂ emission savings		92.0 t/a
Energy costs savings		14000 €/a
Amortization in operating hours		18248 h
Amortization in years		2.5 a

Mevcut sistem ile yeni sistem arasında sadece motor değişmesiyle beraber yıllık 145.5MWh'lık bir enerji tasarrufu sağlanmış, 92t CO₂ salınımından kazanılmış ve yıllık 14.000€ kazanç elde edilmiştir.



Şekil 4.22. Amortisman süresi (3 numaralı pompa)

Kısma vanası ile kontrol yöntemine devam edilmesi sonucu yeni sistem 2,5 yılda kendini amorti etmektedir.

4.1.2.2.2 Bypass Vanası İle Kontrol

Bu kısımda, mevcut sistemimiz kısma vanası ile kontrol edilecek olup yeni sistemi bypass vanası ile kontrol yöntemine göre tasarlınsaydı elde edilne kazanımları belirlemek için analiz yapılmıştır. Mevcut ve önerilen durum bilgileri Şekil 4.23'deki gibidir.

Controller		Throttle	
		Pump head H	24.0 m
		Rated flow Q	1800 m ³ /h
Motor		Default	
			
		Efficiency η_N	82%
		Starting current ratio I_{A/I_N}	7.5
		Price	0 €
Switchgear		Default	
			
		Power losses	10.0 W
		Price	0 €
Line supply		Default	
			3AC
			50 Hz
			3 kV

Controller		Bypass	
		Pump head H	24.0 m
		Rated flow Q	1800 m ³ /h
Motor		SIMOTICS HV serie H-compact	
		Power P_N	200 kW
		Rated speed n_N	1480 1/min
		Efficiency η_N	93.93%
		Starting current ratio I_{A/I_N}	5.2
		List price	35609 €
		Discount	0.0 %
		Customer Price	35609 €
Switchgear		Default	
			
		Power losses	10.0 W
		Price	0 €
Line supply		Default	
			3AC
			50 Hz
			3 kV

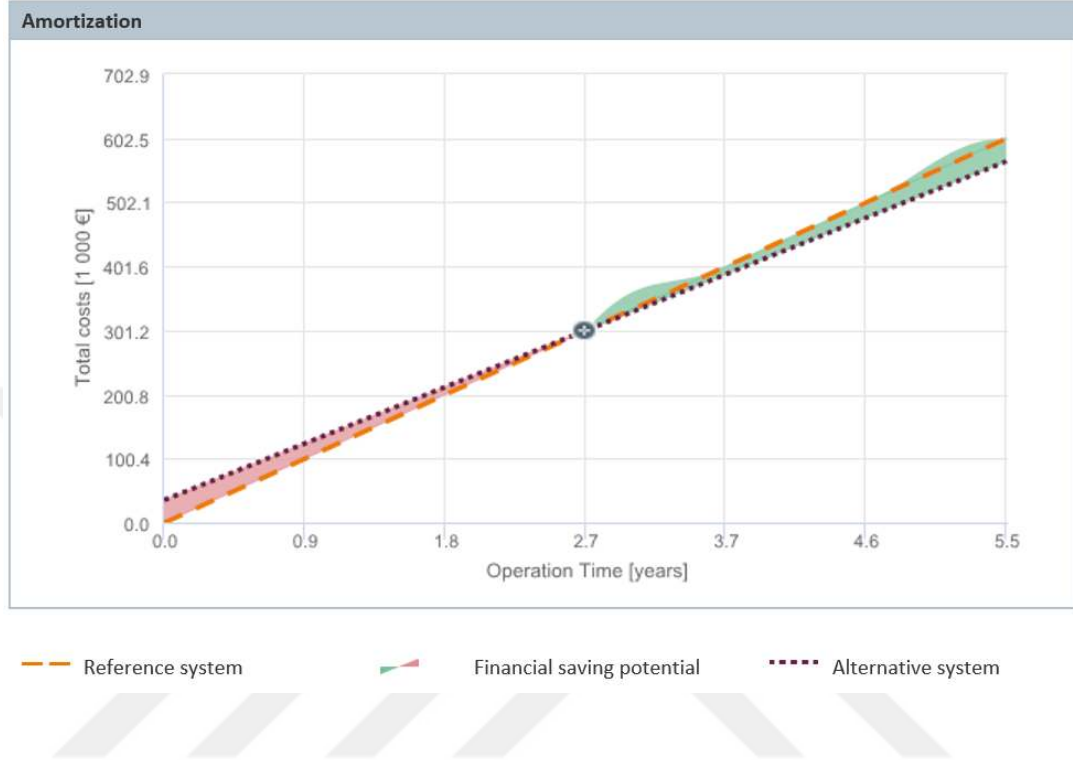
Şekil 4.23. 3 numaralı pompa için mevcut ve önerilen durum

Kısmı vanası ile kontrol ile bypass vanası ile kontrolde motor gücü değişmediğinden ilk yatırım maliyetleri aynı olmuştur.

Tablo 4.15. Program sonucu (3 numaralı pompa)

Drive System	Reference system	Alternative system
Energy consumption	1.1 GWh/a	1.0 GWh/a
Results		
Energy savings		135.4 MWh/a
CO ₂ emission savings		85.6 t/a
Energy costs savings		13000 €/a
Amortization in operating hours		19651 h
Amortization in years		2.7 a

Mevcut sistem ile önerilen durum arasında sadece motor değişmesiyle beraber yıllık 135.4 MWh lik bir enerji tasarrufu sağlanmış, 85.6t CO₂ salınımından kazanılmış ve yıllık 13.000€ kazanç elde edilmiştir.



Şekil 4.24. Amortisman süresi (3 numaralı pompa)

Bypass vanası ile kontrol yönteminin tercih edilmesi durumunda, yeni sistem 2,7 yılda kendini amorti etmektedir.

4.1.2.2.3 AC Motor Hız Kontrol Cihazı İle Kontrol

Pompa istasyonu kontrol yöntemlerinden bir diğeri de hız ayarı ile kontrol yöntemidir.

Controller	Throttle	
	Pump head H	24.0 m
	Rated flow Q	1800 m³/h
Motor	Default	
		
	Efficiency η_N	82%
	Starting current ratio I_{A/I_N}	7.5
Price	0 €	
Switchgear	Default	
		
	Power losses	10.0 W
Price	0 €	
Line supply		
		3AC
		50 Hz
		3 kV

Controller	Converter	
	Pump head H	24.0 m
	Rated flow Q	1800 m³/h
Motor	SIMOTICS HV serie H-	
	Power P_N	200 kW
	Rated speed n_N	1480 1/min
	Efficiency η_N	93.93%
	List price	35609 €
	Discount	0.0 %
Customer Price	35609 €	
Converter	SINAMICS Perfect Harmony	
	Rated power P_N	224 kW
	Rated current I_N	47 A
	Efficiency η_N	96.5 %
	Design type	Cabinet
	List price	149000 €
	Discount	0.0 %
Customer Price	149000 €	
Line supply		
		3AC
		50 Hz
		3 kV

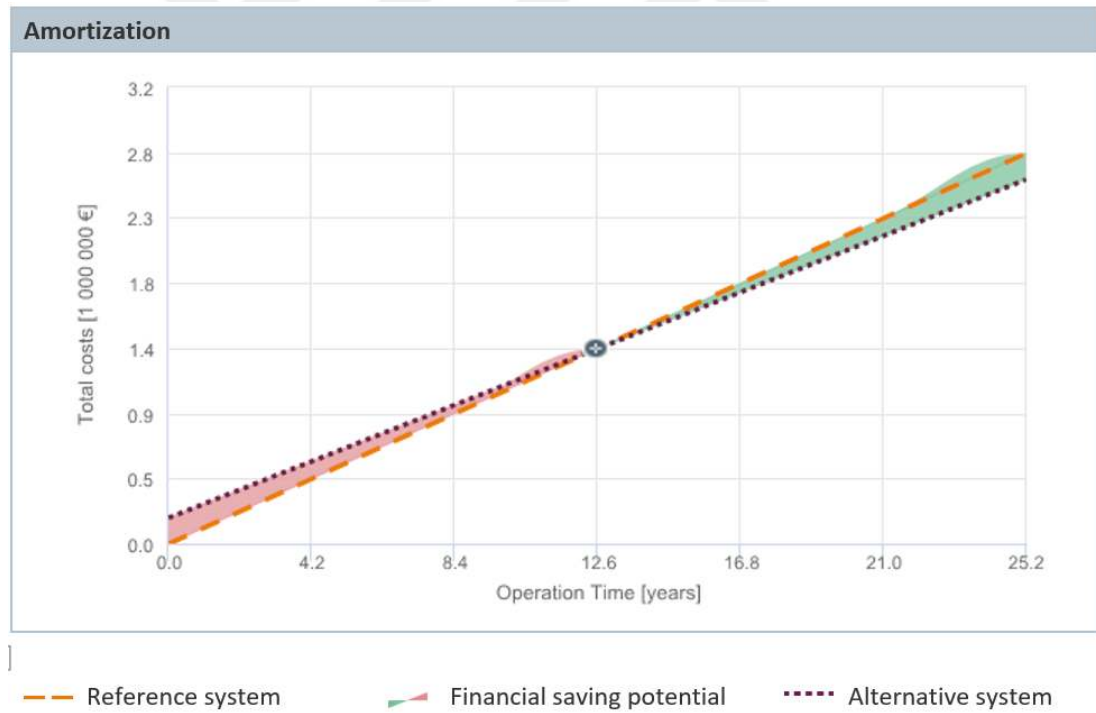
Şekil 4.25. 3 numaralı pompa için mevcut ve önerilen durum

Şekil 4.25’de kısma vanası ve bypass vanası ile kontrol yöntemlerinde gördüğümüz yatırım maliyetlerindeki motor maliyetine ilave olarak motor maliyetinin neredeyse 5 katı değerinde sürücü maliyetide sisteme eklenmiştir.

Tablo 4.16. Program sonucu (3 numaralı pompa)

Drive System	Reference system	Alternative system
Energy consumption	1.1 GWh/a	992.9 MWh/a
Results		
Energy savings		153.1 MWh/a
CO ₂ emission savings		96.8 t/a
Energy costs savings		14700 €/a
Amortization in operating hours		90310 h
Amortization in years		12.6 a

Tablo 4.16’da görüleceği üzere mevcut sistem ile yeni sistem arasında yıllık 153.1 MWh’lık bir enerji tasarrufu sağlanmış, 96.8t CO₂ salınımından kazanılmış ve yıllık 14.700€ kazanç elde edilmiştir.



Şekil 4.26. Amortisman süresi (3 numaralı pompa)

Şekil 4.26’da görüleceği üzere sistemin kendini amorti etme süresi 12.6 yıldır. Her ne kadar elde edilen kazanımlar kısma vanası ve bypass vanası ile kontrol

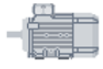
yöntemlerine göre daha yüksek olsa da yatırım maliyetlerindeki 5 kata varan artış amortisman süresini uzatmıştır.

İlk yatırım maliyetlerindeki bu artış orta gerilim sürücülerinin maliyetinin yükseliğinden kaynaklanmaktadır. Bu nedenle; aynı kontrol yöntemlerine ait analizler, yüksek verimlilikli alçak gerilim motorları ile yapılmıştır.

4.1.2.2.4 Kısma Vanası İle Kontrol – AG Motor İle

Bölüm 4.1.2.2.1’de yapılan işlemin aynısı ancak mevcut sistem tamamen devre dışına çıkarılmış ve trafodan itibaren değişikliğe gidilmiştir. Kısma vanası ile kontrol yöntemi aynı kalmıştır.

Controller	Throttle
	Pump head H 24.0 m
	Rated flow Q 1800 m ³ /h
Motor	Default
	
	Efficiency class <u>editable</u>
	Efficiency η_N 82%
	Price 0 €
Switchgear	Default
	
	Power losses 10.0 W
	Price 0 €
Line supply	
	3AC
	50 Hz
	3 kV

Controller	Throttle
	Pump head H 24.0 m
	Rated flow Q 1800 m ³ /h
Motor	SIMOTICS SD Basic Line
	Power P_N 160 kW
	Rated speed n_N 1490 1/min
	Efficiency class IE4
	Efficiency η_N 96.6%
	Casting Cast Iron
	List price 39978 €
	Discount 0.0 %
	Customer Price 39978 €
Switchgear	SIRIUS 3RW Soft Starter
	Rated power P_N 160 kW
	Rated current I_N 280 A
	Power losses 160 W
	Type Soft Starter
	List price 1730 €
	Discount 0.0 %
	Customer Price 1730 €
Line supply	
	3AC
	50 Hz
	400 V

Şekil 4.27. 3 numaralı pompa için mevcut ve önerilen durum

Şekil 4.27’de görüldüğü üzere mevcut sistemimiz aynı kalmış önerilen durumumuz ise kısma vanası ile kontrol olarak uygulanmıştır. Ancak sistem, alçak gerilim motorlarının kullanılması üzerine tasarlanmıştır.

Tablo 4.17. Program sonucu (3 numaralı pompa)

Drive System	Reference system	Alternative system
Energy consumption	1.1 GWh/a	973.9 MWh/a
Results		
Energy savings		172.1 MWh/a
CO ₂ emission savings		108.8 t/a
Energy costs savings		16500 €/a
Amortization in operating hours		18136 h
Amortization in years		2.5 a

Tablo 4.17. ile Tablo 4.14. kıyalandığında enerji kazanımı 145,5 MWh/yıl’dan 172,1 MWh/yıl’a çıkmıştır.

4.1.2.2.5 Bypass Vanası İle Kontrol – AG Motor İle

Bypass vanası ile kontrol için mevcut durum ve alternatif durum bilgileri ve yatırım maliyeti Şekil 4.28’de verilmiştir.

Controller		Throttle	
		Pump head H	24.0 m
		Rated flow Q	1800 m ³ /h
Motor		Default	
			
		Efficiency class	editable
		Efficiency η_N	82%
		Price	0 €
Switchgear		Default	
			
		Power losses	10.0 W
		Price	0 €
Line supply		Default	
			3AC
			50 Hz
			3 kV

Controller		Bypass	
		Pump head H	24.0 m
		Rated flow Q	1800 m ³ /h
Motor		SIMOTICS SD Basic Line	
		Power P_N	160 kW
		Rated speed n_N	1490 1/min
		Efficiency class	IE4
		Efficiency η_N	96.6%
		Casting	Cast Iron
		List price ₁	39978 €
		Discount	0.0 %
		Customer Price	39978 €
Switchgear		SIRIUS 3RW Soft Starter	
		Rated power P_N	160 kW
		Rated current I_N	280 A
		Power losses	160 W
		Type	Soft Starter
		List price	1730 €
		Discount	0.0 %
		Customer Price	1730 €
Line supply		Default	
			3AC
			50 Hz
			400 V

Şekil 4.28. 3 numaralı pompa için mevcut ve önerilen durum

Şekil 4.28’de görüldüğü üzere mevcut sistem aynı kalmış ancak önerilen durumda bypass vanası ile kontrol seçilmiştir. Burada da AG motorlarının kullanılması öngörülmüştür.

Tablo 4.18. Program sonucu (3 numaralı pompa)

Drive System	Reference system	Alternative system
Energy consumption	1.1 GWh/a	983.7 MWh/a
Results		
Energy savings		162.3 MWh/a
CO ₂ emission savings		102.6 t/a
Energy costs savings		15600 €/a
Amortization in operating hours		19182 h
Amortization in years		2.7 a

Tablo 4.18. ile Tablo 4.15. kıyalandığında enerji kazanımı 135.4 MWh/yıl'dan 162.3 MWh/yıl'a çıkmıştır. Trafo hariç amortisman süresi 2,7 yıldır.

4.1.2.2.6 AC Motor Hız Kontrol Cihazı İle Kontrol– AG Motoru İle

AC motor hız kontrol cihazı ile kontrol yöntemi Bölüm 4.1.2.2.3'de tasarlanmış ancak yüksek maliyetler nedeniyle amortisman süresi uzamıştı. Bu maliyeti azaltmak için AG sürücü kullanımı baz alınmıştır.

Controller		Throttle	
	Pump head H	24.0	m
	Rated flow Q	1800	m ³ /h

Motor	Default	
		
	Efficiency class	editable
	Efficiency η_N	82%
Price	0	€

Switchgear	Default		
			
	Power losses	10.0	W
Price	0	€	

Line supply		
	3AC	
	50	Hz
	3	kV

Controller		Converter	
	Pump head H	24.0	m
	Rated flow Q	1800	m ³ /h

Motor	SIMOTICS SD VSD10-Line		
	Power P_N	160	kW
	Rated speed n_N	1500	1/min
	Technology	Asynchronous	
	Casting	Cast Iron	
	List price	31800	€
	Discount	0.0	%
	Customer Price	31800	€

Converter	SINAMICS G120 Modular		
	Rated power P_N	160	kW
	Rated current I_N	302	A
	Efficiency η_N	97.5	%
	Design type	Chassis	
	List price	12170	€
	Discount	0.0	%
	Customer Price	12170	€

Line supply		
	3AC	
	50	Hz
	400	V

Şekil 4.29. 3 numaralı pompa için mevcut ve önerilen durum

Şekil 4.25. ile Şekil 4.29. kıyaslandığı zaman, sürücü ve motor maliyetlerinin 2/3 oranında düştüğü görülmektedir.

Tablo 4.19. program sonucu (3 numaralı pompa)

Drive System	Reference system	Alternative system
Energy consumption	1.1 GWh/a	979.2 MWh/a
Energy costs	110000 €/a	94000 €/a
Power Loss		14.00 kW
Rated Power PN		160 kW
Results		
Energy savings		166.8 MWh/a
CO ₂ emission savings		105.4 t/a
Energy costs savings		16000 €/a
Amortization in operating hours		19734 h
Amortization in years		2.8 a

Tablo 4.19. ile Tablo 4.16. kıyalandığında enerji kazanımı 153,1MWh/yıl'dan 166,8MWh/yıl'a çıkmıştır. Trafo hariç amortisman süresi 2.8 yıldır.

4.1.2.3 4 Numaralı Pompa

4 numaralı pompa için de kontrol yöntemleri sırasıyla uygulanmıştır. Hepsini için programa giriş yapılan ortak bilgiler Tablo 4.13. ile aynıdır. Sadece Şekil 4.30'da 4 numaralı pompaya ait motor çalışma saatleri verilmiştir. Çalışma saatleri olarak Tablo 3.7'de verilen 2018 yılı çalışma saatleri referans alınmıştır.

Operation Profile										
Operation-hours / day		24.0		Operating hours / year		8352 (24 h * 348 d)		h/a		
Operation-days / year		348		Allocation		User-defined				
Flowrate	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %	90 %	100%
Operating hours	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	22.5

Şekil 4.30. SinaSave çalışma bilgileri girişi (4 numaralı pompa)

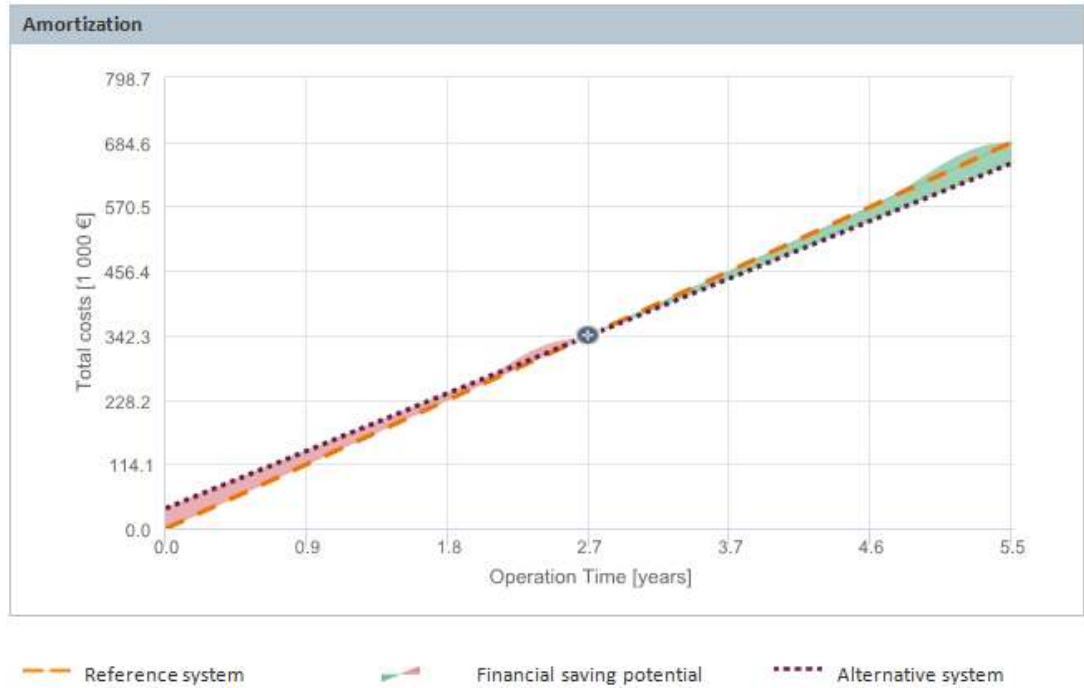
4.1.2.3.1 Kısma Vanası İle Kontrol

Mevcut durum ve önerilen durum bilgileri, motor gücü ve cinsi Şekil 4.21. ile aynıdır. Sadece mevcut motor verimi %82 değil %84 dür.

Tablo 4.20. Program sonucu (4 numaralı pompa)

Drive System	Reference system	Alternative system
Energy consumption	1.3 GWh/a	1.2 GWh/a
Results		
Energy savings		137.6 MWh/a
CO ₂ emission savings		87.0 t/a
Energy costs savings		13000 €/a
Amortization in operating hours		22872 h
Amortization in years		2.7 a

Mevcut sistem ile yeni sistem arasında sadece motor değişmesiyle beraber yıllık 137,6MWh’lık bir enerji tasarrufu sağlanmış, 87t CO₂ salınımindan kazanılmış ve yıllık 13.000€ kazanç elde edilmiştir.



Şekil 4.31. Amortisman süresi (4 numaralı pompa)

Kısma vanası ile kontrol yöntemine devam edilmesi sonucu yeni sistem 2,7 yılda kendini amorti etmektedir.

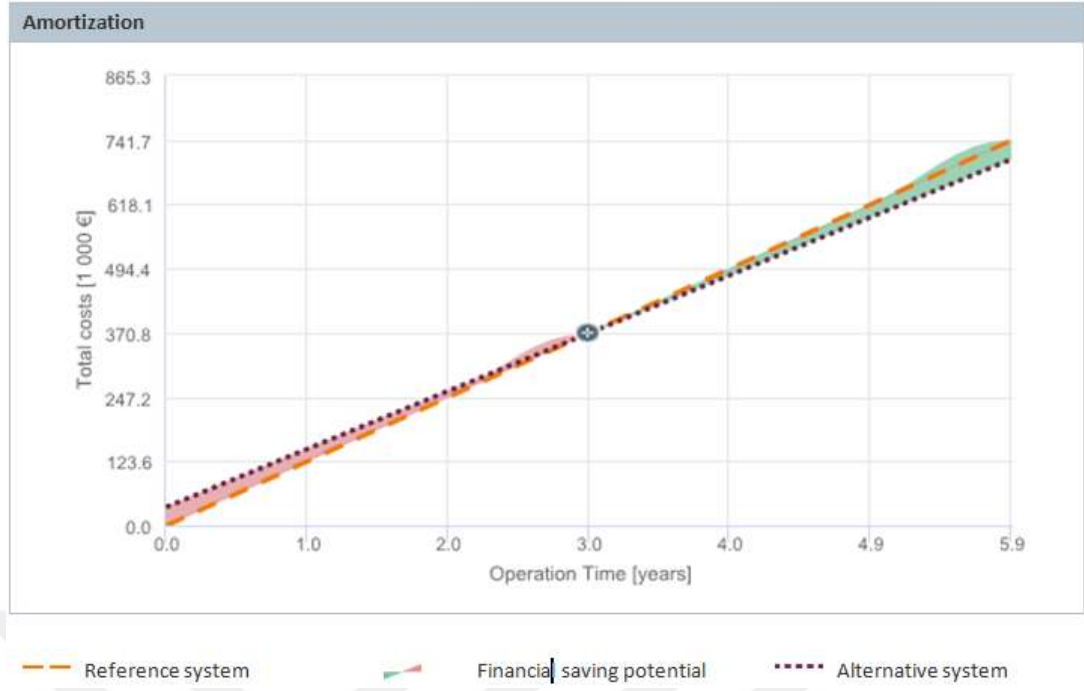
4.1.2.3.2 Bypass Vanası İle Kontrol

Mevcut durum ve alternatif durum bilgileri, motor gücü ve cinsi Şekil 4.23 ile aynıdır. Sadece mevcut motor verimi %82 değil %84'dür.

Tablo 4.21. Program sonucu – 4 numaralı pompa

Drive System	Reference system	Alternative system
Energy consumption	1.3 GWh/a	1.2 GWh/a
Results		
Energy savings		125.9 MWh/a
CO ₂ emission savings		79.6 t/a
Energy costs savings		12000 €/a
Amortization in operating hours		24778 h
Amortization in years		3.0 a

Mevcut sistem ile yeni sistem arasında sadece motor değişmesiyle beraber yıllık 125,9 MWh'lik bir enerji tasarrufu sağlanmış, 79,6t CO₂ salınımından kazanılmış ve yıllık 12.000€ kazanç elde edilmiştir.



Şekil 4.32. Amortisman süresi (4 numaralı pompa)

Bypass vanası ile kontrol yöntemine devam edilmesi sonucu yeni sistem 3 yılda kendini amorti etmektedir.

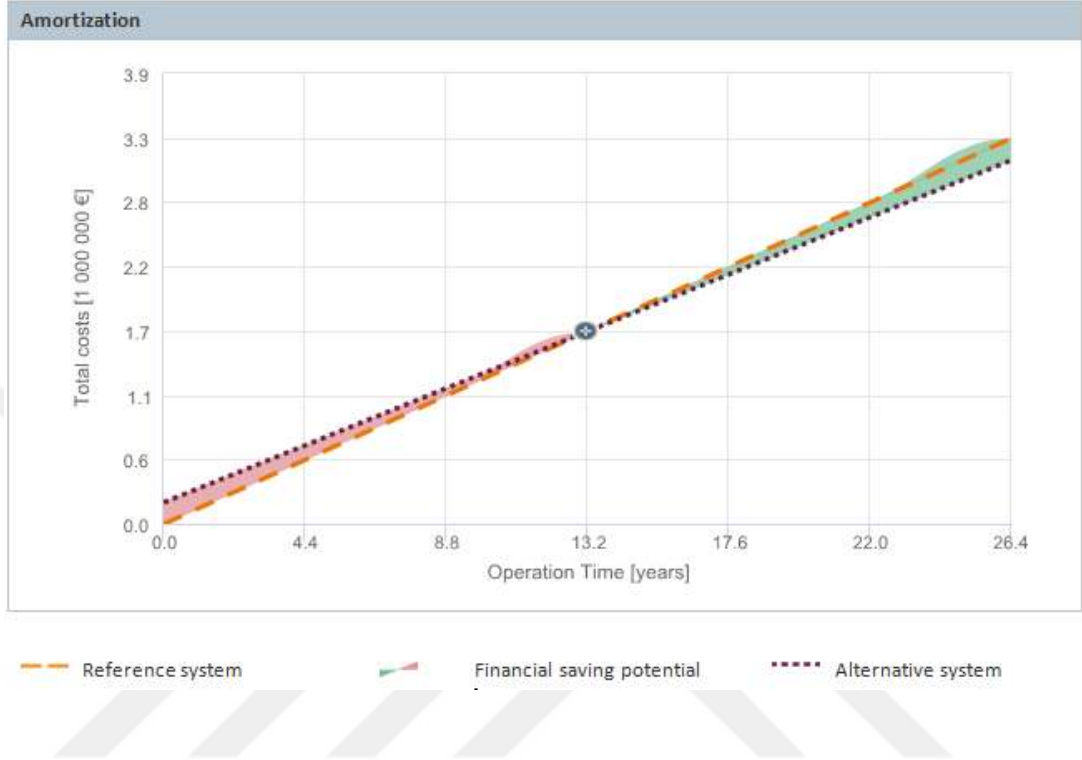
4.1.2.3.3 AC Motor Hız Kontrol Cihazı İle Kontrol

Mevcut durum ve alternatif durum bilgileri, motor gücü ve cinsi Şekil 4.25 ile aynıdır. Sadece mevcut motor verimi %82 değil %84'dür.

Tablo 4.22. Program sonucu (4 numaralı pompa)

Drive System	Reference system	Alternative system
Energy consumption	1.3 GWh/a	1.2 GWh/a
Results		
Energy savings		146.4 MWh/a
CO ₂ emission savings		92.5 t/a
Energy costs savings		14000 €/a
Amortization in operating hours		110366 h
Amortization in years		13.2 a

Mevcut sistem ile yeni sistem arasında yıllık 146,4 MWh'lik bir enerji tasarrufu sağlanmış, 92,5t CO₂ salınımından kazanılmış ve yıllık 14.000€ kazanç elde edilmiştir.



Şekil 4.33. Amortisman süresi (4 numaralı pompa)

Hız ayarı ile kontrol yöntemi sonucu, sistem kendini 13,2 yılda amorti etmektedir.

4.1.2.3.4 Kısma Vanası İle Kontrol – AG motor İle

Bölüm 4.1.2.3.1’de yapılan işlemin aynısı uygulanmış ancak mevcut sistem tamamen devre dışına çıkarılmış ve trafodan itibaren değişikliğe gidilmiş, yönetim şekli yani kısma vanası ile kontrol yöntemi aynı kalmıştır. Alternatif sistemdeki motor bilgileri ve yatırım maliyeti bilgileri Şekil 4.27’deki gibidir.

Tablo 4.23. Program sonucu (4 numaralı pompa)

Drive System	Reference system	Alternative system
Energy consumption	1.3 GWh/a	1.1 GWh/a
Results		
Energy savings		168.6 MWh/a
CO ₂ emission savings		106.5 t/a
Energy costs savings		16000 €/a
Amortization in operating hours		21767 h
Amortization in years		2.6 a

Tablo 4.23. ile Tablo 4.20. kıyalandığında enerji kazanımı 137,6 MWh/yıl'dan 168,6 MWh/yıl'a çıkmıştır.

4.1.2.3.5 Bypass Vanası İle Kontrol - AG Motor ile

Alternatif sistemdeki motor bilgieri ve yatırım maliyeti bilgieri Şekil 4.28'de ki gibidir. Program sonucu kazanımlar ise aşağıdaki Tablo 4.24'de verilmiştir.

Tablo 4.24. Program sonucu (4 numaralı pompa)

Drive System	Reference system	Alternative system
Energy consumption	1.3 GWh/a	1.1 GWh/a
Results		
Energy savings		157.1 MWh/a
CO ₂ emission savings		99.3 t/a
Energy costs savings		15000 €/a
Amortization in operating hours		23219 h
Amortization in years		2.8 a

Tablo 4.21. ile Tablo 4.24. kıyalandığında enerji kazanımı 125,9 MWh/yıl'dan 157,1 MWh/yıl'a çıkmıştır.

4.1.2.3.6 AC Motor Hız Kontrol Cihazı İle Kontrol – AG Motor İle

AC Motor hız kontrol cihazı ile kontrol yöntemi Bölüm 4.1.2.3.3'de tasarlanmış ancak yüksek maliyetler nedeniyle amortisman süresi uzamıştır. Bu

maliyeti azaltmak için AG sürücü kullanımı baz alınmıştır. Alternatif sistem ve yatırım maliyetleri Şekil 4.29'daki gibidir. Programa ait kazanımlar Tablo 4.25'de verilmiştir.

Tablo 4.25. Program sonucu (4 numaralı pompa)

Drive System	Reference system	Alternative system
Energy consumption	1.3 GWh/a	1.1 GWh/a
Energy costs	125000 €/a	109000 €/a
Power Loss		14.00 kW
Rated Power PN		160 kW
Results		
Energy savings		162.4 MWh/a
CO ₂ emission savings		102.6 t/a
Energy costs savings		16000 €/a
Amortization in operating hours		22968 h
Amortization in years		2.8 a

Tablo 4.22 ile Tablo 4.25 kıyalandığında enerji kazanımı 146,4 MWh/yıl'dan 162,4 MWh/yıl'a çıkmıştır.

4.1.2.4 6 Numaralı Pompa

6 numaralı pompa içinde kontrol yöntemleri sırasıyla uygulanmıştır. Hepsini için programa giriş yapılan ortak bilgiler Tablo 4.26'da yer almaktadır.

Tablo 4.26. SinaSave veri giriş (6 numaralı pompa)

Options		
Energy price		0.0960 €/kWh
CO ₂ factor		632 g/kWh
Pump Custom		
Medium		Water
Density	p	1000 kg/m ³
Pump head	H	24.0 m
Static head	H _{stat}	0 m
Rated flow	Q	2700 m ³ /h
Pump speed	n	980
Pump stage		1
Efficiency		89.0 %
Specific speed	n _q	78.3 1/min
Required shaft power	P ₂	198.4 kW

Tablo 4.26 ile SinaSave programına, mevcut durum bilgileri girilmiştir. Bu bilgiler pompanın basma yüksekliği, pompanın debi ve devir bilgileridir.

Operation Profile										
Operation-hours / day			24.0		Operating hours / year			8016 (24 h * 334 d) h/a		
Operation-days / year			334		Allocation			User-defined		
Flowrate	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %	90 %	100%
Operating hours	0.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	0.0	22.5

Şekil 4.34. SinaSave çalışma bilgileri girişi (6 numaralı pompa)

Şekil 4.34’de 6 numaralı pompaya ait motor çalışma saatleri verilmiştir. Çalışma saatleri olarak Tablo 3.7’de verilen 2018 yılı çalışma saatleri referans alınmıştır. Gün içerisinde ortalama 1,5 saat vanalar %50 oranında kısılmaktadır.

4.1.2.4.1 Kısmi Vanası ile Kontrol

Mevcut durumla aynı senaryo üzerinden yapılan enerji verimliliği çalışmasıdır.

Controller	Throttle
	Pump head H 24.0 m Rated flow Q 2700 m ³ /h
Motor	Default
	Efficiency η_N 83% Starting current ratio $I_{A/N}$ 7.5 Price 0 €
Switchgear	Default
	Power losses 10.0 W Price 0 €
Line supply	
	3AC 50 Hz 3 kV

Controller	Throttle
	Pump head H 24.0 m Rated flow Q 2700 m ³ /h
Motor	SIMOTICS HV serie H-compact
	Power P_N 236 kW Rated speed n_N 986 1/min Efficiency η_N 94.33% Starting current ratio $I_{A/N}$ 5.3 List price 46240 € Discount 0.0 % Customer Price 46240 €
Switchgear	Default
	Power losses 10.0 W Price 0 €
Line supply	
	3AC 50 Hz 3 kV

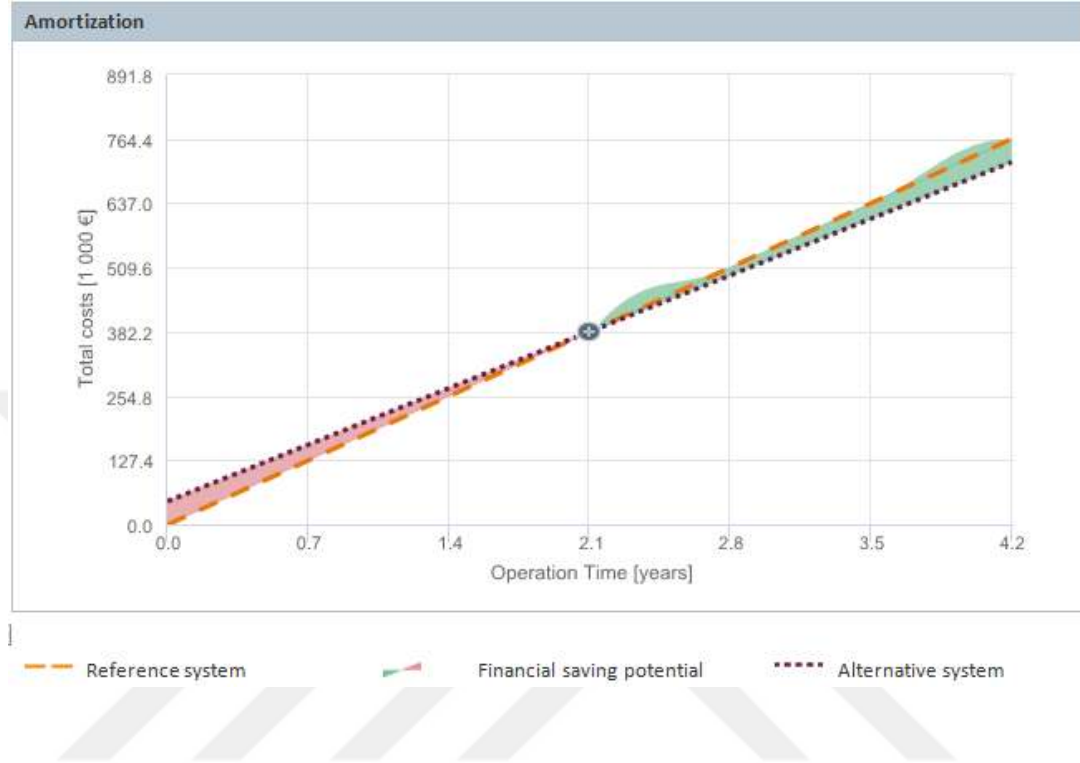
Şekil 4.35. 6 numaralı pompa için mevcut ve önerilen durum

Mevcut durum için motor analizörü ile ölçüm sonuçları doğrultusunda bilgi girişi yapılmış. Yeni durum için kısma vanası ile kontrol seçilmiştir. Minimum motor gücü ve motor maliyeti sistem tarafından belirlenmiştir.

Tablo 4.27. Program sonucu (6 numaralı pompa)

Drive System	Reference system	Alternative system
Energy consumption	1.9 GWh/a	1.7 GWh/a
Results		
Energy savings		227.8 MWh/a
CO ₂ emission savings		144.0 t/a
Energy costs savings		22000 €/a
Amortization in operating hours		16834 h
Amortization in years		2.1 a

Mevcut sistem ile yeni sistem arasında sadece motor değişmesiyle beraber yıllık 227,8MWh'lık bir enerji tasarrufu sağlanmış, 144t CO₂ salınımından kazanılmış ve yıllık 22.000€ kazanç elde edilmiştir.



Şekil 4.36. Amortisman süresi (6 numaralı pompa)

Kısma vanası ile kontrol yöntemine devam edilmesi sonucu yeni sistem 2,1 yılda kendini amorti etmektedir.

4.1.2.4.2 Bypass Vanası İle Kontrol

Mevcut sistemiz aynı kısma vanası ile kontrol edilecek ancak yeni sistem bypass vanası ile kontrol yöntemine göre tasarlınsaydı elde edilecek kazanımları belirlemek için 2 numaralı durumumuzda mevcut ve yeni durum bilgileri Şekil 4.37'deki gibidir.

Controller		Throttle	
		Pump head H	24.0 m
		Rated flow Q	2700 m ³ /h
Motor		Default	
			
		Efficiency η_N	83%
		Starting current ratio $I_{A/IN}$	7.5
		Price	0 €
Switchgear		Default	
			
		Power losses	10.0 W
		Price	0 €
Line supply			
			3AC
			50 Hz
			3 kV

Controller		Bypass	
		Pump head H	24.0 m
		Rated flow Q	2700 m ³ /h
Motor		SIMOTICS HV serie H-compact	
		Power P_N	236 kW
		Rated speed n_N	986 1/min
		Efficiency η_N	94.33%
		Starting current ratio $I_{A/IN}$	5.3
		List price	46240 €
		Discount	0.0 %
		Customer Price	46240 €
Switchgear		Default	
			
		Power losses	10.0 W
		Price	0 €
Line supply			
			3AC
			50 Hz
			3 kV

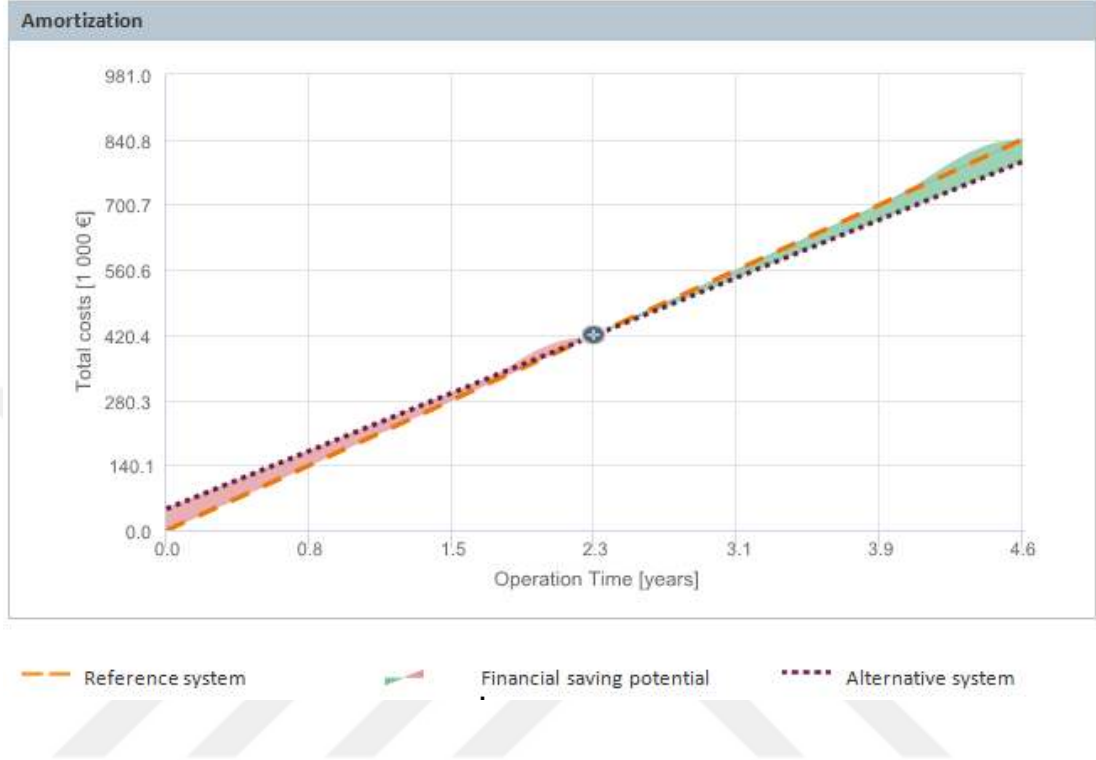
Şekil 4.37. 6 numaralı pompa için mevcut ve önerilen durum

Kısmı vanası ile kontrol ile bypass vanası ile kontrolde motor gücü değişmemiş olup ilk yatırım maliyetleri aynıdır. Bypass vanası ile kontrol yöntemine geçildiğinde elde edilecek kazanımlar aşağıdaki tablo 4.28’de belirtilmiştir.

Tablo 4.28. Program sonucu (6 numaralı pompa)

Drive System	Reference system	Alternative system
Energy consumption	1.9 GWh/a	1.7 GWh/a
Results		
Energy savings		211.0 MWh/a
CO ₂ emission savings		133.3 t/a
Energy costs savings		20000 €/a
Amortization in operating hours		18517 h
Amortization in years		2.3 a

Mevcut sistem ile yeni sistem arasında yıllık 211 MWh'lık bir enerji tasarrufu sağlanmış, 133,3t CO₂ salınımından kazanılmış ve yıllık 20.000€ kazanç elde edilmiştir.



Şekil 4.38. Amortisman süresi (6 numaralı pompa)

Bypass vanası ile kontrol yöntemi ile sistem 2,3 yılda kendini amorti etmektedir.

4.1.2.4.3 AC Motor Hız Kontrol Cihazı İle Kontrol

Pompa istasyonu kontrol yöntemlerinden bir diğeri de hız ayarı ile kontrol yöntemidir.

Controller		Throttle	
		Pump head H	24.0 m
		Rated flow Q	2700 m³/h
Motor		Default	
			
		Efficiency η_N	83%
		Starting current ratio $I_{A/N}$	7.5
Price		0 €	
Switchgear		Default	
			
		Power losses	10.0 W
Price		0 €	
Line supply			
			3AC
			50 Hz
			3 kV

Controller		Converter		
		Pump head H	24.0 m	
		Rated flow Q	2700 m³/h	
Motor		SIMOTICS HV serie H-compact		
		Power P_N	236 kW	
		Rated speed n_N	986 1/min	
		Efficiency η_N	94.33%	
		List price	46240 €	
		Discount	0.0 %	
		Customer Price	46240 €	
Converter		SINAMICS Perfect Harmony GH180		
		Rated power P_N	298 kW	
		Rated current I_N	63 A	
		Efficiency η_N	96.5 %	
		Design type	Cabinet	
		List price	150200 €	
		Discount	0.0 %	
		Customer Price	150200 €	
Line supply				
			3AC	
			50 Hz	
			3 kV	

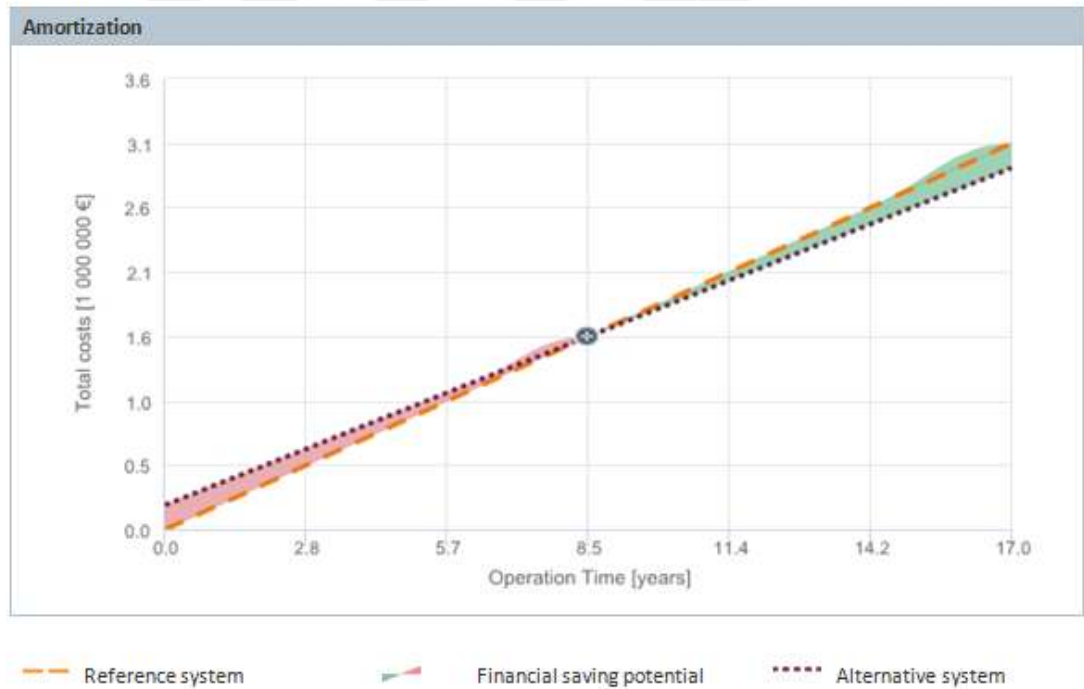
Şekil 4.39. 6 numaralı pompa için mevcut ve alternatif durum

Şekil 4.39'da kısma vanası ve bypass vanası ile kontrol yöntemlerinde gördüğümüz yatırım maliyetlerindeki motor maliyetinin yanında motor maliyetinin neredeyse 4 katı değerinde sürücü maliyeti de sisteme eklenmiştir. AC Motor Hız kontrol cihazı ile kontrol yöntemine geçildiğinde elde edilecek kazanımlar Tablo 4.29'da verilmiştir.

Tablo 4.29. Program sonucu (6 numaralı pompa)

Drive System	Reference system	Alternative system
Energy consumption	1.9 GWh/a	1.7 GWh/a
Results		
Energy savings		240.4 MWh/a
CO ₂ emission savings		151.9 t/a
Energy costs savings		23000 €/a
Amortization in operating hours		68310 h
Amortization in years		8.5 a

Mevcut sistem ile yeni sistem arasında yıllık 240.4 MWh'lık bir enerji tasarrufu sağlanmış, 151,9t CO₂ salınımından kazanılmış ve yıllık 23.000€ kazanç elde edilmiştir.



Şekil 4.40. Amortisman süresi (6 numaralı pompa)

Şekil 4.40'da görüleceği üzere sistemin kendini amorti etme süresi 8,5 yıldır. Hernekadar elde edilen kazanımlar kısma vanası ve bypass vanası ile kontrol

yöntemlerine göre daha yüksek olsada yatırım maliyetlerinde 5 kata varan artış amortisman süresini uzatmıştır.

İlk yatırım maliyetlerinde ki bu artış orta gerilim sürücülerinin maliyetinin yükseliğinden kaynaklanmaktadır. Bu nedenle; aynı kontrol yöntemlerini, yüksek verimlilikli alçak gerilim motorları ile yapılmıştır.

4.1.2.4.4 Kısma Vanası İle kontrol – AG Motor İle

Bölüm 4.1.2.4.1’de yapılan işlemin aynısı uygulanmıştır. Ancak mevcut sistem tamamen devre dışına çıkarılmış ve trafodan itibaren değişikliğe gidilmiş, yönetim şekli yani kısma vanası ile kontrol yöntemi aynı kalmıştır.

Controller	Throttle
	Pump head H 24.0 m Rated flow Q 2700 m ³ /h
Motor	Default
	Efficiency class editable Efficiency η_N 83% Price 0 €
Switchgear	Default
	Power losses 10.0 W Price 0 €
	3AC 50 Hz 3 kV

Controller	Throttle
	Pump head H 24.0 m Rated flow Q 2700 m ³ /h
Motor	SIMOTICS SD (1LE5)
	Power P_N 200 kW Rated speed n_N 991 1/min Efficiency class IE4 Efficiency η_N 96.3% Casting Cast Iron List price 61300 € Discount 0.0 % Customer Price 61300 €
Switchgear	SIRIUS 3RW Soft Starter
	Rated power P_N 200 kW Rated current I_N 356 A Power losses 200 W Type Soft Starter List price 2040 € Discount 0.0 % Customer Price 2040 €
	3AC 50 Hz 400 V

Şekil 4.41. 6 numaralı pompa için mevcut ve önerilen durum

Kısma vanası ile kontrol yöntemine geçildiğinde ve AG motorları kullanıldığında elde edilecek kazanımlar aşağıdaki tablo 4.30’da verilmiştir

Tablo 4.30. Program sonucu (6 numaralı pompa)

Drive System	Reference system	Alternative system
Energy consumption	1.9 GWh/a	1.6 GWh/a
Results		
Energy savings		260.5 MWh/a
CO ₂ emission savings		164.6 t/a
Energy costs savings		25000 €/a
Amortization in operating hours		20297 h
Amortization in years		2.5 a

Tablo 4.27 ile Tablo 4.30 kıyalandığında enerji kazanımı 227,8 MWh/yıl’dan 260,5 MWh/yıl’a çıkmıştır.

4.1.2.4.5 Bypass Vanası İle Kontrol – AG Motor İle

Bölüm 4.1.2.4.2’deki yöntemin aynısı olmasına rağmen kullanılan yüksek gerilim motorları yerine alçak gerilim motorları kullanılmıştır. Bypass vanası ile kontrol için mevcut durum ve alternatif durum bilgileri ve yatırım maliyeti Şekil 4.42’de gösterilmiştir.

Controller		Throttle	
	Pump head <u>H</u>	24.0	m
	Rated flow <u>Q</u>	2700	m³/h

Motor		Default	
			
	Efficiency class	<u>editable</u>	
	Efficiency η_N	83%	
	Price	0	€

Switchgear		Default	
			
	Power losses	10.0	W
	Price	0	€

Line supply		Default	
		3AC	
		50	Hz
		3	kV

Controller		Bypass	
	Pump head H	24.0	m
	Rated flow Q	2700	m³/h

Motor		SIMOTICS SD (1LE5)	
	Power P_N	200	kW
	Rated speed n_N	991	1/min
	Efficiency class	IE4	
	Efficiency η_N	96.3%	
	Casting	Cast Iron	
	List price	61300	€
	Discount	0.0	%
	Customer Price	61300	€

Switchgear		SIRIUS 3RW Soft Starter	
	Rated power P_N	200	kW
	Rated current I_N	356	A
	Power <u>losses</u>	200	W
	Type	Soft Starter	
	List <u>price</u>	2040	€
	Discount	0.0	%
	Customer Price	2040	€

Line supply		Default	
		3AC	
		50	Hz
		400	V

Şekil 4.42. 6 numaralı pompa için mevcut ve önerilen durum

Bypass vanası ile kontrol yöntemine geçildiğinde ve bu kontrol alçak gerilim motorları ile yapıldığı zaman elde edilecek kazanımlar Tablo 4.31’de verilmiştir.

Tablo 4.31. Program sonucu (6 numaralı pompa)

Drive System	Reference system	Alternative system
Energy consumption	1.9 GWh/a	1.7 GWh/a
Results		
Energy savings		244.0 MWh/a
CO ₂ emission savings		154.2 t/a
Energy costs savings		23000 €/a
Amortization in operating hours		22061 h
Amortization in years		2.8 a

Tablo 4.28. ile Tablo 4.31. kıyaslandığında enerji kazanımı 211 MWh/yıl'dan 244MWh/yıl'a çıkmıştır. Trafo hariç amortisman süresi 2,8 yıldır.

4.1.2.4.6 AC Motor Hız Kontrol Cihazı İle Kontrol - AG Motor İle

Hız ayarı ile kontrol yöntemi Bölüm 4.1.2.4.3'de tasarlanmış ancak yüksek maliyetler nedeniyle amortisman süresi uzamıştı. Bu maliyeti azaltmak için AG sürücü kullanımı baz alınmıştır.

Controller		Throttle	
	Pump head <u>H</u>	24.0	m
	Rated flow <u>Q</u>	2700	m³/h
Motor		Default	
			
	Efficiency class	<u>editable</u>	
	Efficiency η_N	83%	
	Price	0	€
Switchgear		Default	
			
	Power losses	10.0	W
	Price	0	€
Line supply			
		3AC	
		50	Hz
		3	kV

Controller		Converter	
	Pump head H	24.0	m
	Rated flow Q	2700	m³/h
Motor		SIMOTICS FD	
	Power P_N	235	kW
	Rated speed n_N	1000	1/min
	Technology	<u>Asynchro</u> <u>nous</u>	
	Casting	Cast Iron	
	List price	59700	€
	Discount	0.0	%
Customer Price	59700	€	
Converter		SINAMICS G120P Cabinet	
	<u>Rated power</u> P_N	315	kW
	<u>Rated current</u> I_N	570	A
	Efficiency η_N	97.4	%
	Design type	Cabinet	
	<u>List price</u>	22100	€
	Discount	0.0	%
Customer Price	22100	€	
Line supply			
		3AC	
		50	Hz
		400	V

Şekil 4.43. 6 numaralı pompa için mevcut ve önerilen durum

Şekil 4.39. ile Şekil 4.43. kıyaslandığı zaman trafo hariç, sürücü ve motor maliyetlerinin 2/3 oranında düştüğü görülmektedir. AC motor hız kontrol cihazı ile kontrol yöntemine geçildiğinde ve bu kontrol alçak gerilim motorları ile yapıldığında elde edilecek kazanımlar Tablo 4.32’de verilmiştir.

Tablo 4.32. Program sonucu (6 numaralı pompa)

Drive System	Reference system	Alternative system
Energy consumption	1.9 GWh/a	1.6 GWh/a
Energy costs	182000 €/a	155000 €/a
Power Loss		15.90 kW
Rated Power PN		235 kW
Results		
Energy savings		286.3 MWh/a
CO ₂ emission savings		180.9 t/a
Energy costs savings		27000 €/a
Amortization in operating hours		24286 h
Amortization in years		3.0 a

Tablo 4.29. ile Tablo 4.32. kıyalandığında enerji kazanımı 240,4MWh/yıl'dan 286,3MWh/yıl'a çıkmıştır. Trafo hariç amortisman süresi 3 yıldır.

4.2 Yahşelli Pompa İstasyonu

Yahşelli pompa istasyonunda bulunan 6 adet pompadan 4 tanesi üzerinde inceleme yapılmıştır. Bunlar 2, 3, 4 ve 6 numaralı pompalardır. Tablo 3.9. ve Tablo 3.10'da ki pompa istasyonuna ait 2017 ve 2018 yılı çalışma saatleri incelendiğinde 1 numaralı pompanın son iki yılda hiç çalışmadığı 2 numaralı pompanın ise sadece son iki yılda dört saat çalıştığı görülmüştür. Bu sebeple hiç çalıştırılmayan 1 numara ve iki yılda toplam 4 saat çalıştırılan 2 numaralı pompa hesaplamalara dahil edilmemiştir.

Pompa istasyonlarında farklı bağlantı yapılarının olduğuna Bölüm 2.5.3'de değinilmişti. Burada bahsi geçen kısma vanası ile kontrol, bypass vanası ile kontrol ve AC motor hız ayar cihazı ile kontrol yöntemleri ayrı ayrı analiz edilecek ve verimlilikleri değerlendirilecektir.

Tablo 4.33. Pompalara ait motor verimliliği

Motor/Pompa Grubu	Verim
3 numaralı motor	%84
4 numaralı motor	%83
5 numaralı motor	%83
6 numaralı motor	%8

Tablo 4.33’de de görüleceği üzere motor analizörü ile yapılan ölçüm sonuçları doğrultusunda motorların verimleri analiz edilmiştir.

4.2.1 3 Numaralı Pompa

3 numaralı pompa için farklı kontrol yöntemleri ayrı ayrı analiz edilmiştir. Ancak Göksu Pompa İstasyonuna kıyasla çok daha yüksek güçlü motorlar olduğu için alçak gerilim motorları kullanılarak analiz yapılmamıştır.

Söz konusu kontrol yöntemleri için ortak veri girişi Tablo 4.34’ de verilmiştir.

Tablo 4.34. SinaSave veri girişi (3 numaralı pompa)

Options			
Energy price		0.0960	€/kWh
CO ₂ factor		632	g/kWh
Pump Custom			
Medium		Water	
Density	p	1000	kg/m ³
Pump head	H	66.0	m
Static head	H _{stat}	0	m
Rated flow	Q	5600	m ³ /h
Pump speed	n	988	
Pump stage		1	
Efficiency		91.0	%
Specific speed	n _q	53.2	1/min
Required shaft power	P ₂	1106.8	kW

Tablo 4.34 ile SinaSave programına mevcut durum bilgileri girilmiştir. Bu bilgiler pompanın basma yüksekliği, pompanın debisi ve devir bilgileridir.

Operation Profile										
Operation-hours / day		24.0	Operating hours / year				5136 (24 h * 214 d)		h/a	
Operation-days / year		214	Allocation				User-defined			
Flowrate	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %	90 %	100%
Operating hours	0.0	0.0	0.0	0.2	2.0	0.2	0.2	0.0	0.0	21.4

Şekil 4.44. SinaSave çalışma bilgileri girişi (3 numaralı pompa)

Şekil 4.44’de 3 numaralı pompaya ait motor çalışma saatleri verilmiştir. Çalışma saatleri olarak Tablo 3.10’da verilen 2018 yılı çalışma saatleri referans alınmıştır ve ortalama günlük sürelerle ait veri girişi yapılmıştır.

4.2.1.1 Kısma Vanası ile Kontrol

Mevcut sistem zaten kısma vanası ile kontrol edilmekteydi. Alternatif sistem de kısma vanası ile kontrol edilmekte olacağından buna uygun olarak program girişleri yapılmaktadır. Mevcut sistemdeki motora yol verme sisteminde değişikliğe gidilmemiştir.

Kısma vanası ile kontrol için mevcut durum ve alternatif durum bilgileri ve yatırım maliyeti Şekil 4.45’deki gibidir.

Controller	Throttle						
	<table> <tr> <td>Pump head H</td><td>66.0 m</td></tr> <tr> <td>Rated flow Q</td><td>5600 m³/h</td></tr> </table>	Pump head H	66.0 m	Rated flow Q	5600 m ³ /h		
Pump head H	66.0 m						
Rated flow Q	5600 m ³ /h						
Motor	Default						
	<table> <tr> <td>Efficiency η_N</td><td>84%</td></tr> <tr> <td>Starting current ratio $I_{A/N}$</td><td>7.5</td></tr> <tr> <td>Price</td><td>0 €</td></tr> </table>	Efficiency η_N	84%	Starting current ratio $I_{A/N}$	7.5	Price	0 €
Efficiency η_N	84%						
Starting current ratio $I_{A/N}$	7.5						
Price	0 €						
Switchgear	Default						
	<table> <tr> <td>Power losses</td><td>1.0 W</td></tr> <tr> <td>Price</td><td>0 €</td></tr> </table>	Power losses	1.0 W	Price	0 €		
Power losses	1.0 W						
Price	0 €						
Line supply							
	<table> <tr> <td>3AC</td><td></td></tr> <tr> <td>50 Hz</td><td></td></tr> <tr> <td>6 kV</td><td></td></tr> </table>	3AC		50 Hz		6 kV	
3AC							
50 Hz							
6 kV							

Controller	Throttle														
	<table> <tr> <td>Pump head H</td><td>66.0 m</td></tr> <tr> <td>Rated flow Q</td><td>5600 m³/h</td></tr> </table>	Pump head H	66.0 m	Rated flow Q	5600 m ³ /h										
Pump head H	66.0 m														
Rated flow Q	5600 m ³ /h														
Motor	SIMOTICS HV serie H-compact														
	<table> <tr> <td>Power P_N</td><td>1160 kW</td></tr> <tr> <td>Rated speed n_N</td><td>994 1/min</td></tr> <tr> <td>Efficiency η_N</td><td>96.6%</td></tr> <tr> <td>Starting current ratio $I_{A/N}$</td><td>5.3</td></tr> <tr> <td>List price</td><td>115168 €</td></tr> <tr> <td>Discount</td><td>0.0 %</td></tr> <tr> <td>Customer Price</td><td>115168 €</td></tr> </table>	Power P_N	1160 kW	Rated speed n_N	994 1/min	Efficiency η_N	96.6%	Starting current ratio $I_{A/N}$	5.3	List price	115168 €	Discount	0.0 %	Customer Price	115168 €
Power P_N	1160 kW														
Rated speed n_N	994 1/min														
Efficiency η_N	96.6%														
Starting current ratio $I_{A/N}$	5.3														
List price	115168 €														
Discount	0.0 %														
Customer Price	115168 €														
Switchgear	Default														
	<table> <tr> <td>Power losses</td><td>58.0 W</td></tr> <tr> <td>Price</td><td>0 €</td></tr> </table>	Power losses	58.0 W	Price	0 €										
Power losses	58.0 W														
Price	0 €														
Line supply															
	<table> <tr> <td>3AC</td><td></td></tr> <tr> <td>50 Hz</td><td></td></tr> <tr> <td>6 kV</td><td></td></tr> </table>	3AC		50 Hz		6 kV									
3AC															
50 Hz															
6 kV															

Şekil 4.45. 3 numaralı pompa için mevcut ve önerilen durum

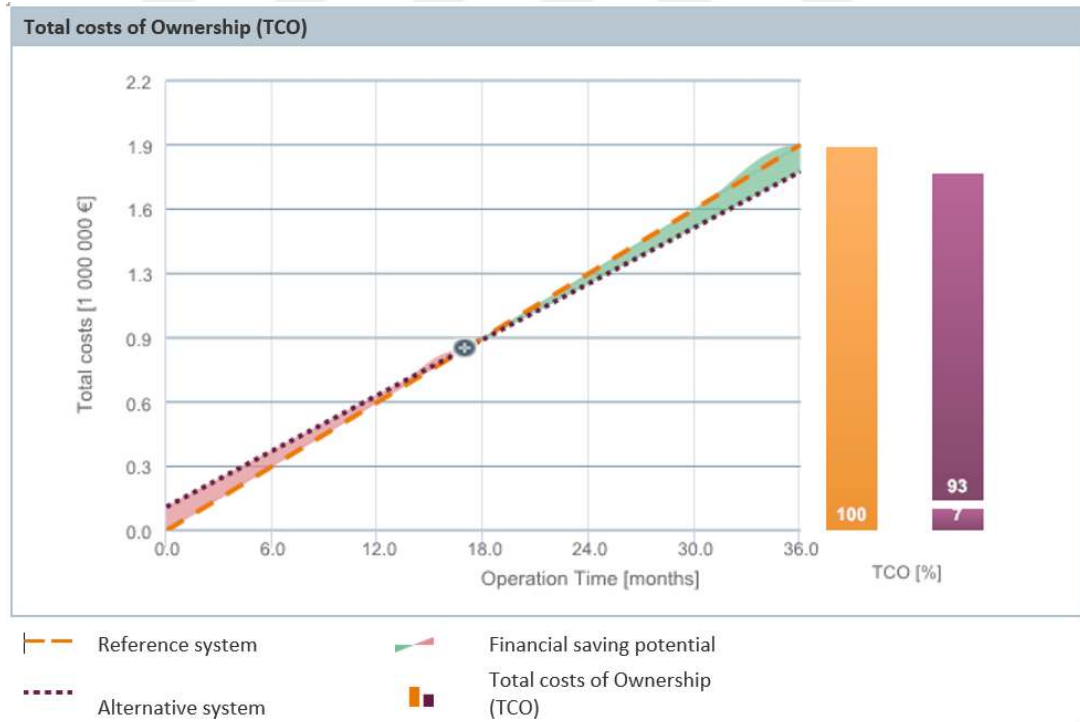
Mevcut durum için motor analizörü ile ölçüm sonuçları doğrultusunda bilgi girişi yapılmıştır. Yeni durum için kısma vanası ile kontrol seçilmiştir. Minimum motor gücü sistem tarafından belirlenmiş ve motor maliyeti belirlenmiştir.

Kısma vanası ile kontrol yöntemine geçildiğinde elde edilecek kazanımlar Tablo 4.35’de verilmiştir.

Tablo 4.35. Program sonucu (3 numaralı pompa)

Drive System	Reference system	Alternative system
Energy consumption	6.5 GWh/a	5.7 GWh/a
Energy costs	626000 €/a	545000 €/a
Results		
Energy savings		850.9 MWh/a
CO ₂ emission savings		537.8 t/a
Energy costs savings		81000 €/a
Cost savings per a		240000 €
Amortization in operating hours		7292 h
Amortization in month		17.0 mo.

Mevcut sistem ile önerilen durum arasında sadece motor değişmesiyle beraber yıllık 850,9MWh'lık bir enerji tasarrufu sağlanmış, 537,8t CO₂ salınımindan kazanılmış ve yıllık 81.000€ kazanç elde edilmiştir.

**Şekil 4.46.** Amortisman süresi (3 numaralı pompa)

Kısmalı vanası ile kontrol yöntemine devam edilmesi sonucu yeni sistem, 17 ayda kendini amorti etmektedir.

4.2.1.2 Bypass Vanası ile Kontrol

Mevcut sistemimiz zaten kısmalı vanası ile kontrol edilmekteydi. Alternatif sistemimizde bypass vanası ile kontrol edilmekte olacağından buna uygun olarak program girişleri yapılmaktadır. Mevcut sistemdeki motora yol verme sisteminde değişikliğe gidilmemiştir.

Bypass vanası ile kontrol için mevcut durum ve alternatif durum bilgileri ve yatırım maliyeti Şekil 4.47'deki gibidir.

Controller	Throttle		
	Pump head H	66.0	m
	Rated flow Q	5600	m ³ /h
Motor	Default		
			
	Efficiency η_N	84%	
	Starting current ratio $I_{A/IN}$	7.5	
	Price	0	€
Switchgear	Default		
			
	Power losses	10.0	W
	Price	0	€
Line supply			
		3AC	
		50	Hz
		6	kV

Controller	Bypass		
	Pump head H	66.0	m
	Rated flow Q	5600	m ³ /h
Motor	SIMOTICS HV serie H-compact		
	Power P_N	1160	kW
	Rated speed n_N	994	1/min
	Efficiency η_N	96.6%	
	Starting current ratio $I_{A/IN}$	5.3	
	List price	115168	€
	Discount	0.0	%
	Customer Price	115168	€
Switchgear	Default		
			
	Power losses	10.0	W
	Price	0	€
Line supply			
		3AC	
		50	Hz
		6	kV

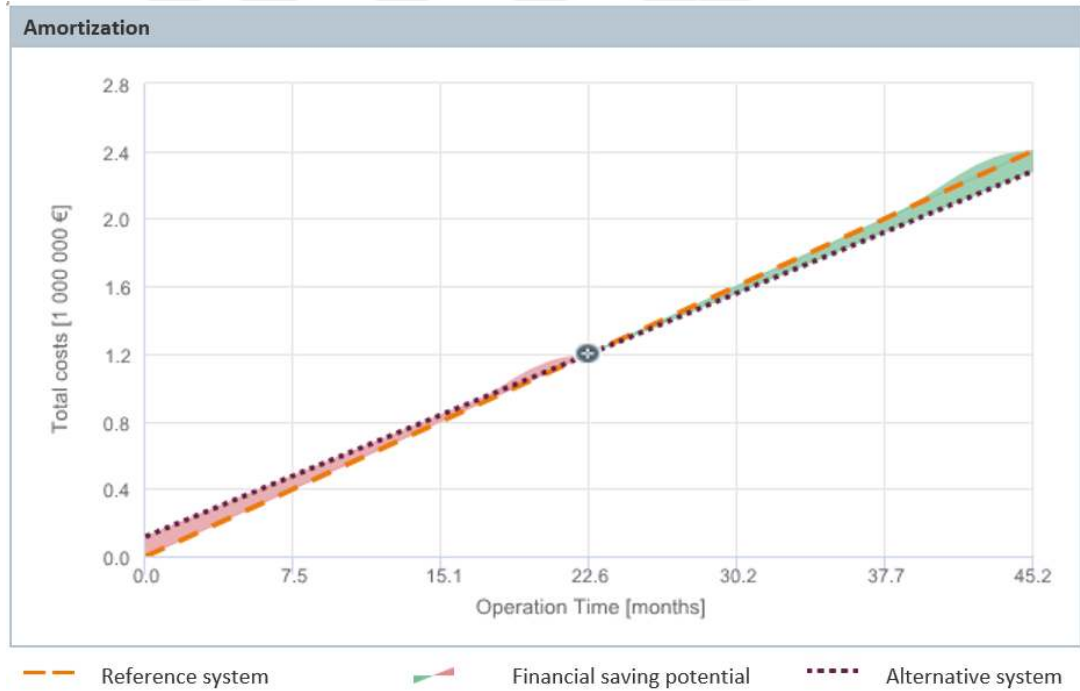
Şekil 4.47. 3 numaralı pompa için mevcut ve önerilen durum

Motor gücü ve motor maliyeti program tarafından belirlenmiştir. Bypass vanası ile kontrol yöntemine geçildiğinde elde edilecek kazanımlar Tablo 4.36'da verilmiştir.

Tablo 4.36. Program sonucu (3 numaralı pompa)

Drive System	Reference system	Alternative system
Energy consumption	6.5 GWh/a	5.9 GWh/a
Results		
Energy savings		641.0 MWh/a
CO ₂ emission savings		405.1 t/a
Energy costs savings		61000 €/a
Amortization in operating hours		9683 h
Amortization in month		22.6 mo.

Mevcut sistem ile yeni sistem arasında sadece motor değişmesiyle beraber yıllık 641MWh'lik bir enerji tasarrufu sağlanmış, 405,1t CO₂ salınımından kazanılmış ve yıllık 61.000€ kazanç elde edilmiştir.



Şekil 4.48. Amortisman süresi (3 numaralı pompa)

Şekil 4.48'de görüleceği üzere kısma vanası ile kontrol yönteminin devam edilmesi sonucu yeni sistem 22,6 ayda kendini amorti etmektedir.

4.2.1.3 AC Motor Hız Kontrol Cihazı ile Kontrol

Mevcut sistem kısma vanası ile kontrol edilmekteydi. Alternatif sistemde AC motor hız kontrol cihazı ile kontrol edilmekte olacağından buna uygun olarak program girişleri yapılmaktadır.

AC motor hız kontrol cihazı ile kontrol için mevcut durum ve önerilen durum bilgileri ve yatırım maliyeti Şekil 4.49'daki gibidir.

Controller	Throttle
	Pump head H 66.0 m
	Rated flow Q 5600 m ³ /h
Motor	Default
	
	Efficiency η_N 84%
	Starting current ratio $I_{A/IN}$ 7.5
	Price 0 €
Switchgear	Default
	
	Power losses 1.0 W
	Price 0 €
Line supply	
	3AC
	50 Hz
	6 kV

Controller	Converter
	Pump head H 66.0 m
	Rated flow Q 5600 m ³ /h
Motor	SIMOTICS HV series H-compact
	Power P_N 1160 kW
	Rated speed n_N 994 1/min
	Efficiency η_N 96.6%
	List price 115168 €
	Discount 0.0 %
	Customer Price 115168 €
Converter	SINAMICS Perfect Harmony GH180
	Rated power P_N 1203 kW
	Rated current I_N 140 A
	Efficiency η_N 96.5 %
	Design type Cabinet
	List price 286700 €
	Discount 0.0 %
	Customer Price 286700 €
Line supply	
	3AC
	50 Hz
	6 kV

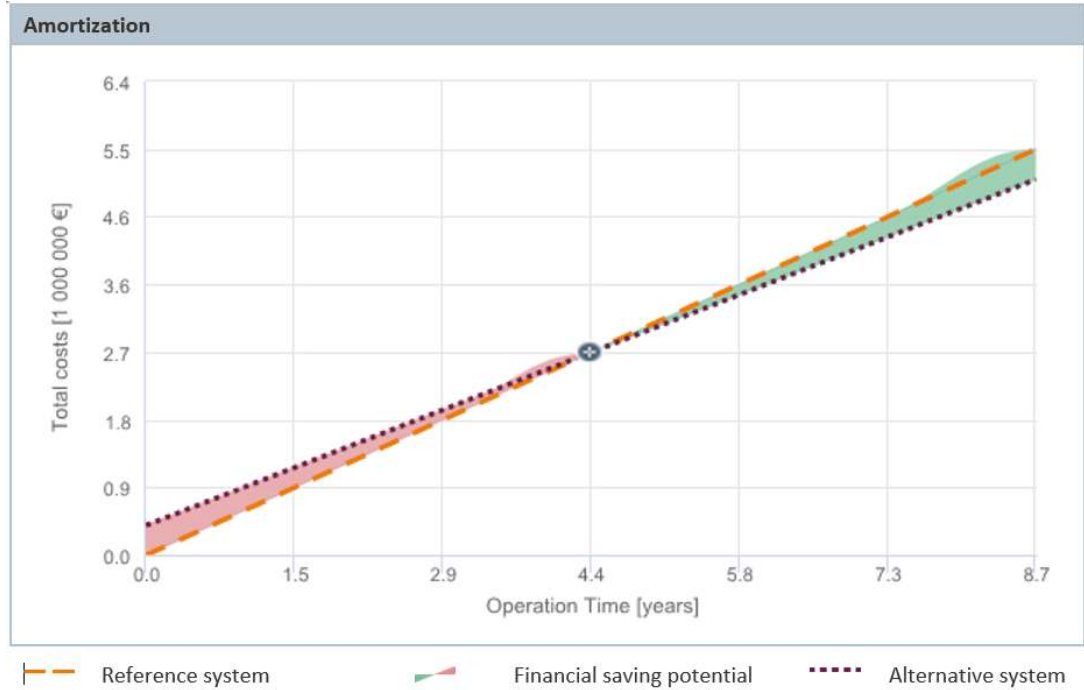
Şekil 4.49. 3 numaralı pompa için mevcut ve önerilen durum

Motor gücü ve maliyeti ile yol verici maliyeti program tarafından belirlenmiştir. Hız ayarı ile kontrol yöntemine geçildiğinde elde edilecek kazanımlar tablo 4.37’de verilmiştir.

Tablo 4.37. Program sonucu (3 numaralı pompa)

Drive System	Reference system	Alternative system
Energy consumption	6.5 GWh/a	5.6 GWh/a
Results		
Energy savings		963.6 MWh/a
CO ₂ emission savings		609.0 t/a
Energy costs savings		92000 €/a
Amortization in operating hours		22442 h
Amortization in years		4.4 a

Mevcut sistem ile önerilen durum arasında sadece motor değişmesiyle beraber yıllık 963,6MWh’lık bir enerji tasarrufu sağlanmış, 609t CO₂ salınımından kazanılmış ve yıllık 92.000€ kazanç elde edilmiştir.



Şekil 4.50. Amortisman süresi (3 numaralı pompa)

Şekil 4.50’de görüleceği üzere AC motor hız kontrol cihazı ile kontrol yönteminin devam edilmesi sonucu yeni sistem 4,4 yılda kendini amorti etmektedir.

Her ne kadar kontrol yöntemleri için de en verimli yöntem hız ayarı ile kontrol olsa da yatırım maliyetinin yüksek olması nedeniyle amorti süresi diğer yöntemlere göre yüksek çıkmaktadır.

4.2.2 4 Numaralı Pompa

4 numaralı pompa için farklı kontrol yöntemleri ayrı ayrı analiz edilmiştir. Söz konusu kontrol yöntemleri için ortak veri girişi Tablo 4.38’de verilmiştir.

Tablo 4.38. Sina Save veri giriş (4numaralı pompa)

Options			
Energy price		0.0960	€/kWh
CO ₂ factor		632	g/kWh
Pump Custom			
Medium		Water	
Density	p	1000	kg/m ³
Pump head	H	66.0	m
Static head	H _{stat}	0	m
Rated flow	Q	5600	m ³ /h
Pump speed	n	988	
Pump stage		1	
Efficiency		91.0	%
Specific speed	n _q	53.2	1/min
Required shaft power	P ₂	1106.8	kW

Tablo 4.38’de SinaSave programına mevcut durum bilgileri girilmiştir. Bu bilgiler pompanın basma yüksekliği, pompanın debi ve devir bilgileridir.

Operation Profile										
Operation-hours / day		24.0	Operating hours / year		3528 (24 h * 147 d)			h/a		
Operation-days / year		147	Allocation				User-defined			
<u>Flowrate</u>	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %	90 %	100%
<u>Operating hours</u>	0.0	0.0	0.0	0.2	2.0	0.2	0.2	0.0	0.0	21.4

Şekil 4.51. SinaSave çalışma bilgileri girişi (4 numaralı pompa)

Şekil 4.51’de 4 numaralı pompaya ait motor çalışma saatleri verilmiştir. Çalışma saatleri olarak Tablo 3.10’da verilen 2018 yılı çalışma saatleri referans alınmıştır.

4.2.2.1 Kısma Vanası ile Kontrol

Mevcut sistemimiz zaten kısma vanası ile kontrol edilmekteydi. Alternatif sistemimizde kısma vanası ile kontrol edilmekte olacağından buna uygun olarak program girişleri yapılmaktadır. Mevcut sistemdeki motora yol verme sisteminde değişikliğe gidilmemiştir.

Kısma vanası ile kontrol için mevcut durum ve alternatif durum bilgileri ve yatırım maliyeti Şekil 4.52’deki gibidir.

Controller		Throttle	
	Pump head <u>H</u>	66.0	m
	Rated flow <u>Q</u>	5600	m³/h
Motor		Default	
			
	Efficiency η_N	83%	
	Starting current ratio $I_{A/IN}$	7.5	
	Price	0	€
Switchgear		Default	
			
	Power losses	10	W
	Price	0	€
Line supply			
		3AC	
		50	Hz
		6	kV

Controller		Throttle	
	Pump head H	66.0	m
	Rated flow Q	5600	m³/h
Motor		SIMOTICS HV <u>serie H-compact</u>	
	Power P_N	1160	kW
	Rated speed n_N	994	1/min
	Efficiency η_N	96.6%	
	Starting current ratio $I_{A/IN}$	5.3	
	List price	115168	€
	Discount	0.0	%
	Customer Price	115168	€
Switchgear		Default	
			
	Power <u>losses</u>	10	W
	Price	0	€
Line supply			
		3AC	
		50	Hz
		6	kV

Şekil 4.52. 4 numaralı pompa için mevcut ve alternatif durum

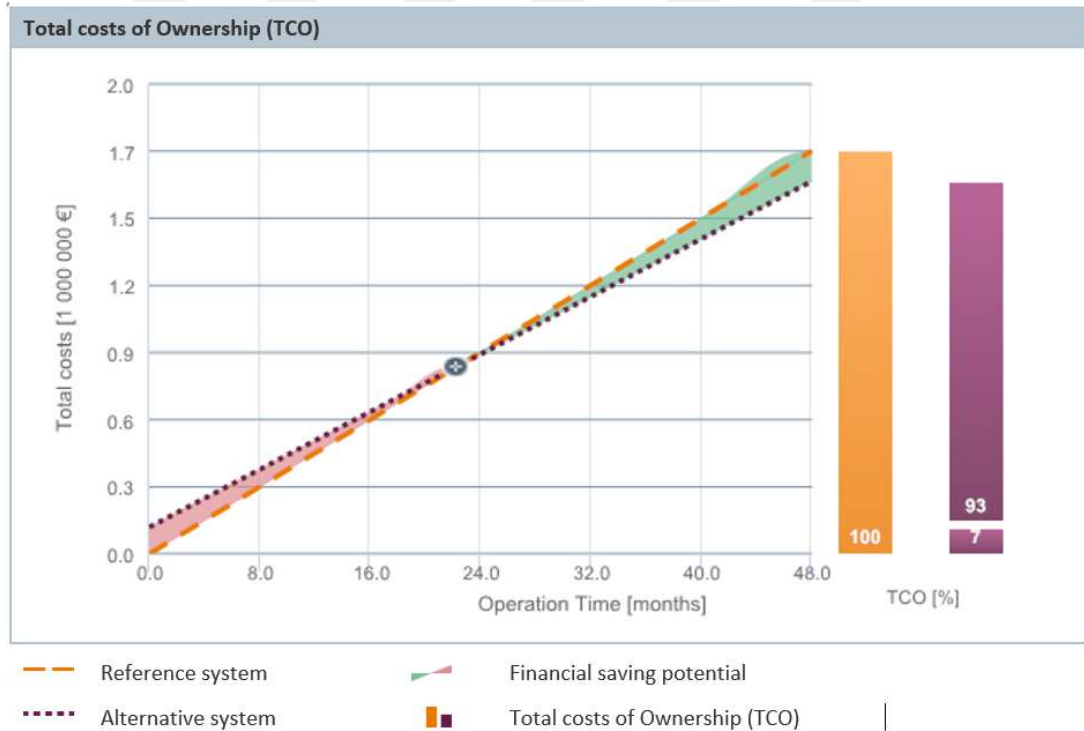
Mevcut durum için motor analizörü ile ölçüm sonuçları doğrultusunda bilgi girişi yapılmış. Yeni durum için kısma vanası ile kontrol seçilmiştir. Minimum motor gücü sistem tarafından belirlenmiş ve motor maliyeti belirlenmiştir.

Kısma vanası ile kontrol yöntemine geçildiğinde elde edilecek kazanımlar Tablo 4.39’da verilmiştir.

Tablo 4.39. Program sonucu (4 numaralı pompa)

Drive System	Reference system	Alternative system
Energy consumption	4.5 GWh/a	3.9 GWh/a
Energy costs	436000 €/a	374000 €/a
Results		
Energy savings		638.5 MWh/a
CO ₂ emission savings		403.5 t/a
Energy costs savings		62000 €/a
Cost savings per 4 a		240000 €
Amortization in operating hours		6544 h
Amortization in month		22.3 mo.

Mevcut sistem ile yeni sistem arasında sadece motor değişmesiyle beraber yıllık 638,5MWh'lik bir enerji tasarrufu sağlanmış, 403,5t CO₂ salınımından kazanılmış ve yıllık 62.000€ kazanç elde edilmiştir.



Şekil 4.53. Amortisman süresi (4 numaralı pompa)

Kısmalı vanası ile kontrol yöntemine devam edilmesi sonucu yeni sistem 22,3 ayda kendini amorti etmektedir.

4.2.2.2 Bypass Vanası ile Kontrol

Mevcut sistemimiz zaten kısmalı vanası ile kontrol edilmekteydi. Alternatif sistemimizde bypass vanası ile kontrol edilmekte olacağından buna uygun olarak program girişleri yapılmaktadır. Mevcut sistemdeki motora yol verme sisteminde değişikliğe gidilmemiştir.

Bypass vanası ile kontrol için mevcut durum ve alternatif durum bilgileri ve yatırım maliyeti Şekil 4.54'deki gibidir.

Controller	Throttle		
	Pump head H	66.0	m
	Rated flow Q	5600	m ³ /h
Motor	Default		
			
	Efficiency η_N	83%	
	Starting current ratio $I_{A/N}$	7.5	
	Price	0	€
Switchgear	Default		
			
	Power losses	10	W
	Price	0	€
Line supply			
		3AC	
		50	Hz
		6	kV

Controller	Bypass		
	Pump head H	66.0	m
	Rated flow Q	5600	m ³ /h
Motor	SIMOTICS HV serie H-compact		
	Power P_N	1160	kW
	Rated speed n_N	994	1/min
	Efficiency η_N	96.6%	
	Starting current ratio $I_{A/N}$	5.3	
	List price	115168	€
	Discount	0.0	%
	Customer Price	115168	€
Switchgear	Default		
			
	Power losses	10	W
	Price	0	€
Line supply			
		3AC	
		50	Hz
		6	kV

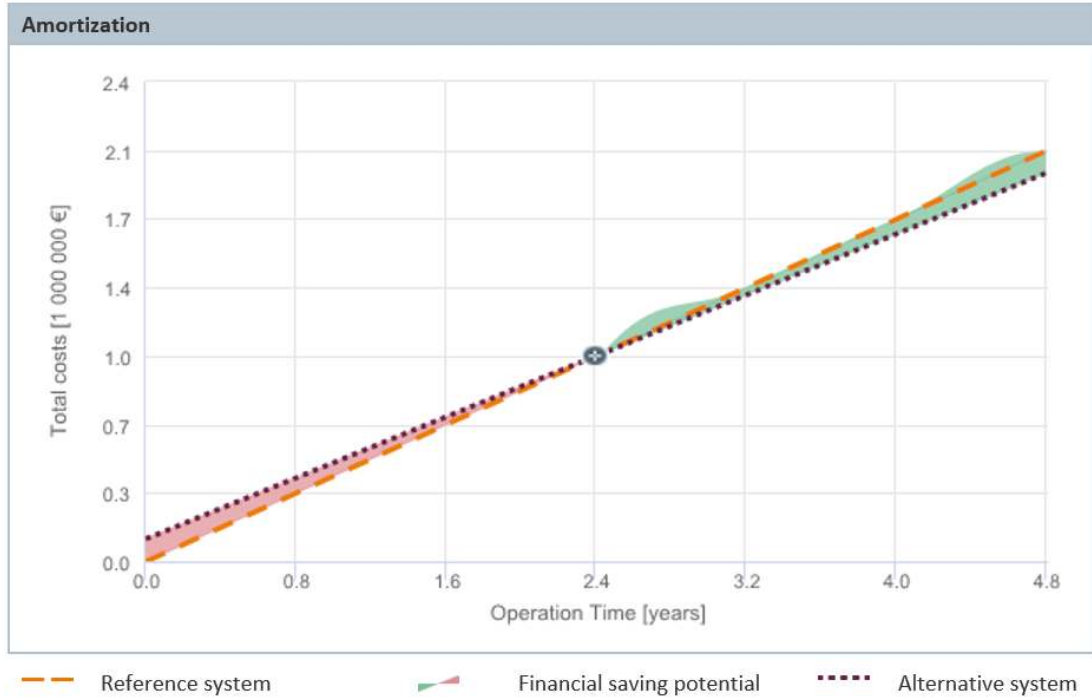
Şekil 4.54. 4 numaralı pompa için mevcut ve alternatif durum

Motor gücü ve motor maliyeti program tarafından belirlenmiştir. Bypass vanası ile kontrol yöntemine geçildiğinde elde edilecek kazanımlar Tablo 4.40’da verilmiştir.

Tablo 4.40. Program sonucu (3 numaralı pompa)

Drive System	Reference system	Alternative system
Energy consumption	4.5 GWh/a	4.0 GWh/a
Results		
Energy savings		494.3 MWh/a
CO ₂ emission savings		312.4 t/a
Energy costs savings		48000 €/a
Amortization in operating hours		8453 h
Amortization in years		2.4 a

Mevcut sistem ile yeni sistem arasında sadece motor değişmesiyle beraber yıllık 494,3MWh’lik bir enerji tasarrufu sağlanmış, 312,4t CO₂ salınımindan kazanılmış ve yıllık 48.000€ kazanç elde edilmiştir.



Şekil 4.55. Amortisman süresi (4 numaralı pompa)

Şekil 4.55’de görüleceği üzere kısma vanası ile kontrol yönteminin devam edilmesi sonucu yeni sistem 2,4 yılda kendini amorti etmektedir.

4.2.2.3 AC Motor Hız Kontrol Cihazı ile Kontrol

Mevcut sistemimiz kısma vanası ile kontrol edilmekteydi. Alternatif sistemimizde AC motor hız kontrol cihazı ile kontrol edilmekte olacağından buna uygun olarak program girişleri yapılmaktadır.

AC motor hız kontrol cihazı ile kontrol için mevcut durum ve alternatif durum bilgileri ve yatırım maliyeti Şekil 4.56’daki gibidir.

Controller		Throttle	
	Pump head <u>H</u>	66.0	m
	Rated flow <u>Q</u>	5600	m³/h

Motor		Default		
				
	Efficiency η_N	83%		
	Starting current ratio $I_{A/IN}$	7.5		
	Price	0	€	

Switchgear		Default		
				
	Power losses	1.0	W	
	Price	0	€	

Line supply			
		3AC	
		50	Hz
		6	kV

Controller		Converter	
	Pump head H	66.0	m
	Rated flow Q	5600	m³/h

Motor		SIMOTICS HV serie H-compact		
	Power P_N	1160	kW	
	Rated speed n_N	994	1/min	
	Efficiency η_N	96.6%		
	List price	115168	€	
	Discount	0.0	%	
Customer Price	115168	€		

Converter		SINAMICS Perfect Harmony GH180		
	Rated power <u>P_N</u>	1203	kW	
	Rated current <u>I_N</u>	140	A	
	Efficiency <u>η_N</u>	96.5	%	
	Design type	Cabinet		
	List <u>price</u>	286700	€	
	Discount	0.0	%	
Customer Price	286700	€		

Line supply			
		3AC	
		50	Hz
		6	kV

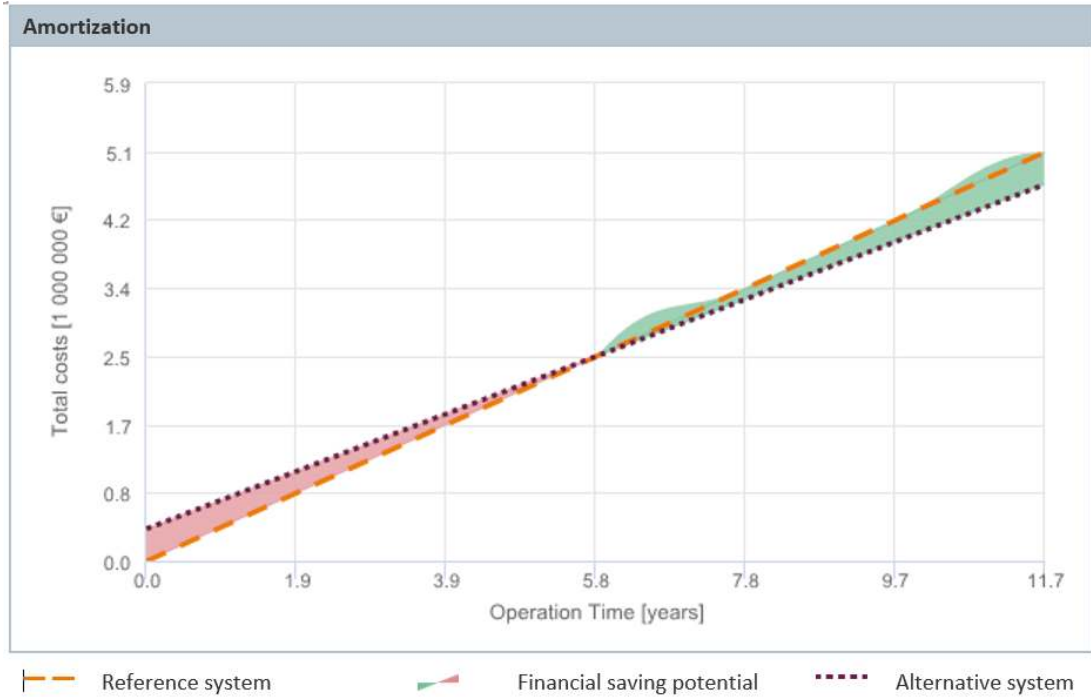
Şekil 4.56. 4 numaralı pompa için mevcut ve alternatif durum

Motor gücü ve motor maliyeti ayrıca ve yol verici maliyeti, program tarafından belirlenmiştir. AC motor hız ayarı ile kontrol yöntemine geçildiğinde elde edilecek kazanımlar tablo 4.41’de verilmiştir.

Tablo 4.41. Program sonucu (4 numaralı pompa)

Drive System	Reference system	Alternative system
Energy consumption	4.5 GWh/a	3.8 GWh/a
Results		
Energy savings		715.9 MWh/a
CO ₂ emission savings		452.5 t/a
Energy costs savings		69000 €/a
Amortization in operating hours		n/a *
Amortization in years		5.8 a *

Mevcut sistem ile yeni sistem arasında sadece motor değişmesiyle beraber yıllık 715,9MWh’lik bir enerji tasarrufu sağlanmış, 425,5t CO₂ salınımindan kazanılmış ve yıllık 69.000€ kazanç elde edilmiştir.



Şekil 4.57. Amortisman süresi (4 numaralı pompa)

Şekil 4.57’de görüleceği üzere AC motor hız kontrol cihazı ile kontrol yönteminin devam edilmesi sonucu yeni sistem 5,8 yılda kendini amorti etmektedir.

Her ne kadar kontrol yöntemleri içinde en verimli yöntem AC motor hız kontrol cihazı ile kontrol olsa da yatırım maliyetinin yüksek olması nedeniyle amorti süresi diğer yöntemlere göre daha yüksek çıkmaktadır.

4.2.3 5 Numaralı Pompa

5 numaralı pompa için farklı kontrol yöntemleri ayrı ayrı analiz edilmiştir. Söz konusu kontrol yöntemleri için ortak veri girişi Tablo 4.42’de verilmiştir.

Tablo 4.42. SinaSave veri girişi (5numaralı pompa)

Options			
Energy price		0.0960	€/kWh
CO ₂ factor		632	g/kWh
Pump Custom			
Medium		Water	
Density	p	1000	kg/m ³
Pump head	H	66.0	m
Static head	H _{stat}	0	m
Rated flow	Q	2600	m ³ /h
Pump speed	n	980	m ³ /h
Pump stage		1	
Efficiency		91.0	%
Specific speed	n _q	36.0	1/min
Required shaft power	P ₂	513.9	kW

Tablo 4.42 ile SinaSave programına mevcut durum bilgileri girilmiştir. Bu bilgiler pompanın basma yüksekliği, pompanın debi ve devir bilgileridir.

Operation Profile										
Operation-hours / day	24.0	Operating hours / year				5256 (24 h * 219 d) h/a				
Operation-days / year	219	Allocation				User-defined				
Flowrate	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %	90 %	100%
Operating hours	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.0

Şekil 4.58. SinaSave çalışma bilgileri girişi (5 numaralı pompa)

Şekil 4.58’de 5 numaralı pompaya ait motor çalışma saatleri verilmiştir. Çalışma saatleri olarak Tablo 3.10’da verilen 2018 yılı çalışma saatleri referans alınmıştır. Yahşelli pompa istasyonunda sadece büyük güçlü motorlarda yani 3 ve 4 numaralı pompalarda vana kısma işlemi yapılmaktadır. 5 ve 6 numaralı pompalarda vana kısma işlemi yapılmamaktadır. Bu nedenle Şekil 4.58’de görüleceği üzere 24 saatin tamamını %100 ile çalışmaktadır.

Kısma vanası ile kontrol, bypass vanası ile kontrol ve AC motor hız kontrol cihazı ile kontrol yöntemleri ayrı ayrı analiz edilecek ve verimlilikleri değerlendirilecektir.

4.2.3.1 Kısma Vanası ile Kontrol

Kısma vanası ile kontrol için mevcut durum ve alternatif durum bilgileri ve yatırım maliyeti aşağıda ki Şekil 4.59’deki gibidir.

Controller		Throttle	
	Pump head <u>H</u>	66.0	m
	<u>Rated flow Q</u>	2600	m³/h

Motor		Default		
	Efficiency η_N	83%		
	Starting current ratio $I_{A/IN}$	7.5		
	Price	0	€	

Switchgear		Default	
	Power losses	1.0	W
	Price	0	€

Line supply		Default	
		3AC	
		50	Hz
		6	kV

Controller		Throttle	
	Pump head H	66.0	m
	Rated flow Q	2600	m³/h

Motor		SIMOTICS HV serie H-compact		
	Power P_N	570	kW	
	Rated speed n_N	992	1/min	
	Efficiency η_N	95.72%		
	Starting current ratio $I_{A/IN}$	5.5		
	List price	68377	€	
	Discount	0.0	%	
	Customer Price	68377	€	

Switchgear		Default	
	Power <u>losses</u>	29.0	W
	Price	0	€

Line supply		Default	
		3AC	
		50	Hz
		6	kV

Şekil 4.59. 5 numaralı pompa için mevcut ve önerilen durum

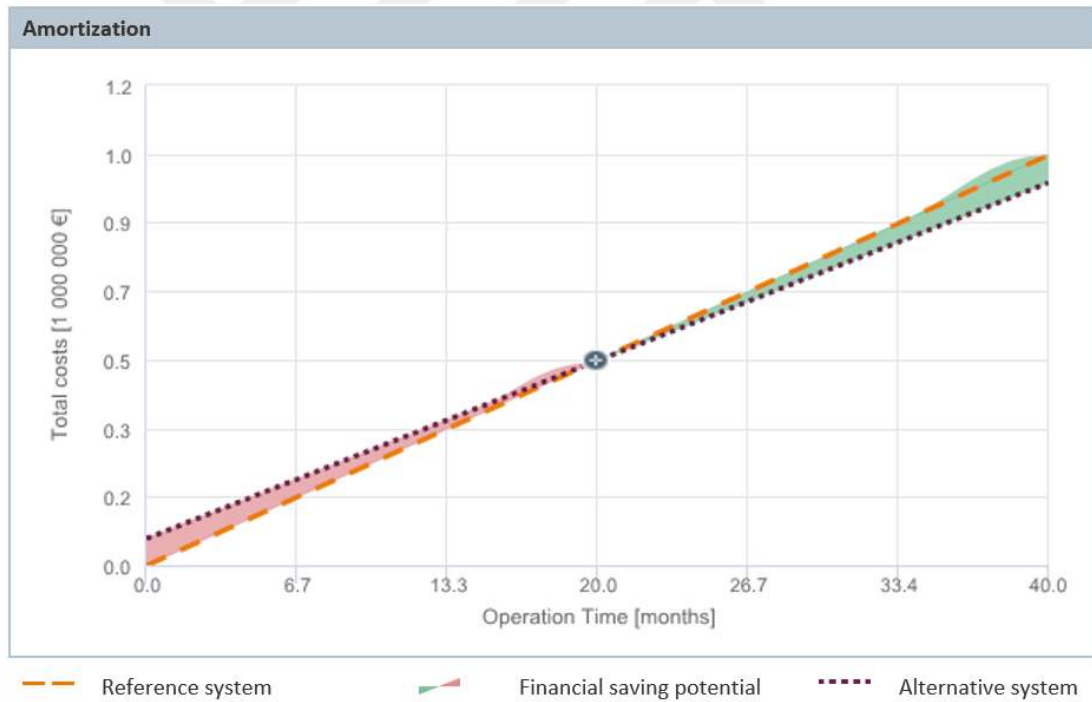
Mevcut durum için motor analizörü ile ölçüm sonuçları doğrultusunda bilgi girişi yapılmıştır. Yeni durum için kısma vanası ile kontrol seçilmiştir. Minimum motor gücü ve motor maliyeti program tarafından belirlenmiştir.

Kısma vanası ile kontrol yöntemine geçildiğinde elde edilecek kazanımlar Tablo 4.43’de verilmiştir.

Tablo 4.43. Program sonucu (5 numaralı pompa)

Drive System	Reference system	Alternative system
Energy consumption	3.3 GWh/a	2.8 GWh/a
Results		
Energy savings		432.3 MWh/a
CO ₂ emission savings		273.2 t/a
Energy costs savings		41000 €/a
Amortization in operating hours		8769 h
Amortization in month		20.0 mo.

Mevcut sistem ile yeni sistem arasında sadece motor değişmesiyle beraber yıllık 432,3MWh'lık bir enerji tasarrufu sağlanmış, 273,2t CO₂ salınımından kazanılmış ve yıllık 41.000€ kazanç elde edilmiştir.



Şekil 4.60. Amortisman süresi (5 numaralı pompa)

Kısmi vanası ile kontrol yöntemine devam edilmesi sonucu yeni sistem 20 ayda kendini amorti etmektedir.

4.2.3.2 Bypass Vanası ile Kontrol

Mevcut sistem zaten kısma vanası ile kontrol edilmekteydi. Alternatif sistemimiz de bypass vanası ile kontrol edilmekte olacağından buna uygun olarak program girişleri yapılmaktadır. Mevcut sistemde ki motora yol verme sisteminde değişikliğe gidilmemiştir.

Bypass vanası ile kontrol için mevcut durum ve alternatif durum bilgileri ve yatırım maliyeti Şekil 4.61'deki gibidir.

Controller		Throttle	
	Pump head <u>H</u>	66.0	m
	<u>Rated flow Q</u>	2600	m³/h

Motor		Default		
				
	Efficiency η_N	83%		
	Starting current ratio I_A/I_N	7.5		
	Price	0	€	

Switchgear		Default	
			
	Power losses	1.0	W
	Price	0	€

Line supply			
		3AC	
		50	Hz
		6	kV

Controller		Bypass	
	Pump head H	66.0	m
	Rated flow Q	2600	m³/h

Motor		SIMOTICS HV serie H-compact		
	Power P_N	570	kW	
	Rated speed n_N	992	1/min	
	Efficiency η_N	95.72%		
	Starting current ratio I_A/I_N	5.5		
	List price	68377	€	
	Discount	0.0	%	
	Customer Price	68377	€	

Switchgear		Default	
			
	Power <u>losses</u>	29.0	W
	Price	0	€

Line supply			
		3AC	
		50	Hz
		6	kV

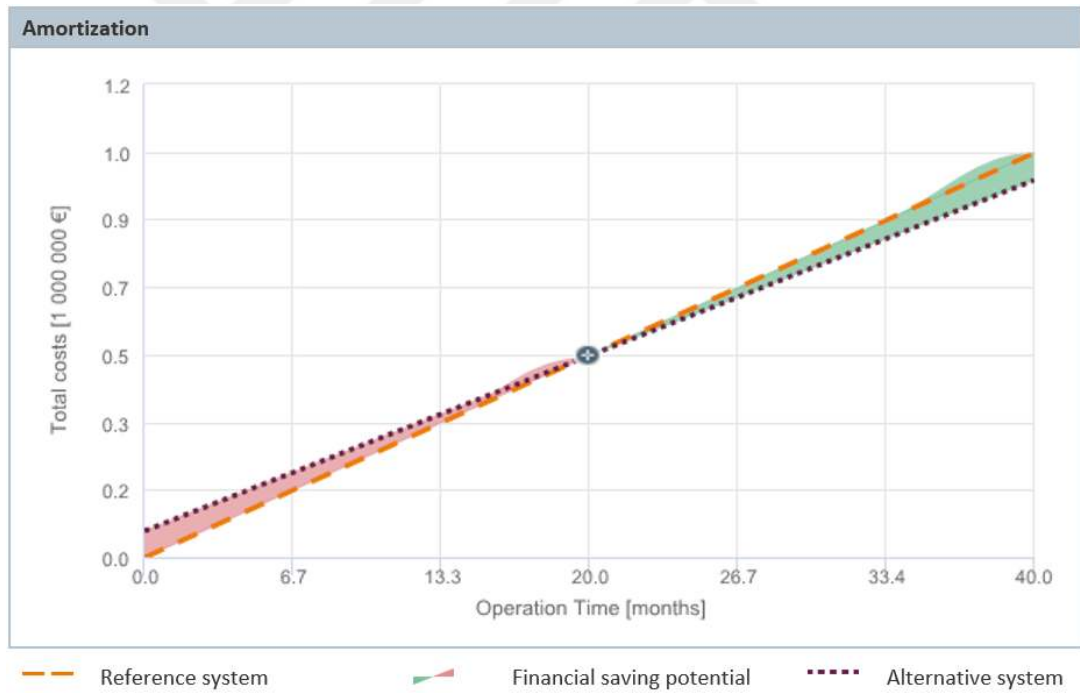
Şekil 4.61. 5 numaralı pompa için mevcut ve önerilen durum

Motor gücü ve motor maliyeti program tarafından belirlenmiştir. Bypass vanası ile kontrol yöntemine geçildiğinde elde edilecek kazanımlar Tablo 4.44'de verilmiştir.

Tablo 4.44. Program sonucu (5 numaralı pompa)

Drive System	Reference system	Alternative system
Energy consumption	3.3 GWh/a	2.8 GWh/a
Results		
Energy savings		432.3 MWh/a
CO ₂ emission savings		273.2 t/a
Energy costs savings		41000 €/a
Amortization in operating hours		8769 h
Amortization in month		20.0 mo.

Mevcut sistem ile yeni sistem arasında sadece motor değişmesiyle beraber yıllık 432,3MWh'lık bir enerji tasarrufu sağlanmış, 273,2t CO₂ salınımindan kazanılmış ve yıllık 41.000€ kazanç elde edilmiştir.



Şekil 4.62. Amortisman süresi (5 numaralı pompa)

Şekil 4.62’de görüleceği üzere kısma vanası ile kontrol yönteminin devam edilmesi sonucu yeni sistem 20 ayda kendini amorti etmektedir.

4.2.3.3 AC Motor Hız Kontrol Cihazı ile Kontrol

Mevcut sistem kısma vanası ile kontrol edilmekteydi. Alternatif sistemimizde hız ayarı ile kontrol edilmekte olacağından buna uygun olarak program girişleri yapılmaktadır.

Hız ayarı ile kontrol için mevcut durum ve alternatif durum bilgileri ve yatırım maliyeti Şekil 4.63'deki gibidir.

Controller		Throttle	
	Pump head <u>H</u>	66.0	m
	<u>Rated flow Q</u>	2600	m³/h

Motor		Default		
				
	Efficiency η_N	83%		
	Starting current ratio $I_{A/IN}$	7.5		
	Price	0	€	

Switchgear		Default	
			
	Power losses	1.0	W
	Price	0	€

Line supply		Default	
		3AC	
		50	Hz
		6	kV

Controller		Converter	
	Pump head H	66.0	m
	Rated flow Q	2600	m³/h

Motor		SIMOTICS HV series H-compact		
	Power P_N	570	kW	
	Rated speed n_N	992	1/min	
	Efficiency η_N	95.72%		
	List price	68377	€	
	Discount	0.0	%	
	Customer Price	68377	€	

Converter		SINAMICS Perfect Harmony GH180		
	<u>Rated power P_N</u>	597	kW	
	<u>Rated current I_N</u>	69	A	
	Efficiency η_N	96.5	%	
	Design type	Cabinet		
	List <u>price</u>	228400	€	
	Discount	0.0	%	
	Customer Price	228400	€	

Line supply		Default	
		3AC	
		50	Hz
		6	kV

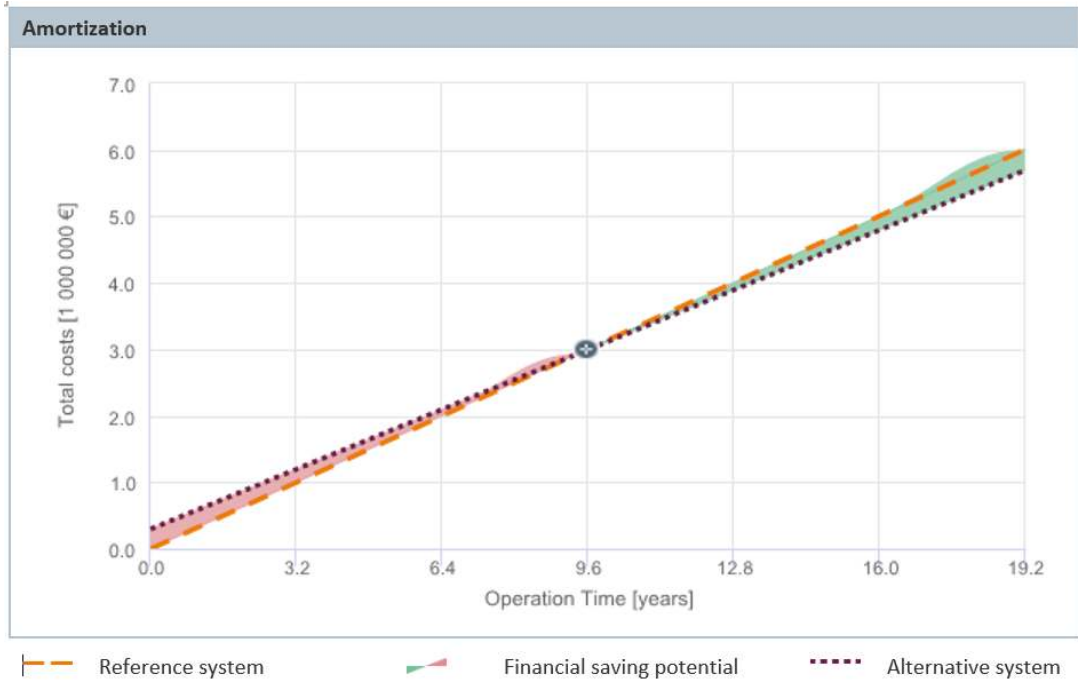
Şekil 4.63. 5 numaralı pompa için mevcut ve önerilen durum

Motor gücü ve motor maliyeti ile yol verici maliyeti program tarafından belirlenmiştir. AC motor Hız kontrol cihazı ile kontrol yöntemine geçildiğinde elde edilecek kazanımlar Tablo 4.45’de verilmiştir.

Tablo 4.45. Program sonucu (5 numaralı pompa)

Drive System	Reference system	Alternative system
Energy consumption	3.3 GWh/a	2.9 GWh/a
Results		
Energy savings		330.1 MWh/a
CO ₂ emission savings		208.6 t/a
Energy costs savings		31000 €/a
Amortization in operating hours		50356 h
Amortization in years		9.6 a

Mevcut sistem ile yeni sistem arasında sadece motor değişmesiyle beraber yıllık 330,1MWh’lık bir enerji tasarrufu sağlanmış, 208,6t CO₂ salınımından kazanılmış ve yıllık 31.000€ kazanç elde edilmiştir.



Şekil 4.64. Amortisman süresi (5 numaralı pompa)

Şekil 4.64’de görüleceği üzere hız ayarı ile kontrol yöntemine devam edilmesi sonucu yeni sistem 9,6 yılda kendini amorti etmektedir.

Herhangi bir debi ayarı yapılmadığından bu sistem verimlilik ve kendini amorti etmesi bakımından diğer amorti yöntemlerine göre daha az kazanım sağlamaktadır.

4.2.4 6 Numaralı Pompa

6 numaralı pompa için farklı kontrol yöntemleri ayrı ayrı analiz edilmiştir. Söz konusu kontrol yöntemleri için ortak veri girişi Tablo 4.46’da verilmiştir.

Tablo 4.46. SinaSave veri girişi (6numaralı pompa)

Options			
Energy price		0.0960	€/kWh
CO ₂ factor		632	g/kWh
Pump Custom			
Medium		Water	
Density	p	1000	kg/m ³
Pump head	H	66.0	m
Static head	H _{stat}	0	m
Rated flow	Q	2600	m ³ /h
Pump speed	n	980	m ³ /h
Pump stage		1	
Efficiency		91.0	%
Specific speed	n _q	36.0	1/min
Required shaft power	P ₂	513.9	kW

Tablo 4.46. ile SinaSave programına mevcut durum bilgileri girilmiştir. Bu bilgiler pompanın basma yüksekliği, pompanın debi ve devir bilgileridir.

Operation Profile										
Operation-hours / day		24.0	Operating hours / year		3360 (24 h * 140 d) h/a					
Operation-days / year		140	Allocation				User-defined			
Flowrate	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	60 %	70 %	80 %	90 %	100%
Operating hours	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	24.0

Şekil 4.65. SinaSave çalışma bilgileri girişi (5 numaralı pompa)

Şekil 4.65’de 6 numaralı pompaya ait motor çalışma saatleri verilmiştir. Çalışma saatleri olarak Tablo 3.10’da verilen 2018 yılı çalışma saatleri referans alınmıştır. Yahşelli pompa istasyonunda sadece büyük güçlü motorlarda yani 3 ve 4 numaralı pompalarda vana kısma işlemi yapılmaktadır. 5 ve 6 numaralı pompalarda vana kısma işlemi yapılmamaktadır. Bu nedenle Şekil 4.65’de görüleceği üzere 24 saatin tamamını %100 ile çalışmaktadır.

Kısma vanası ile kontrol, bypass vanası ile kontrol ve AC motor hız kontrol cihazı ile kontrol yöntemleri ayrı ayrı analiz edilecek ve verimlilikleri değerlendirilecektir.

4.2.4.1 Kısma Vanası ile Kontrol

Kısma vanası ile kontrol için mevcut durum ve alternatif durum bilgileri ve yatırım maliyeti Şekil 4.66’daki gibidir.

Controller	Throttle						
	<table> <tr> <td>Pump head H</td><td>66.0 m</td></tr> <tr> <td>Rated flow Q</td><td>2600 m³/h</td></tr> </table>	Pump head H	66.0 m	Rated flow Q	2600 m ³ /h		
Pump head H	66.0 m						
Rated flow Q	2600 m ³ /h						
Motor	Default						
	<table> <tr> <td>Efficiency η_N</td><td>81%</td></tr> <tr> <td>Starting current ratio $I_{A/N}$</td><td>7.5</td></tr> <tr> <td>Price</td><td>0 €</td></tr> </table>	Efficiency η_N	81%	Starting current ratio $I_{A/N}$	7.5	Price	0 €
Efficiency η_N	81%						
Starting current ratio $I_{A/N}$	7.5						
Price	0 €						
Switchgear	Default						
	<table> <tr> <td>Power losses</td><td>10 W</td></tr> <tr> <td>Price</td><td>0 €</td></tr> </table>	Power losses	10 W	Price	0 €		
Power losses	10 W						
Price	0 €						
Line supply	Default						
	<table> <tr> <td>3AC</td><td></td></tr> <tr> <td>50 Hz</td><td></td></tr> <tr> <td>6 kV</td><td></td></tr> </table>	3AC		50 Hz		6 kV	
3AC							
50 Hz							
6 kV							

Controller	Throttle														
	<table> <tr> <td>Pump head H</td><td>66.0 m</td></tr> <tr> <td>Rated flow Q</td><td>2600 m³/h</td></tr> </table>	Pump head H	66.0 m	Rated flow Q	2600 m ³ /h										
Pump head H	66.0 m														
Rated flow Q	2600 m ³ /h														
Motor	SIMOTICS HV serie H-compact														
	<table> <tr> <td>Power P_N</td><td>570 kW</td></tr> <tr> <td>Rated speed n_N</td><td>992 1/min</td></tr> <tr> <td>Efficiency η_N</td><td>95.72%</td></tr> <tr> <td>Starting current ratio $I_{A/N}$</td><td>5.5</td></tr> <tr> <td>List price</td><td>68377 €</td></tr> <tr> <td>Discount</td><td>0.0 %</td></tr> <tr> <td>Customer Price</td><td>68377 €</td></tr> </table>	Power P_N	570 kW	Rated speed n_N	992 1/min	Efficiency η_N	95.72%	Starting current ratio $I_{A/N}$	5.5	List price	68377 €	Discount	0.0 %	Customer Price	68377 €
Power P_N	570 kW														
Rated speed n_N	992 1/min														
Efficiency η_N	95.72%														
Starting current ratio $I_{A/N}$	5.5														
List price	68377 €														
Discount	0.0 %														
Customer Price	68377 €														
Switchgear	Default														
	<table> <tr> <td>Power losses</td><td>10 W</td></tr> <tr> <td>Price</td><td>0 €</td></tr> </table>	Power losses	10 W	Price	0 €										
Power losses	10 W														
Price	0 €														
Line supply	Default														
	<table> <tr> <td>3AC</td><td></td></tr> <tr> <td>50 Hz</td><td></td></tr> <tr> <td>6 kV</td><td></td></tr> </table>	3AC		50 Hz		6 kV									
3AC															
50 Hz															
6 kV															

Şekil 4.66. 6 numaralı pompa için mevcut ve alternatif durum

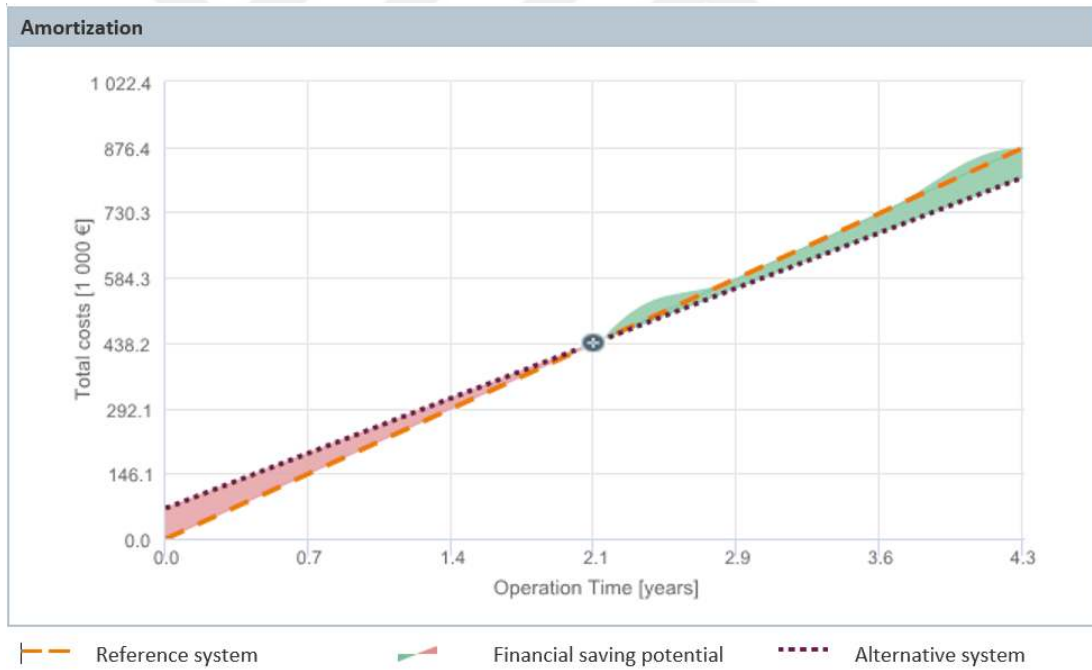
Mevcut durum için motor analizörü ile ölçüm sonuçları doğrultusunda bilgi girişi yapılmıştır. Yeni durum için kısma vanası ile kontrol seçilmiştir. Minimum motor gücü ve motor maliyeti program tarafından belirlenmiştir.

Kısma vanası ile kontrol yöntemine geçildiğinde elde edilecek kazanımlar Tablo 4.47’de verilmiştir.

Tablo 4.47. Program sonucu (6 numaralı pompa)

Drive System	Reference system	Alternative system
Energy consumption	2.1 GWh/a	1.8 GWh/a
Results		
Energy savings		327.7 MWh/a
CO ₂ emission savings		207.1 t/a
Energy costs savings		32000 €/a
Amortization in operating hours		7182 h
Amortization in month		2.1 a

Mevcut sistem ile yeni sistem arasında sadece motor değişmesiyle beraber yıllık 327,7MWh'lık bir enerji tasarrufu sağlanmış, 207,1t CO₂ salınımindan kazanılmış ve yıllık 32.000€ kazanç elde edilmiştir.



Şekil 4.67. Amortisman süresi (6 numaralı pompa)

Kısmi vanası ile kontrol yöntemine devam edilmesi sonucu yeni sistem 2,1 yılda kendini amorti etmektedir.

4.2.4.2 Bypass Vanası ile Kontrol

Mevcut sistem zaten kısma vanası ile kontrol edilmekteydi. Alternatif sistemimizde bypass vanası ile kontrol edilmekte olacağından buna uygun olarak program girişleri yapılmaktadır. Mevcut sistemdeki motora yol verme sisteminde değişikliğe gidilmemiştir.

Bypass vanası ile kontrol için mevcut durum ve alternatif durum bilgileri ve yatırım maliyeti Şekil 4.68'deki gibidir.

Controller	Throttle		
	Pump head H	66.0	m
	Rated flow Q	2600	m ³ /h
Motor	Default		
			
	Efficiency η_N	81%	
	Starting current ratio $I_{A/IN}$	7.5	
	Price	0	€
Switchgear	Default		
			
	Power losses	1.0	W
	Price	0	€
Line supply			
		3AC	
		50	Hz
		6	kV

Controller	Bypass		
	Pump head H	66.0	m
	Rated flow Q	2600	m ³ /h
Motor	SIMOTICS HV serie H-compact		
	Power P_N	570	kW
	Rated speed n_N	992	1/min
	Efficiency η_N	95.72%	
	Starting current ratio $I_{A/IN}$	5.5	
	List price	68377	€
	Discount	0.0	%
	Customer Price	68377	€
Switchgear	Default		
			
	Power losses	10	W
	Price	0	€
Line supply			
		3AC	
		50	Hz
		6	kV

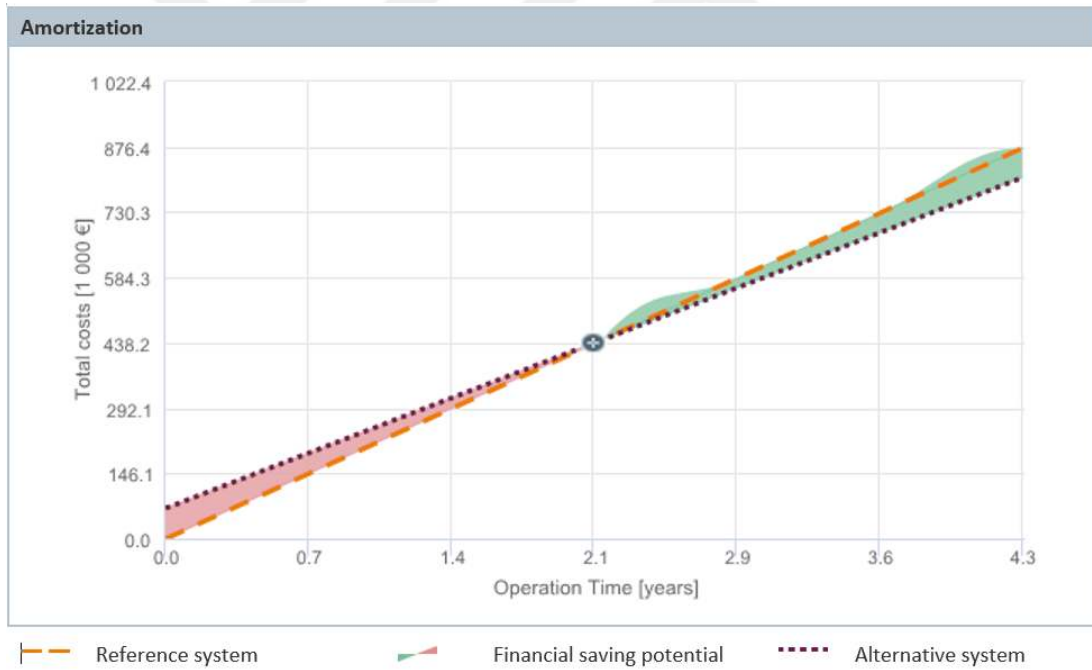
Şekil 4.68. 6 numaralı pompa için mevcut ve önerilen durum

Motor gücü sistem tarafından belirlenmiş ve motor maliyeti belirlenmiştir. Bypass vanası ile kontrol yöntemine geçildiğinde elde edilecek kazanımlar tablo 4.48'de belirtilmiştir.

Tablo 4.48. Program sonucu (6 numaralı pompa)

Drive System	Reference system	Alternative system
Energy consumption	2.1 GWh/a	1.8 GWh/a
Results		
Energy savings		327.7 MWh/a
CO ₂ emission savings		207.1 t/a
Energy costs savings		32000 €/a
Amortization in operating hours		7182 h
Amortization in month		2.1 a

Mevcut sistem ile yeni sistem arasında sadece motor değişmesiyle beraber yıllık 327,7MWh'lık bir enerji tasarrufu sağlanmış, 207,1t CO₂ salınımindan kazanılmış ve yıllık 32.000€ kazanç elde edilmiştir.



Şekil 4.69. Amortisman süresi (6 numaralı pompa)

Şekil 4.69'da görüleceği üzere kısma vanası ile kontrol yönteminin devam edilmesi sonucu yeni sistem 2,1 yılda kendini amorti etmektedir.

4.2.4.3 AC Motor Hız Kontrol Cihazı ile Kontrol

Mevcut sistem kısma vanası ile kontrol edilmekteydi. Alternatif sistemimizde hız ayarı ile kontrol edilmekte olacağından buna uygun olarak program girişleri yapılmaktadır.

Hız ayarı ile kontrol için mevcut durum ve alternatif durum bilgileri ve yatırım maliyeti şekil 4.70’de verilmiştir.

Controller		Throttle	
	Pump head H	66.0	m
	Rated flow Q	2600	m³/h

Motor		Default		
				
	Efficiency η_N	81%		
	Starting current ratio $I_{A/IN}$	7.5		
Price	0	€		

Switchgear		Default	
			
	Power losses	1.0	W
Price	0	€	

Line supply			
		3AC	
		50	Hz
		6	kV

Controller		Converter	
	Pump head H	66.0	m
	Rated flow Q	2600	m³/h

Motor		SIMOTICS HV series H-compact		
	Power P_N	570	kW	
	Rated speed n_N	992	1/min	
	Efficiency η_N	95.72%		
	List price	68377	€	
Discount	0.0	%		
Customer Price	68377	€		

Converter		SINAMICS Perfect Harmony GH180		
	Rated power P_N	597	kW	
	Rated current I_N	69	A	
	Efficiency η_N	96.5	%	
	Design type	Cabinet		
	List price	228400	€	
Discount	0.0	%		
Customer Price	228400	€		

Line supply			
		3AC	
		50	Hz
		6	kV

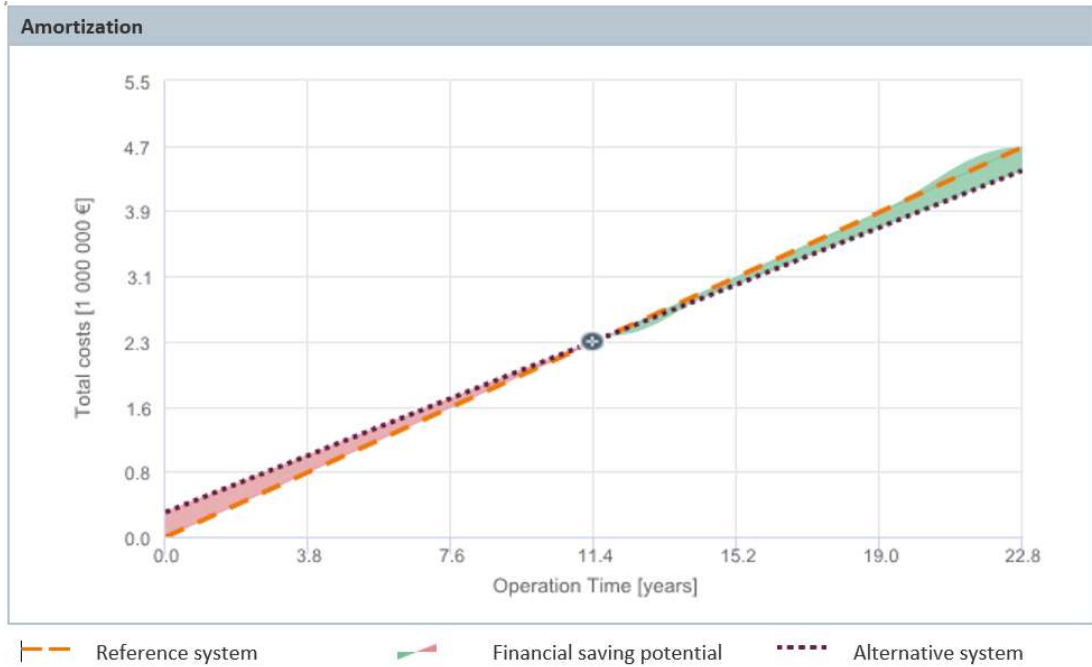
Şekil 4.70. 6 numaralı pompa için mevcut ve önerilen durum

Motor gücü sistem tarafından belirlenmiş ayrıca motor ve yol verici maliyeti belirlenmiştir. Hız ayarı ile kontrol yöntemine geçildiğinde elde edilecek kazanımlar Tablo 4.49’da verilmiştir.

Tablo 4.49. Program sonucu (6 numaralı pompa)

Drive System	Reference system	Alternative system
Energy consumption	2.1 GWh/a	1.9 GWh/a
Results		
Energy savings		262.4 MWh/a
CO ₂ emission savings		165.8 t/a
Energy costs savings		26000 €/a
Amortization in operating hours		38382 h
Amortization in years		11.4 a

Mevcut sistem ile yeni sistem arasında sadece motor değişmesiyle beraber yıllık 262,4MWh’lik bir enerji tasarrufu sağlanmış, 165,8t CO₂ salınımindan kazanılmış ve yıllık 26.000€ kazanç elde edilmiştir.



Şekil 4.71. Amortisman süresi (6 numaralı pompa)

Şekil 4.71’de görüleceği üzere AC motor hız kontrol cihazı ile kontrol yönteminin devam edilmesi sonucu yeni sistem 11,4 yılda kendini amorti etmektedir.

Herhangi bir debi ayarı yapılmadığından bu sistem verimlilik ve kendini amorti etmesi bakımından diğer önerilen durumlara göre daha az kazanım sağlamaktadır.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, İzmir şehrini besleyen İZSU'ya bağlı Yahşelli ve Göksu pompa istasyonları için mevcut duruma alternatif farklı kontrol yöntemleri ile elde edilen kazanımların analizi gerçekleştirilmiştir.

Yahşelli pompa istasyonundaki 4 pompa için yapılan analizlerde kısma vanası ile kontrol yöntemiyle sistem işletilmeye devam edildiğinde, mevcut sisteme göre yıllık 2,25 GWh enerji kazanımına bağlı olarak yıllık 216.000 € kazanç elde edilebilmektedir. 1.4kt CO₂ salınımı da engellenmektedir. 367.000€ ilk yatırım maliyetleri göz önünde alındığında 20,4 ayda sistem kendini amorti etmektedir.

Yahşelli pompa istasyonunun bypass vanası ile kontrol yöntemiyle işletilmesi durumunda yıllık 1,9 GWh enerji kazanımı ve buna bağlı olarak 182.000€ kazanç elde edilebilmektedir. 1,2 kt CO₂ salınımı da engellenmektedir. İlk yatırım maliyetinin 367.000€ olması dikkate alındığında, sistem 2 yılda yatırım maliyetini amorti etmektedir.

Yahşelli pompa istasyonu motorlarının AC Motor hız kontrol cihazları ile sürülmesi durumunda yıllık 2.27 GWh enerji kazanımı elde edilmektedir. Bu değer ile yıllık 218.000 € kazanç elde edilmekte olup 1,4 kt CO₂ salınımı da engellenmektedir. 1.398.000 € ilk yatırım maliyeti ile sistem kendini 6,4 yılda amorti etmektedir.

Göksu pompa istasyonunda kuyular halihazırda su deposunu beslediğinden debi ayarına gerek duyulmamaktadır. Bu nedenle bu tesiste debi ayarı yapılmaksızın sadece motor verimlilikleri IE4 sınıfı olarak seçildiğinde yıllık 271.5 MWh enerji kazanımı elde edilmekte ve 170,94 t CO₂ salınımı da engellenmektedir. Bu sistemin ilk yatırım maliyeti 384.320 €'dur. Yıllık kazanç ise 26.305 €'dur.

24m üst kottaki arıtma tesisi ham su deposunu besleyen Göksu pompa istasyonuna ait pompaların kısma vanası yöntemiyle kontrol edilmesi durumunda 575,7 MWh enerji kazanımı ve buna bağlı olarak yıllık 55.200 € kazanç elde edilmektedir. 364 t CO₂ salınımı da engellenmektedir. 163.700 €'luk ilk yatırım maliyetini sistem 3 yılda amorti etmektedir.

Sistem AG motorlarının kullanılması ile analiz edildiğinde, trafoların da değişmesi gerekmektedir. Mevcut sistem yapısında olduğu gibi yedekli yapıya sahip bir trafo sistemi tasarlanması durumunda 40.000 € trafo maliyetine ek olarak kablolama ile birlikte yaklaşık 50.000€ ek maliyet oluşmaktadır.

Sistemin YG motorları yerine AG motorları ile tasarlanması durumunda ise kısma vanası ile kontrol yöntemine göre analiz edildiğinde ortalama yıllık 674,4 MWh enerji kazanımı ile buna bağlı olarak yıllık 64.500 € kazanç elde edilmekte ve 426t CO₂ salınımı da engellenmiş olmaktadır. Bu kontrol yönteminde ilk yatırım maliyeti 225.000 €'dur. Bu durumda yedekli trafo ve kablolama çalışmaları ile birlikte ilk yatırım maliyeti 275.000 €'dur. Sistem kendini 4.3 yılda amorti etmektedir.

Kısma vanası ile kontrol yöntemi için AG ve YG motorları ile yapılan analizler karşılaştırıldığında, iki sistemin kendini amorti etmesi ve eşdeğer bir kazanıma ulaşması 7,7 yıldır. 7,7 yıldan sonraki süreçte AG motorlar ile yapılan sistem daha fazla kazanç sağlayacaktır.

YG motorlarının kullanılması ve bypass vanası ile kontrol yöntemi analizlerinde yıllık 533MWh enerji kazanımı ile 50800€ kazanç sağlanmış olur. 337 t CO₂ salınımı da azaltmış olmaktadır. İlk yatırım maliyetleri 163.700€ olduğundan sistemin amortisman süresi 3,3 yıldır. Aynı kontrol yöntemini AG motorları ile gerçekleştirdiğimizde ise yıllık 632,7MWh enerji kazanımı elde edilmekte ve 400t CO₂ salınımını da engellenmektedir. 60200€'luk yıllık kazanç ile 275000€'luk ilk yatırım maliyeti 4,6 yılda amorti etmektedir.

Bypass vanası ile kontrol yöntemi için AG ve YG motorları ile yapılan analizler karşılaştırıldığında, iki sistemin kendini amorti etmesi ve eşdeğer bir kazanıma ulaşması 7,3 yıldır. 7,3 yıldan sonraki süreçte AG motorlar ile yapılan sistem daha fazla kazanç sağlayacaktır.

YG motorlarının kullanılması ve motor hız kontrol cihazı ile kontrol yöntemi seçilmesi durumu analizlerinde yıllık 607,6MWh enerji kazanımı, 58200€ kazanç sağlanmakta ve 384t CO₂ salınımı da engellenmektedir. İlk yatırım maliyetleri

762000€ olduğundan sistemin amortisman süresi 13 yıldır. Aynı kontrol yöntemini AG motorları ile gerçekleştirdiğimizde ise yıllık 694,1MWh enerji kazanımı, 66500€ kazanç olmaktadır. Bu sistem, 300000€'luk ilk yatırım maliyeti ile 4,5 yılda amorti edilmektedir.

Yapılan çalışmanın özeti Tablo 5.1 ve 5.2'de verilmiştir.

Tablo 5.1. Göksu Pompa İstasyonunun daki Kontrol Yöntemlerine Göre Kazanımlar

Kazanımlar	Kontrol Yöntemi					
	YG Motor ile			AG Motor ile		
	Kısma Vanası	Bypass Vanası	Hız kontrol Cihazı	Kısma Vanası	Bypass Vanası	Hız kontrol Cihazı
Enerji (MWh/yıl)	575,7	533	607,6	674,4	632,7	694,1
CO ₂ Emisyon (ton/yıl)	364	337	384	426	400	439
Kazanım (€/Yıl)	55.200	50.800	58.200	64.500	60.200	66.500
İlk yatırım maliyeti (€)	163.700	163.700	762.100	275.000	275.000	300.000

Tablo 5.2. Yahşelli Pompa İstasyonundaki Kontrol Yöntemlerine Göre Kazanımlar
(YG motor ile)

Kazanımlar	Kontrol Yöntemi		
	Kısma Vanası	Bypass Vanası	Hız kontrol Cihazı
Enerji (MWh/yıl)	2250	1900	2270
CO ₂ Emisyon (ton/yıl)	1400	1200	1400
Kazanım (€/Yıl)	216.000	182.000	218.000
İlk yatırım maliyeti (€)	367.000	367.000	1.398.000

Pompa istasyonlarında kullanılan motorlar, sayı olarak az olmasına rağmen sürekli yük altında olmaları ve büyük güç tüketmeleri bakımından bu sistemlerde yapılacak verimlilik iyileştirmeleri önemli oranda kazanımlar sağlayabilmektedir. Bu çalışmada sunulan kazanım değerleri, her ne kadar sadece enerji tüketimi bakımından karşılaştırıldıysa da bunun sonucu olarak daha az enerji tüketiminin çevreye sağladığı katkıların da dikkate alınması gerekir. Ayrıca, akıllı şebeke uygulamaları kapsamında bu tip kritik öneme sahip sistemlerde oluşacak arızaların önceden öngörülmesine yönelik çalışmalarla pompa istasyonlarındaki sistemlerin plansız duruştan kaynaklanabilecek arızaları da azaltılabilir.

KAYNAKLAR

1. Akkaya, C., Efeoğlu, A., ve Yeşil, N. Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi ve Türkiye’de Uygulanabilirliği, TMMOB Su Politikaları Kongresi, 21-23 Mart, (2006), s195- 204, Ankara.
2. Çakmak B., Gökarp Z., İklim Değişikliği ve Etkin Su Kullanımı, Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi 4 (1), (2011), s87-95
3. İklim Değişikliği, WWF-Türkiye (Doğal Hayatı Koruma Vakfı) https://www.wwf.org.tr/ne_yapiyoruz/iklim_degisikligi_ve_enerji/iklim_degisikligi/E T: 07.05.2018
4. Özmen, M.T., Sera Gazı, Küresel Isınma ve Kyoto Protokolü, Türkiye Mühendislik Haberleri, 453(1), (2009), s42-46.
5. Koç, H. ve Güçer, E., İklim Değişikliklerinin Turizm Üzerine Etkisi Gazi Üniversitesi Ticaret ve Turizm Eğitim Fakültesi dergisi, (2005), s37-53
6. Kovancılar, B., Küresel Isınma Sorununun Çözümünde Karbon Vergisi Etkisi, Yönetim ve Ekonomi, 8(2), (2001), s4-17.
7. Türkeş M., İklim Değişikliği ve Sürdürülebilir Kalkınma Ulusal Değerlendirme Raporu, Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı, Ağustos 2002-Ankara
8. Kyoto Protokolü 2020’ye Uzatıldı, BBC,https://www.bbc.com/turkce/haberler/2012/12/121208_climate_talks.shtml GT:08.12.2012, ET: 12.02.2018
9. Kyoto protokolü (1998), (13 Mayıs 2009 tarih ve 27227 Sayılı Resmî Gazete)
10. İklim değişikliği ve Uluslararası Müzakereler, T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, <http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Iklim-Degisikligi-ve-Uluslararası-Muzakereler>, ET:17.04.2018
11. Seragazı Emisyon İstatistikleri, 1990-2015, Türkiye İstatistik Kurumu, <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=24588>, ET: 02.04.2018
12. Elektrik İstatistikleri, T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, <https://www.teias.gov.tr/tr/elektrik-istatistikleri>, ET: 04.03.2018
13. Kaygusuz Ü., Aydın S.,“Yönetişimde Yeni Bir Ufuk Olarak Akıllı Kentler”, Mehmet akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, (2017) 9(18), 56-81
14. Dameri, R.P., “Searching for Smart City Definition: a Comprehensive Proposal”, International Journal of Computers & Technology, (2013), Vol. 11, No: 5, 2544-2551.
15. Genli B., Gezer M. Akıllı Şehirlere Dönüşüm Yolunda Türkiye, İstanbul Teknik Üniversitesi Vakfı Yayını. 2017, 77, 28-31.
16. Batty, M., Axhausen, K. W., Giannotti, F., Pozdnoukhov, A., Bazzani, A., Wachowicz, M., Portugali, Y. Smart Cities of The Future. The European Physical Journal Special Topics, 2012, 214(1), 481-518.
17. Akıllı Şehirlerde Suyun Yönetimi Sonuç Bildirgesi, IV. Uluslararası Su Kongresi, 2-4 Kasım 2017, İzmir.
18. Baraçlı H. Akıllı Şehir İstanbul Projesi Kapsamında Yürüttüğü Çalışma ve Uygulamalar. İstanbul Teknik Üniversitesi Vakfı Yayını. 2017, 77, 44-50.
19. Akıllı Şehirler Yol Haritası, Deloitte, 2016,
20. “Akıllı Şehirler İçin Akıllı Gelecek Tasarımı”, Fortune, <http://www.fortuneturkey.com/akilli-sehirler-icin-akilli-gelecek-tasarimi-44346>, ET: 05.05.2018
21. Albino, V., Berardi, U. ve Dangelico R. M., “Smart Cities: Definitions, Dimensions, Performance and Initiatives”, Journal of Urban Technology, (2015) Vol.22, No:1, s.3-21,

22. Benli B., Gezer M., “Türkiye Akıllı Şehirler Stratejisine Giden Yol”, İller&Belediyeler, s82-84
23. Terzi F., Ocakçı M. Kentlerin Geleceği: Akıllı kentler. İstanbul Teknik Üniversitesi Vakfı Yayını. 2017, 77, 10-13
24. Naphade, M., Banavar, G., Harrison, C., Paraszczak, J. ve Morris, R. “Smarter Cities and their Innovation Challenges”, Computer, (2011), Vol:44, s32-39.
25. Akıllı Şehirler, Aircom Teknoloji, <http://aircom.com.tr>, ET:14.05.2018
26. Türkiye Akıllı Şehirler Değerlendirme Raporu (2016)
27. Akıllı Enerji ve Çevre, <https://www.sehirsizin.com/sehirlerden-projeler/akilli-enerji-ve-cevre>, ET:19.04.2018
28. Akıllı Şehirlerde Akıllı Su, Hitachi, <http://www.hitachi.eu/tr-tr/sosyal-inovasyon-hikayeleri/topluluklar/akilli-sehirlerde-akilli-su>, ET: 17.03.2018
29. Akıllı Şehirler, TürkTelekom, <http://sehirlerakillaniyor.com/>, ET:27-04-2018
30. Köseoğlu Ö., Smart Cities And Employing Innovative Technologies For Tackling Urban Policy Issues, International Journal Of Political Studies, 2018 , 4(2), 40-57
31. Ulusoy M., “Akıllı Şehirler”, İstanbul Bilgi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Bilişim Ve Teknoloji Hukuku Yüksek Lisans Programı, (2017), İstanbul
32. Kocaman B. Akıllı Şebekeler ve Mikro Şebekelerde Enerji Depolama Teknolojileri. Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi. 2013, 2(1), 119-127.
33. Finn P., Fitzpatrick C., Connolly D., Leahy M., Relihan L. Facilitation of renewable electricity using price based appliance control in Ireland’s electricity market, Energy, 2011, 36, 2952-2960.
34. Sarıkaya T., Akıllı Şebekelerde Ev Enerji Yönetim Sistemi Tasarımı. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 2016, 94s, Yüksek Lisans Tezi
35. Akcin M., Alagöz B., Keleş C., Karabiber A., Kaygusuz A., Dağıtık Kontrol İle Akıllı Şebekelerde Geniş-Alan Yönetimi ve Geleceğe Dönük Projeksiyonlar, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 2013, 17(3), 457-470
36. Akcanca Ali M., Taşkın S., “Akıllı Şebeke Uygulanabilirliği Açısından Türkiye Elektrik Enerji Sisteminin İncelenmesi”, Akıllı Şebekeler ve Türkiye Elektrik Şebekesinin Geleceği Sempozyumu, 26-27 Nisan 2013, 131-135, Ankara
37. Çankaya B., Akıllı Şebeke Nedir, <https://evrimagaci.org/akilli-sebeke-nedir-5176> (28.12.2018)
38. Massoud Amin S., “Toward A Smart Grid: Power Delivery For The 21st Century”, Wollenberg B.F., IEEE Power and Energy Magazine, 2005
39. Bayındır R.i Demirtaş K., Akıllı Şebekeler: Elektronik Sayaç Uygulamaları, Poşiteknik dergisi, 2014, 17(2), 75-82
40. Türkiye Elektrik Enerjisi 5 Yıllık Üretim Kapasite Projeksiyonu (2017-2021), Türkiye Elektrik İletim A.Ş. Genel Müdürlüğü, Ağustos 2017
41. Eldem Oktay M., Akıllı Şebekeler, TMMOB EMO Ankara Şubesi Haber Bülteni, 2017, 2
42. Anonim, Akıllı Şebekeler, T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, http://www.yegm.gov.tr/teknoloji/akilli_sebekeler.aspx (18.01.2019)
43. Tanrıöven, K., Yazarbaş, S., Cengiz, H., ‘Geleceğin Elektrik Dağıtım Şebekesi Smart Grid. EMO-Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Sempozyumu, 2011, 52-55
44. Türkiye Akıllı Şebekeler 2023 Vizyon ve Strateji Belirleme Projesi
45. Şamioğlu S. Achmeider Elecric, Akıllı Şebeke Uygulamaları. <https://akillisebekeler.com/2011/11/30/schneider-electricakilli-sebeke-uygulamaları/> (05 Ocak 2019)

46. Ateş G., Akıllı Şebekeler, Elektrikport akademi, <https://www.elektrikport.com/makale-detay/akilli-sebekeler-1-bolum-elektrikport-akademi/4199#ad-image-0> (28.12.2018)
47. Kırmızıoğlu E., akıllı Şebeke Stratejileri ve Örnek Projeler,
48. Anonim, Dünyada Akıllı Şebeke Uygulamaları, <https://akillisebekeler.com/2013/02/06/dunyada-akilli-sebeke-uygulamaları/> (24.12.2018)
49. Anonim, Dünyada Akıllı Şebeke Uygulamaları, <https://softeeit.blogspot.com/2017/01/dunyada-akilli-sebeke-uygulamaları.html> (24.12.2018)
50. Onaygil S., “Sanayide Verimlilik, Enerji Yönetimi ve Tasarruf”, 5. Ulusal Verimlilik Kongresi, 6-7 Ekim 2015, Ankara
51. Enerji Verimliliği, T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Enerji-Verimliliği> (12.01.2019)
52. Dünyada ve Türkiye’de Enerji Verimliliği, TMMOB Makine Mühendisleri Odası, MMO 589, (2012)
53. The commission of the European Communities, 2005, 2005/32/EC “A Framework for The Setting of Ecodesign Requirements for Energy-Using Products”, (Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2010, 2005/32/AT “Enerji Kullanan Ürünlerin Çevreye Duyarlı Tasarımına İlişkin Yönetmelik)
54. Enerji verimliliği Mevzuatı (Mayıs 2013)
55. Enerji Verimliliği Kanunu, 5627 Sayılı 18.04.2007
56. Çetin A., Demir Z., Çolak N., “Asenkron Motorlar İçin Enerji Verimliliği Analizi Ve Porsuk MYO Enerji Verimliliği Etüd Çalışması”, Elektronik Mesleki Gelişim Ve Araştırmalar Dergisi, 2016(1), (2016), s 15-23
57. Yapar A. “OG motorlarında Enerji Tasarrufu Amaçlı Frekans Konvertörü Kullanımı ve Uygulamaları”, VI. Kontrol Otomasyon Ve Yapı Elektronik Sistemleri Sempozyumu Bildirileri, 21-24 Kasım 2013, Elektrik Mühendisleri Odası, İzmir
58. Net Elektrik Tüketiminin Sektörlere Göre Dağılımı, Türkiye İstatistik Kurumu, 2016 http://www.tuik.gov.tr/PreIstatistikTablo.do?istab_id=1579, ET: 18.05.2018
59. Waide P., Brunner C.U., Energy-Efficiency Policy Opportunities for Electric Motor-Driven Systems, International Energy Agency, (2011), https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/EE_for_ElectricSystems.pdf, ET:23.05.2018
60. Deli A., “Motorlarda Enerji Verimliliği ve SynRM Motorlar”, ABB, http://www.emo.org.tr/ekler/2db1dd0bfd9c83a_ek.pdf, ET: 03.04.2018
61. Electric Motors and Variable Speed Drives: Standards and legal requirements for the energy efficiency of low-voltage threephase motors. 2011, http://en.mgmrestop.com/wpcontent/uploads/2014/03/CEMEP_Motors_and_VS_D.pdf, ET: 05.03.2019
62. Türk Standardları Enstitüsü- 27.12.2012, TS EN 60034-30 Döner elektrik makinaları- Bölüm 30: Tek hız kademeli, üç fazlı kafesli endüksiyon motorlarının verimlilik sınıfları
63. Almeida A., Falkner H., Fong J., Jugdoyal J., Electric Motors and Drives, ISR – University of Coimbra (2014)
64. Elektrik Motorları ile İlgili Çevreye Duyarlı Tasarım Gereklerine Dair Tebliğ, 7 Şubat 2012 tarih ve 28197 sayılı Resmî gazete
65. Anonymous, “Possible Requirements For Electric Motors And Variable Speed Drives”, Energimyndigheten,

66. Anonim, Elektrik Motorlarında Enerji Verimliliği; <https://docplayer.biz.tr/26393285-Elektrik-motorlarinda-enerji-verimliliği.html>; ET:06.02.2019
67. Akgül Z., “Elektrik Motorlarında Neden Tekrar Sarım Yapılamaz?”, Elektrikport; <http://www.elektrikport.com/universite/elektrik-motorlarinda-neden-tekrar-sarim-yapilamaz/21287#ad-image-0>, ET:17.04.2018
68. Lugaric L., Krajcar J., Simic Z., “Smart City- Platform for Emergent Phenomena Power System Testbed Simulator”, Innovative Smart Grid Technologies Conference, Zagreb, Europe (2010)
69. Kavrar Ö., Enerji Yönetimi ve Muhasebesi: Sürdürülebilir Enerji Yönetimi İçin Faaliyet Tabanlı Maliyetleme Modeli, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Konya, 2018, 282 s. (Doktora Tezi)
70. Pekaçar M., ISO 50001 Enerji Yönetim Sistemi, Elektrik Mühendisleri Odası, http://www.emo.org.tr/ekler/1e9a35c8a1d9357_ek.pdf, ET: 12.04.2019
71. Menevşe S., “Enerji Yönetimi”, ElektrikPort, <http://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/enerji-yonetimi/10058#ad-image-0>, ET: 01.06.2018
72. Onaygil S., “Sanayide Verimlilik, Enerji Yönetimi ve Tasarruf”, 5. Ulusal Verimlilik Kongresi, 6-7 Ekim 2015, Ankara
73. Anonim, Pompa Nedir?, Norm Pompa, <http://www.normpompa.com.tr/tr/makale/pompanedir>, ET: 04.03.2019
74. Dalgıç Pompa Nedir? Nasıl Çalışır ?, Teknoloji Projeleri, <https://teknoloji Projeleri.com/teknik/dalgic-pompa>, ET: 05.04.2019
75. Dalgıç Pompa, Bascemo Teknik Bilgiler, <https://www.bescamo.com/dalgic-pompa/>, ET: 05.04.2019
76. Aydoğan O., “Pompa Seçimi ve Santrifüj Pompa Tipleri”, <http://www.oriijinalelektrik.com.tr/gtr/pompasecimivesantrifujpompatipleri1.pdf>, ET:03.05.2018
77. Akar M., Fenercioğlu M., Soyaslan M., Asenkron Motorlarda Rotor Çubuğu Kırık Arızasının Elektromanyetik Tork ile Tespiti, 6th International Advanced Technologies Symposium, 16-18 Mayıs 2011, Elazığ
78. Teke A., Tümay M., Endüksiyon motorlara Yol verme yöntemleri, Elektrik mühendisleri Odası, http://www.emo.org.tr/ekler/31528b5b581dc21_ek.pdf?dergi=59, ET:07.05.2019
79. Anonim, “Pompalar”, Makine Mühendisliğinde Sık Kullanılan Pratik Bilgiler, <http://www.muhendislikbilgileri.com/?pnum=8&pt=POMPA+SE%C3%87%C4%B0M%C4%B0>, ET: 24.04.2018
80. Günay R., Paralel ve Seri Bağlı Standart Pompaların Çalışma Şekli ve Uygulamalardaki Püf Noktalar, Enerji ve Tesisat, <https://www.enerjivetesisat.com/tesisat/pompa-ve-vana/5811-paralel-ve-seri-bagli-standart-pompalarin-calisma-sekli-ve-uygulamalar-daki-puf-noktalar>, ET: 24.04.2019
81. Csanyi E., “Comparison of 4 Different Flow Control Methods Of Pumps”, Electrical Engineering Portal, <http://electrical-engineering-portal.com/comparison-of-4-different-flow-control-methods-of-pumps>, ET: 01.03.2018

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Cem GERÇEK
Doğum Yeri ve Yılı : İzmir, 1985
Medeni Hali : Evli
Yabancı Dili : İngilizce
E-posta : cemgercek@outlook.com

Eğitim Durumu

Lise : Aliğa Süper Lisesi, 2003
Lisans : Pamukkale Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği
Bölümü, 2008

Mesleki Deneyim

Birsen Otomasyon	2009-2010
Çakmaktepe Enerji Santrali	2010-2011
İZSU Genel Müdürlüğü	2011-..... (halen)