

Yayın No: e-16

Motor Tahrikli Sistemler için Enerji Etüdü Kılavuzu

Tavsiye Edilen Adımlar ve Araçlar

Nisan 2018

"Motor Tahrikli Sistemler için Enerji Etüdü Kılavuzu" başlıklı eserin telif hakkı 4E EMSA'ya ait olup; İngilizceden Türkçeye çevirisi ve basımı, "Türkiye'de Küçük ve Orta Ölçekli İşletmelerde (KOBİ) Enerji Verimli Motorların Teşvik Edilmesi" (TEVMOT) Projesi kapsamında, 4E EMSA'nın izni ile gerçekleştirilmiştir.

TEVMOT Projesi, Türkiye'de imalat sanayinde faaliyet gösteren KOBİ'lerin enerji verimli elektrik motorları kullanması için piyasayı dönüştürerek, ilave yatırımları teşvik etmeyi amaçlamaktadır. TEVMOT Projesi, T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı (STB) Stratejik Araştırmalar ve Verimlilik Genel Müdürlüğü (SAVGM) tarafından Küresel Çevre Fonu'nun (GEF) finansal desteği ve UNDP Türkiye ile işbirliği içinde yürütülmektedir. Projenin ortakları; T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Enerji Verimliliği ve Çevre Dairesi Başkanlığı, Türk Standardları Enstitüsü, Ankara Sanayi Odası, İstanbul Sanayi Odası, Elektrik Motorları Sanayicileri Derneği (EMOSAD), Enerji Verimliliği ve Yönetimi Derneği (EYODER), AEMOT Elektrik Motor Sanayi A.Ş., GAMAK Makina Sanayi. A.Ş., VOLT Elektrik Motorları Sanayi ve Tic. A.Ş. ve WAT Motor Sanayi ve Ticaret A.Ş.'dir.

Bu Kılavuz, sanayide profesyonel enerji uzmanı olarak çalışan kişilerin tesisdeki motorlu sistemleri analiz etmelerine, iyileştirme potansiyeli en yüksek sistemleri belirlemelerine ve uygulama örnekleri oluşturmalarına katkıda bulunmak amacıyla, uluslararası uzmanlardan oluşan bir ekip tarafından hazırlanmış olup; elektrik motorunun yer aldığı sistemi (motor, tahrik sistemi, aktarma elemanları, kontrol sistemleri ile sistemin sunduğu ve karşıladığı ihtiyaç miktarı) bir bütün olarak ele almaktadır. Kılavuz, enerji verimliliği sektöründe çalışanların faydalanması, sanayide karbon ayak izinin ve enerji giderlerinin azaltılmasına katkı sağlamak üzere, enerji verimliliği fırsatlarından yararlanılmasına imkan sağlamak amacıyla Türkçeye çevrilmiştir.

Motor Tahrikli Sistemler için Enerji Etüdü Kılavuzu
Tavsiye Edilen Adımlar ve Araçlar, Nisan 2018
Yayın No: e-16
Yayın Yılı: Kasım 2020
ISBN: 978-605-7887-12-2

Bu yayının içeriği tamamen ilgili kuruluş ve yazarların sorumluluğunda oluşturulmuş olup, T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı ve BM Kalkınma Programı'nın (UNDP) resmi görüşünü yansıtmamaktadır. Kaynak gösterilmeksizin alıntı yapılamaz.

T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı
Mustafa Kemal Mahallesi Dumlupınar Bulvarı
(Eskişehir Yolu 7.km) 2151. Cadde No:154/A
06530 Çankaya / ANKARA

TEVMOT Hakkında Daha Fazla Bilgi İçin:
www.tevmot.org.tr



Çeviri: Adnan Bıçaksız, Anglo-Turca Lisan Servisi Ltd.Şti



Motor Tahrikli Sistemler için Enerji Etüdü Kılavuzu

Tavsiye Edilen Adımlar ve Araçlar

Nisan 2018

Motor Tahrikli Sistemler için Enerji Etüdü Kılavuzu

Yazarlar

- Konstantin Kulterer, Avusturya Enerji Kurumu, EMSA Motor Sistemleri için Enerji Etüdü Görev Lideri
- David Presch, Avusturya Enerji Kurumu

Gözden Geçirenler

- Gilbert McCoy, Washington Devlet Üniversitesi
- Maarten van Werkhoven, TPA Danışmanı, EMSA Temsilcisi
- Rita Werle, Impact Energy, EMSA Koordinatörü
- Rolf Tieben, Impact Energy

Bu rapor, Enerji Verimli Son Kullanıcı Ekipmanı (4E) hakkında IEA Teknoloji İşbirliği Programı'nın Elektrik Motor Sistemleri Eki'nin (EMSA) Motor Sistemleri Enerji Etütleri Görevi kapsamında hazırlanmış ve IEA Araştırma İşbirliği Avusturya programı tarafından finanse edilmiştir.

Daha fazla bilgi için:

<https://nachhaltigwirtschaften.at/de/iea/technologieprogramme/4e/iea-4e-annex-emsa.php>

Sorumluluk Reddi

Avusturya Enerji Kurumu, bu çalışmanın içeriğini, bilgisi dahilinde ve titizlikle derlemiştir. Ancak, içeriğin hiçbir kısmının güncelliği, tamlığı veya doğruluğu için sorumluluk üstlenemeyiz.

Enerji Verimli Son Kullanıcı Ekipmanı Teknoloji İşbirliği Programı (4E TCP), bu dokümanda yer alan verilerin doğruluk ve güvenilirliğini sağlamak için elinden geleni yapmıştır; ancak, orijinal metnin başka dillere çevirisi dahil olmak üzere, bu dokümanda yer alan verilerin doğruluğuna ilişkin hiçbir garanti vermemekte, veya bu raporun içeriğine dayalı olarak yapılan eylem veya kararlar için hiçbir sorumluluk üstlenmemektedir. 4E TCP'nin görüş, bulgu ve yayınları hiçbir şekilde IEA Sekreteryası veya IEA'nın münferit üyelerinin görüş veya politikalarını temsil ediyor olarak yorumlanamaz.

Baskı

Birinci baskı, Zürih, İsviçre
Nisan 2018

Telif hakkı: IEA 4E Elektrik Motor Sistemleri Eki
Grafik tasarımı: Faktor Journalisten AG, Christine Sidler
Bu raporu indirmek için: www.motorsystems.org

Para ile satılmaz.

© 2018 4E EMSA

4E Elektrik Motor Sistemleri Eki (EMSA)

Endüstriyel tesisler, altyapı uygulamaları ve binalarda pompa, fan, kompresör ve diğer ekipmanı işletmek için kullanılan elektrik motor sistemleri dünyada elektriğin %45'ini tüketmektedir. Yeni

ve mevcut teknolojiler, küresel ekonomide motor sistemlerinin enerji talebinde %20 ila %30 oranında azalma potansiyeli sunmaktadır. Enerji tasarrufunun gerçekleştirilmesi için teknik bilgi mevcuttur, ancak yaygın biçimde uygulanmamaktadır.

4E Elektrik Motor Sistemleri Eki (EMSA), tüm dünyaya en iyi uygulama bilgisini yayarak motor sistemlerinde enerji verimliliği fırsatlarını teşvik etmektedir. Yeni ve mevcut motor sistemlerinin enerji performansının iyileştirilmesi için, uluslararası uyumlu test standartları ve düzenlemelerinin geliştirilmesini desteklemektedir.

2008 ile 2018 yılları arasında, EMSA:

- Motor sistemleri için uluslararası uyumlu, küresel çapta uygulanabilir teknik standartların geliştirilmesine katkıda bulunmuştur. EMSA, ilgili Uluslararası Elektroteknik Komisyonu (IEC) standart komitelerine katılmaktadır ve bağımsız araştırma sonuçlarına katkıda bulunmaktadır.
- Küresel bir test laboratuvarı ağı kurmuştur.
- SEAD Elektrik Motorları Küresel Verimlilik Yarışması'na katkıda bulunmuştur.
- IECEE (Elektroteknik Ekipman ve Bileşenler Uygunluk Test ve Belgelendirme Sistemi) Küresel Motor Enerji Verimlilik Programı mesajlarının yayılmasına katkıda bulunmuştur.
- Küresel Motor Sistemleri Ağı'nı 85 ülkeden 5500 katılımcıya genişletmiştir. Üyeler arasında devlet kurumları, uluslararası kuruluşlar, standart geliştiriciler, araştırmacılar, motor sistemleri verimlilik uzmanları, altyapı hizmetleri, endüstriyel son kullanıcılar ve üretici temsilcileri bulunmaktadır. Ulusal ve bölgesel politika girişimleri, EMSA faaliyetleri hakkında güncel haberleri içeren EMSA haber bültenleri, İngilizce, Çince, Japonca, İspanyolca dillerinde üyelere iletilmektedir.
- Komple motor sistemi enerji verimliliğini optimize etmeye yönelik Mühendisler için Motor Sistemleri Aracı'nı geliştirmiştir.

Motor sistemleri ile ilgili aşağıdaki raporlar yayımlanmıştır:

- EMSA Motor MEPS Kılavuzu (2009)
- EMSA Motor Politika Kılavuzu – Kısım 1 (2011)
- Elektrik Motor Sistemleri için EMSA Politika Rehber İlkeleri – Kısım 2 (2014)
- Elektrik motorları ve motor sistemleri için 4E enerji verimlilik yol haritası (2015)
- Motor Tahrikli Birimler için 4E EMSA Politika Rehber İlkeleri – Kısım 1 (2016)
- Motor Tahrikli Birimler için 4E EMSA Politika Rehber İlkeleri – Kısım 2 (2018).

EMSA hakkında daha fazla bilgi için:

www.motorsystems.org



İçindekiler

1. Giriş ve Amaç	3
2. Etüt Metodolojisi	4
2.1. Rollerin Tanımı	4
2.2. Etüt Metodolojisine Genel Bakış	4
3. Hizmetin Satın Alınması Kararı ve Etüdün Planlanması.....	6
3.1. Enerji Verimliliği Etüd Hizmetinin Satın Alınması	6
3.2. Etüdün Planlanması	6
3.3. İşletme Hakkında Genel Bilgilerin Toplanması	7
3.4. Ön Değerlendirme	7
4. Açılış Toplantısı	8
5. Veri Toplama	10
5.1. Olası Veri Kaynakları, Veri Toplamanın Özeti	10
5.2. Elektrik Motor Sistemleri için Genel Veri Toplama	10
5.3. Teknolojiye Özgü Veri Toplama	11
5.3.1. Elektrik Motorları	11
5.3.2. Pompa Sistemleri	11
5.3.3. Havalandırma Sistemleri	12
5.3.4. Basıncılı Hava Sistemleri	12
6. Ölçüm Planı	13
6.1. Ölçülecek Sistemlerin Seçilmesi	13
6.2. Ölçümlerden Önce	13
6.3. Ölçüm Planı Unsurları	13
6.4. Ölçüm Süreci	15
6.5. Motor Tahrikli Sistemler için Ölçüm Ekipmanı Seçimi	15
7. Saha Ziyaretinin Gerçekleştirilmesi	17
8. Veri Analizi	18
8.1. Mevcut Enerji Performansının Analizi	18
8.2. İyileştirme Fırsatlarının Tespit Edilmesi	18
8.3. İyileştirme Fırsatlarının Değerlendirilmesi	19
8.4. Veri Analiz Araçları	20
9. Enerji Etüdünün Raporlanması	22
10. Kapanış Toplantısı	23
11. Enerji Yönetimi ve Motor Politikası ile Bağlantı	24
11.1. Enerji Yönetimi ile Bağlantı	24
11.2. Motor Politikası	24

11.2.1. Yeni Motor Tahrikli Sistemlerin Proses Tanımı.....	24
11.2.2. Satın Alma Kriterleri.....	24
11.2.3. Motor Listesi	25
11.2.4. Kurulum veya Kabul Testi Gereklere.....	25
11.2.5. Onarım ve Bakım Gereklere.....	25
12. Ek	26
12.1. Kontrol Listesi Genel Bilgileri (Adım 1: Etüdün Planlanması).....	26
12.2 Teknolojiye Özgü Veri Toplama Çizelgeleri (Adım 3: Veri Toplama).....	27
12.2.1 Motor Verileri	27
12.2.2 Pompa Sistemi Verileri	27
12.2.3 Fan Sistemi Verileri.....	28
12.2.4 Basınçlı Hava Sistemi Verileri.....	29
12.3 Akış/Debi Ölçüm Noktaları ve Teknoloji Seçimi (Adım 4: Ölçüm Planı).....	30
12.3.1 Mevcut Ölçüm Noktaları Listesi	30
12.3.2 Olası Ölçüm Noktaları Listesi.....	31
12.3.3 Akış/Debi Ölçüm Seçimi için Kriterler	31
12.4 Enerji Tasarruf Önlemleri için Göstergeler ve Hesaplama Formülleri (Adım 6: Veri Analizi)	32
12.4.1 Elektrik Motorları	32
12.4.2 Pompa Sistemi Tasarruf Önlemleri	33
12.4.3 Fanlar	37
12.4.4 Basınçlı Hava Sistemleri	39
12.5 Enerji Tasarruf Önlemleri Değerlendirme Araçları (Adım 6: Veri Analizi).....	42
12.5.1 Enerji Tasarruf Önemlerinin Değerlendirilmesi için EMSA Motor Sistemleri Aracı (MST)	42
12.5.2 Standart Test Raporu (STR)	42
12.6 Enerji Tasarruf Önlemleri Ölçüm ve Doğrulama Planı (Adım 6: Veri Analizi).....	44
13. Kısaltmalar	45
14. Simgeler Dizini	45
15. Kaynakça	46
16. Tablolar ve Şekiller.....	48
16.1 Tablolar	48
16.2 Şekiller.....	48

1. Giriş ve Amaç

Dünyada tüketilen elektriğin yarısından fazlası elektrik motor sistemlerinde kullanılmaktadır. Küresel elektrik tüketiminin %30'u (6.000 TWh) endüstriyel sistemlerde kullanılmaktadır. 2040 yılına kadar, artan endüstriyel faaliyetlerin, dünya genelinde motorların elektrik kullanımını ikiye katlayacağı tahmin edilmektedir (IEA/OECD, 2016, s.283).

Motor sistemleri sanayide elektriğin %70'ini tüketmektedir. Bunlar örneğin malzeme taşıma, pompa, fan, soğutma ve basınçlı hava sistemlerini içermektedir. Eskimiş motor tahrikli sistemlerin iyileştirilmesi, enerji tüketimi ve işletme maliyetlerinden %10 ila %30 oranında tasarruf etme potansiyeline sahiptir; böylece, yüksek verimli bileşenlere yapılan yatırımı üç ila beş yıl içinde karşılamaktadır (Waide vd., 2011; Brunner vd., 2013).

Enerji etüdü, motor tahrikli sistemlerin verimliliğini artırmak için önemli bir araçtır.

Enerji etüdü, enerji performansı iyileştirme fırsatlarının değerlendirilmesi amacıyla, tanımlanmış bir sistem içinde enerji tüketiminin sistematik analizidir. Bu nedenle, kullanımdaki motor tahrikli sistemlerde optimizasyon potansiyelinin tespiti için etkili bir araçtır. Kapsamlı bir etüt, gereğinden büyük boyutlu, eski ve verimsiz ekipman, yanlış bir kontrol stratejisi, kaçaklar, uygunsuz uygulamalar veya son kullanımlar, uygun kontrolü bulunmayan veya yanlış kontrol stratejisiyle çalıştırılan ekipmanın tespit edilmesini sağlar. Buna ek olarak, işletme süresinin azaltılması veya gerekli olmadığı ekipmanın kapatılması çoğu kez önemli enerji tasarrufu sağlayabilir.

Bu Kılavuz, motor sistemi etüdü için mevcut standartlar ve araçların nasıl kullanılacağına dair sistematik ve kapsamlı bir genel bakış sunmaktadır. Buradaki bilgiler, enerji etüt uzmanlarının, tüm ilgili standartları dikkate alarak, sistemlerde en önemli enerji tasarruf fırsatlarını belirlemesi ve hesaplamasına yardım edecektir. Bu doküman, enerji etüt uzmanları, enerji danışmanları, enerji yöneticileri ve mühendislerin endüstriyel işletmelerde motor tahrikli sistemlerde enerji tasarrufu hedeflerine ulaşmalarına yardım etmeyi amaçlamaktadır. Bununla birlikte, Kılavuz'daki birçok tavsiye diğer sektörlerde, örneğin belediye atıksu tesisleri veya sulama pompa sistemlerine de uygulanabilir.

Bu doküman, ISO 50002'ye göre bir enerji etüdünün aşamalarına uyacak biçimde yapılandırılmıştır ve etüt sırasında gerçekleştirilecek organizasyonel ve teknik görevleri içermektedir. Her adım için, ilgili standartlar ve araçlara atıf yapmaktadır. Bunlara ek olarak, Kılavuz, aşağıdaki bilgileri içermektedir:

- Uygun enerji tasarruf önlemlerinin belirlenmesi için teknolojiye özgü temel göstergeler
- Tasarruf hesaplama yöntemleri

Bu Kılavuz, Enerji Verimli Son Kullanıcı Ekipmanı (4E) IEA Teknoloji İşbirliği Programı'nın Elektrik Motor Sistemleri Eki (EMSA) kapsamında Avusturya Enerji Kurumu tarafından ger-

çekleştirilen "Motor Sistemleri için Enerji Etütleri" çalışması dahilinde geliştirilmiştir. Elektrik Motor Sistemleri Eki'nin amacı, motor sistemlerinde büyük tasarruf potansiyeli hakkındaki farkındalığı artırırken, tasarrufları gerçekleştirme yöntemini de göstermektir. Çalışmanın amacı, motor tahrikli sistemlerde enerji etütleri için mevcut gerekleri ve ayrıca bu alanda bir enerji etüdü sırasında dikkate alınacak veya başvurulacak bilgileri toplamaktır.

Müteakip bölüm, etüt adımlarının özetini kapsamaktadır. Bölüm 3 ila 9, bu Kılavuz'un ana gövdesini teşkil etmektedir. Etütte gerçekleştirilecek her adım için, "Adım 1: Satın Alma Kararı ve Etüdün Planlanması"ndan başlayarak "Adım 9: Enerji Yönetimi ve Motor Politikası ile Bağlantı"ya kadar ayrıntılı bilgiler verilmektedir. Kapsamlı Ek, etüt planlaması için kontrol listesi, çeşitli teknolojiler için veri toplama çizelgeleri, en önemli enerji tasarruf önlemleri için olası ölçüm noktaları, göstergeler ve hesaplama formüllerinin özeti, enerji tasarruf önlemlerinin ölçülmesi ve doğrulanmasına yönelik planlama unsurlarına genel bakışı içermektedir.

2. Etüt Metodolojisi

Bu bölüm, enerji etüdüne dahil olan kişilerin temel rollerini tanımlamakta ve etüt metodolojisi için önerilen adımların özetini sunmaktadır.

2.1. Rollerin Tanımı

Bu Kılavuz, kuruluş dışından gelecek enerji etüt uzmanı perspektifine göre yazılmıştır; ancak kuruluşta çalışan enerji yöneticileri veya teknik uzmanları tarafından da kullanılabilir.

Enerji etüt uzmanı, enerji etüdünü yürüten bir bireydir; bir ekip de olabilir. Enerji etüdü, enerji performansını iyileştirme fırsatlarının tespit edilmesi, miktarlarının belirlenmesi ve raporlanması için tanımlanmış bir enerji etüdü kapsamı dahilinde enerji kullanımı ve enerji tüketiminin sistematik analizidir (ISO 50001).

Genellikle, birkaç nedenle, etüt kapsamındaki tüm faaliyetlerin dış etüt uzmanı tarafından gerçekleştirilmesi mümkün olmayabilir. Ayrıca, enerji etüt uzmanları, belirli organizasyonel veya teknolojik konular hakkında uzmanlaşmış olabilir. Bu yüzden, etüt uzmanları, ekip halinde çalışabilir ve/veya toplantılar veya çalıştaylar aracılığıyla iç ve dış uzmanlardan destek alabilir. Bazı etüt uzmanları, tavsiye edilen adımlar aracılığıyla etüt edilecek işlemin mensubu olan uzmanlara kılavuzluk eden moderatör işlevi görebilir.

İşletmeye bağlı olarak, enerji etüt uzmanının işletmedeki başlıca muhatabı, bir enerji yöneticisi veya bu rolü kısmen yerine getiren birisidir. Bu görev sıklıkla, tesis elektrikçisi, teknoloji birimi amiri veya çevre, kalite, güvenlik yöneticisi tarafından yerine getirilebilir. Genel olarak bu kişi, işletmedeki başlıca enerji tüketen prosesleri bilir ve/veya enerji tüketiminin izlenmesinden sorumludur.

Enerji etüdü için gerekli yetkinlikler açılış toplantısı sırasında tanımlanacaktır.

2.2. Etüt Metodolojisine Genel Bakış

Şekil 2.1, motor tahrikli sistemler için enerji etüt metodolojisini bir bütün olarak göstermektedir. Akış şemasındaki dikdörtgenler, etüt metodolojisinin dokuz adımını temsil etmektedir; bunun yanındaki sütun, her adımda etüt uzmanını destekleyecek kontrol listeleri, tablolar ve ilave bilgileri göstermektedir. Ek olarak, bu aşamalar sırasında kullanılabilen veya kullanılması gereken çeşitli araçlar listelenmektedir.

Motor tahrikli sistemler için enerji etüt metodolojisinin dokuz temel adımı aşağıda sıralanmakta, aşağıdaki bölümlerde daha ayrıntılı olarak açıklanmaktadır:

- Adım 1: Satın Alma Kararı ve Etüdün Planlanması
- Adım 2: Açılış Toplantısı
- Adım 3: Veri Toplama
- Adım 4: Ölçüm Planı
- Adım 5: Saha Ziyaretinin Gerçekleştirilmesi
- Adım 6: Veri Analizi
- Adım 7: Enerji Etüdünün Raporlanması
- Adım 8: Kapanış Toplantısı
- Adım 9: Enerji Yönetimi ve Motor Politikası ile Bağlantı

Açıklamalar organizasyonel, yönetsel ve teknik yönleri, ayrıca ilgili adımda enerji etüt uzmanını destekleyecek mevcut araçları içeren metodolojiyi kapsamaktadır.

Adım No.	Adımın Adı	Tablolar ve Kontrol Listeleri	Tavsiye Edilen Araçlar
Adım 1	Satın Alma Kararı ve Etüdün Planlanması	Genel Bilgiler Kontrol Listesi	
		Gerekli Veri Girişleri	SOTEA
Adım 2	Açılış Toplantısı	Açılış Toplantısı Kontrol Listesi	
Adım 3.1	Genel Veri Toplama	Genel Veri Toplama Çizelgeleri	ILI+
Adım 3.2	Spesifik Veri Toplama	Teknolojiye Özgü Veri Toplama Çizelgeleri	
Adım 4	Ölçüm Planı	Ölçüm Planının Unsurları Ölçüm Noktaları	
Adım 5	Saha Ziyareti	Tasarruf Potansiyeli Göstergeleri	
Adım 6	Veri Analizi	Enerji Tasarruf Önlemleri için Göstergeler ve Hesap Formülleri	EMSA STR Üretici Araçları
Adım 7	Rapor	Rapor İçeriği	
Adım 8	Kapanış Toplantısı		
Adım 9	EnYS ile Bağlantı		

Şekil 2.1: Motor tahrikli sistemler için enerji etüdü akış şeması, çeşitli araçlar dahil

3. Hizmetin Satın Alınması Kararı ve Etüdün Planlanması

Bu bölümde, enerji etüt metodolojisinin ilk adımı anlatılmaktadır. Enerji etüdünün başlangıcında veya hatta öncesinde toplanacak bilgileri içermekte, bu adımda cevaplanacak önemli soruları tanımlamakta ve üst yönetimi enerji etüdü yaptırma-ya ikna etmenin yöntemleri anlatılmaktadır. Bu bölüm için, Ek 12.1'deki "Genel Bilgiler Kontrol Listesi" kullanılmalıdır.

3.1. Enerji Verimliliği Etüd Hizmetinin Satın Alınması Kararının Verilmesi

Hizmeti satın alma veya başlangıç aşaması, fiili enerji etüdü aşamalarından önceki bir aşama olduğundan, etüt standartlarında genellikle dikkate alınmaz, ancak başlangıç noktası olarak etüdün kapsamı tanımlanırken bir hayli önemlidir. Satın alma aşamasında, üst yönetimin enerji etüdünü finanse etmesi ve uygulanması mümkün enerji tasarrufu önlemlerine yatırım yapma taahhüdü için güçlü gerekçeler oluşturmak gerekir. Bunun için de, işletmenin ön değerlendirmesini yapmak, stratejik hedeflerini incelemek ve motor tahrikli sistemlerin bu hedefleri ne ölçüde verimli olarak destekleyebildiğini kontrol etmek yararlıdır. Bu bilgiler, enerji etüt planlaması için ve ayrıca açılış toplantısında enerji etüt uzmanlarına yardımcı olacaktır. Enerji etüdünü gerektirebilecek ana nedenler, enerji etüdü veya enerji yönetimi sistemleri için yasal veya mali teşvikler, kullanımdan kalkan soğutucular, motorların yetersiz işleyişine/arızalarına bağlı devre dışı kalma süreleri, yüksek bakım maliyetleri, motor kumandasıyla ilişkilendirilebilecek ürün kalite sorunları, kapasite konuları (örneğin hollerdeki yüksek sıcaklıklar, basınçlı hava basıncının çok düşük olması), veya enerji tasarrufu beklentileri vb. olabilir.

3.2. Etüdün Planlanması

Enerji etüdünün ilk adımı planlamadır. Enerji etüdü planlaması sahada yapılabilir ancak sahada yapılması zorunlu değildir. Bilhassa harcanacak zaman ve seyahat mesafelerinin çok fazla olduğu durumlarda, etüt uzmanı veya işletme, telefon ve e-posta ile haberleşmeyi, yüz yüze yapılacak görüşmelere tercih edebilir. Bu aşamada, enerji etüt uzmanları ve etüt edilen işletmenin, etüt hedeflerine ulaşmak için enerji etüdünün kapsamını, ihtiyaç ve beklentileri tanımlamaları beklenir. Bu ilk planlamanın

sonuçları yazıya dökülmelidir; böylece, etüt uzmanının teklifine temel teşkil eder, sonraki aşamalar için kuruluş içinde onay almaya hizmet eder.

En önemli konulardan biri, kaynakların tanımlanması, yani etüt uzmanının etüdü tamamlaması için sağlanacak zaman olacaktır. Bu süre, bu bölümde tartışılacak belirli konulardan etkilenecektir. Ancak çok kaba bir izlenim edinmek için, daha küçük işletmeler için bir günden başlayarak, daha büyük işletmeler için sahada bir hafta arasında değişebilir. Analiz ayrıca, spesifik konuları açıklığa kavuşturmak için ilave ziyaretler, raporlama vs. için de süre eklemek gerekir. Bu süre, mevcut bilgilere ve beklentilere bağlıdır. Örnek vermek gerekirse, bir motor veri tabanı (envanter) mevcutsa, böyle bir veri tabanını sıfırdan oluşturmak yerine, sistemlerin analizi için daha fazla zaman ayrılabilir. Tasarruflara ilişkin ilk kaba tahminler için müteakip bölümlere bakınız. Daha büyük projeler için, iki aşamalı süreç tavsiye edilir: İlkinde, mevcut verilere açıklık getirilir ve enerji tüketim analizi yapılır (temel seviye etüt); ikincide ise, enerji tasarrufu önlemleri tespit edilir (yatırım seviyesi etüt).

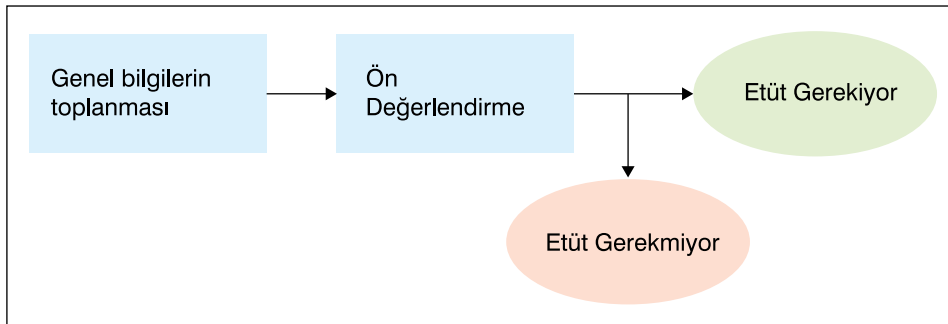
Bu aşamada planlanacak konular ve toplanacak bilgiler:

- Enerji etüdünün tamamlanması için gerekli süre,
- Kuruluş tarafından sağlanan ve gerekli kaynaklar (örneğin enerji etüdü için ayrılmış zaman ve para),
- Kuruluş tarafından sağlanan veriler (örneğin çizimler, geçmiş enerji tüketimi, ölçümler),
- Önceki enerji verimlilik etütlerine dayanarak uygulanmış enerji verimliliği önlemlerinin kopyaları ve özeti,
- Kuruluşun enerji etüdü işlerinden sorumlu temsilcisi.

Bunlara ek olarak, enerji etüt uzmanları, enerji etüdü bağlamını ortaya koymak için bilgi isteğinde bulunabilir, örneğin mevzuat gerekleri, gelecekte yapılması planlanan kapasite artışları, kuruluşun enerji performansını etkileyecek ekipman yükseltme veya yenilemelerine ilişkin bilgileri isteyebilir (EN ISO 50002, s.6-7).

Bu adımda cevaplanması gerekli diğer sorular:

- İşletme yönetimi genel olarak konuya ilgi duyuyor mu?
- Elektrik motor sistemleri enerji etüdünün işletmeye bir yararı olacak mı?



Şekil 3.1: Enerji etüdü planlama adımının iki farklı bölümü

- Yeterli enerji tasarrufu potansiyeli var mı?
- İşletme, etüt uzmanını destekleyebilecek mi?
- Enerji tasarruf önlemlerini sıralamak ve/veya uygulamak için ne gibi maliyet-etkinlik kriterleri veya diğer kriterler kullanılacak?
- Enerji verimliliği önlemlerinin uygulanması için yeterli mali kaynak var mı?

Tesisteki uygulamaları daha iyi anlayabilmek için daha çok motorlara özgü örnek sorular (Gilbert McCoy, kişisel iletişim, 2017) şöyle olabilir:

- Tesis, kullanımdaki ve yedek motorlarla ilgili elektronik veri tabanı sağlayabiliyor mu? Cevap evetse, kopyasını isteyin.
- Tesis, önleyici veya kestirimci bakım yaklaşımı uyguluyor mu?
- Yeni veya değiştiren motorların tümü tek bir üreticiden satın alınıyor mu?
- Tesis, arıza durumunda motorları onar/değiştir kararları için bir politika oluşturmuş mu?
- Arızalanan motorlar sahada mı onarılıyor yoksa onarım için dışarıdan seçilen bir onarım atölyesine mi gönderiliyor? Eğer dışarıya gönderiliyorsa, onarım sırasında en iyi uygulamalar kullanılıyor mu?
- Yeni ekipman spesifikasyonları, sahada çalışan veya ana işletmede çalışan personel tarafından mı geliştiriliyor?
- Enerji hizmet sağlayıcısı kimdir ve hangi tarife üzerinden güç ve enerji sağlıyor?
- Hizmet sağlayıcı, verimlilik önlemleri için etüt desteği veya teşviki veriyor mu?
- Tesis birleşik ısı ve güç santrali işletiyor mu?

Enerji etüdünün planlanması aşaması iki farklı bölümde yapılandırılabilir (bakınız Şekil 3.1).

3.3. İşletme Hakkında Genel Bilgilerin Toplanması

Öncelikle işletme hakkında genel bilgiler toplanmalıdır. Ek 12.1'deki kontrol listesi en önemli bilgileri özetlemektedir: İşletmenin adresi, sektörü, çalışan sayısı, motorların kullanım amacı, işletim süreleri, iletişim kurulacak kişinin adı ve görevi. Etüt uzmanı, soruların çoğunu bizzat internette araştırma yaparak veya ilgili işletmeye telefon ederek cevaplayabilir.

3.4. Ön Değerlendirme

Esas konu, enerji tasarruf potansiyelinin bulunması olduğunda, işletmede kullanılan elektrik miktarı, birim elektrik fiyatı ve toplam elektrik maliyetine bağlı olarak kabaca tahmin edilebilir. Elektrik motorları tarafından kullanılan elektriğin payı, işletmedeki elektrik motorlarının çalıştırılması için ne büyüklükte bütçenin gerekli olduğu hakkında bir fikir verebilir. Endüstride kullanılan elektriğin ortalama %70'i elektrik motorları tarafından tüketilmektedir (IEA, OECD, 2016). Ulusal bazda bu oran daha yüksek olabilir (örneğin Avusturya'da %75'tir). Farklı sektörler için, bu değerler daha yüksek bir aralığa sahiptir (Avusturya ulusal örneği için bkz. Tablo 3.1). Metal döküm, fırın gibi diğer proseslerin çok fazla elektrik tükettiği durumlarda ise bu oran oldukça düşük olabilir.

İkinci gösterge, toplam motor sayısı ve bunların yaşıdır. Buna cevap bulmak için şu sorular sorulabilir: Tesis veya tesisin spesifik bir bölümü ne zaman inşa edildi, elektrik motorlarının son büyük yenilenmesi ne zaman yapıldı (Topmotors, 2015)? Diğer kaynaklar, motorların kimlik numaralarının (ID) analizi olabilir. Bazı tesisler bu numaraları kronolojik olarak tahsis ederken; diğer bazıları, arızalı bir motorun ID numarasını, değiştiren motor için de kullanmaktadır (Gilbert McCoy, kişisel iletişim, 2017), bu elbette motor takimini zorlaştırmaktadır. Bu bilgilere dayanarak, olası tasarruf potansiyeli kabaca tahmin edilebilir. Özellikle bu adım için, "SOTEA" (topmotors.ch, 2015a) adlı bir ücretsiz yazılım aracı, İsviçre'de Topmotors tarafından geliştirilmiştir. Tablo 3.2, gerekli verileri göstermektedir.

Veri girişinden sonra, SOTEA yazılımı, ilgili işletmede elektrik motor sistemlerinin tüketim ve enerji verimliliği potansiyelini hesaplayabilmekte ve tahmin edebilmektedir. Bu bilgilere dayanarak, enerji etüt uzmanı ve işletme, enerji etüdüne devam etmeyi isteyip istemediğine karar verebilmektedir.

Sektör	Elektrik motorları tarafından tüketilen elektriğin toplam tüketimdeki payı
Ahşap	%93
Kimya ve Petrokimya	%92
Kağıt Hamuru ve Kağıt	%90
Gıda ve Tütün	%80
Tekstil	%80
Madencilik	%76
Diğer İmalat	%75
Demir-Çelik	%68
Otomotiv	%65
Taş, Toprak, Cam	%62
Makine	%54
İnşaat	%47
Demir Dışı Metal	%33

Tablo 3.1: Avusturya'da çeşitli sektörlerde elektrik motorları tarafından tüketilen elektriğin toplam tüketimdeki payı (Statistik Austria 2017)

Gerekli Veriler	
Genel	
Yazılım aracı dili	İngilizce
Para birimi	Avro
Ciro	
Toplam iş yeri sayısı	
Ofis iş yeri paylaşımı	
Elektrik	
Elektrik kullanımı	[kWh/a]
Ortalama elektrik fiyatı (mevcut durum)	[Avro/kWh]
Yıllık elektrik maliyetleri	[Avro/a]
Elektrik makinelerinin en son önemli yenilenmesi	

Tablo 3.2: SOTEA için gerekli veri girişi

4. Açılış Toplantısı

Bu bölümde etüdün ikinci adımı, yani açılış toplantısı, ayrıntılı olarak tartışılmaktadır. Bu bölümde ayrıca, toplantı sırasında tartışılacak konular, davet edilecek kişiler ve üst yönetimin nasıl ikna edileceğine dair tavsiyeleri içeren kontrol listesi verilmektedir.

Elektrik motorları alanında enerji tasarrufu veya verimlilik potansiyelinin yeterince yüksek olduğu düşünülürse, enerji etüdünün teknik ve mali kapsamının tanımlanması aşamasına geçilebilir. Genelde, açılış toplantısı işletmenin temsilcisi ve enerji etüt uzmanının bir araya geleceği ilk yer olacaktır. Önceden belirtildiği gibi diğer durumlarda, etüt uzmanı, etüt planlama aşamasında işletmeyi ziyaret etmiş olabilir. Böyle bir ziyaret yapılmışsa, açılış toplantısında bu bölümde gündeme getirilen birkaç nokta açıklığa kavuşturulabilir.

Bu adımda, enerji etüt uzmanı, elektrik motor sistemlerinin enerji tasarruf potansiyeli, tanımlanmış etüt kapsamı, sınırlar ve yöntemler hakkında ilgili tarafları bilgilendirmelidir. Tablo 4.1'de toplantı için bir kontrol listesi verilmektedir; listede yer alan konular bu bölümde tartışılacaktır.

İşletmenin konuya taahhüdünü sağlamak için, açılış toplantısına **şağıdaki kişiler** davet edilmelidir:

- İşletmenin üst yönetimi veya başkanı
- Mali işler müdürü veya denetim müdürü
- İşletmedeki endüstriyel proses uzmanları
- İşletmenin enerji yöneticisi veya enerji konularından sorumlu kişi

Toplantıdan önce	
Sorumlu temsilcilerin açılış toplantısına davet edilmesi	<input type="checkbox"/>
Toplantı için dokümanların hazırlanması	<input type="checkbox"/>
Toplantı sırasında	
Üst yönetimin ikna edilmesi	<input type="checkbox"/>
Enerji etüt uzmanı kuruluştan şunları talep edecektir:	
Enerji etüdünün kapsamı, sınırları ve yöntemlerinin tanımlanması	<input type="checkbox"/>
Enerji etüt uzmanına yardımcı olacak personelin görevlendirilmesi	<input type="checkbox"/>
Etkilenen tarafların işbirliğinin sağlanması	<input type="checkbox"/>
Varsa olağandışı koşulların doğrulanması	<input type="checkbox"/>
Enerji etüt uzmanı, kuruluştan şunlar üzerinde anlaşacaktır:	
Erişime ilişkin düzenlemeler	<input type="checkbox"/>
Sağlık, güvenlik ve emniyet gerekleri (örneğin güvenlik eğitimi, çelik burunlu ayakkabılar)	<input type="checkbox"/>
Mali kaynak mevcudiyeti	<input type="checkbox"/>
Ölçüm ekipmanının kurulumu için gerekler ve izlenecek prosedürler (sertifikalı tesis elektrikçisi, elektrik arkına karşı koruyucu elbise)	<input type="checkbox"/>
Toplantıdan sonra: Eylem planı	
Değerlendirme için bir eylem planı geliştirilecektir	<input type="checkbox"/>
Değerlendirme ekibi ve üst yönetim birlikte kararlaştıracaktır.	<input type="checkbox"/>

Tablo 4.1: Açılış toplantısı için kontrol listesi (EN ISO 50002: 2014, s.7)

Enerji etüt uzmanının görevi, enerji etüdünün gerçekleştirilmesi amacıyla, enerji etüdünün avantajlarına, para ve insan kaynaklarının sağlanmasına dair **üst yönetimi ikna etmektir**. Ayrıca, yönetim ekibi, enerji etüdünün ne kadar önemli olduğuna dair farkındalık sergilerse, çalışanlar etüt için ellerinden geleni yapacaktır.

Bu amaçla, elektrik motorlarının çalıştırılması için güncel enerji maliyetleri ve tasarruf potansiyelinin kabaca tahmin edilmesi ve referanslar listesinin hazırlanması çok yararlı olabilir. Buna ek olarak, etüt uzmanı, elektrik motor sistemlerinde verimliliğin işletmenin stratejik amaçlarına nasıl katkıda bulunabileceğini ve enerji verimliliğinin neden stratejik bir konu olduğunu değerlendirmelidir. Optimize edilmiş verimli motor sistemleri, (önemli bir motor arızalandığında olabilecek) devre dışı kalma riskini azaltarak; üretim prosesleri daha iyi kontrol ederek; bakım, elektrik ve yakıt maliyetlerini düşürerek; karbondioksit emisyonlarını azaltarak; daha az gürültülü ve düşük sıcaklık içeren daha iyi çalışma ortamı yaratarak işletmenin başarısına büyük katkıda bulunabilir. Bu ilave faydalar, enerji dışı faydalar veya kazanımlar olarak adlandırılır ve enerji etüdü yapılmasının ana nedeni olabilir.

Açılış toplantısında tartışılması gereken ana noktalar enerji etüdünün **kapsamı, sınırları ve yöntemleridir**. Enerji etüdünün hedeflerine ilişkin örnekler aşağıdakiler olabilir:

- Spesifik motor tahrikli sistemlerin güncel enerji tüketimini tespit etmek
 - Çeşitli elektrik motor sistemlerinin enerji verimliliği potansiyelini tanımlamak
 - Bu alanda performans iyileştirme fırsatlarını tespit etmek.
- Enerji etüdünün sınırları bakımından, motor sistemlerinin kategorisi, sistemin sınırları (örneğin motor, sürücü, dağıtım sistemi, sistemin son kullanıcısı) ve motorların analiz edildiği bölümün tespit edilmesi çok önemlidir. Sınırların tanımlanması, işletmenin ihtiyaçları, beklentileri, mali kaynakları ve ayrıca enerji etüdünün başlamasından önce sağlanan örneğin çizimler, el kitapları, test raporları, geçmiş hizmet faturası bilgileri, bilgisayar izleme ve kontrol verileri gibi kaynaklardan elde edilebilen bilgilere bağlıdır.
- Ayrıntı düzeyi bakımından, işletme iki etütten birini seçebilir: Temel seviye etüt (ISO 50002'de düzey 1 etüt olarak adlandırılır) veya yatırım seviyesi etüt (ISO 50002'de düzey 2 veya 3 olarak adlandırılır). Yatırım seviyesi etüt, genel olarak temel seviye etüde kıyasla, veri toplama, ölçüm için daha fazla süre ve daha vasıflı kişileri gerektirir. Maliyetler ayrıca güç, akış/debi ve basınç ölçümlerinin doğruluğu ve süresine, ölçümlerin yapılması için gerekli olan üçüncü kişi yükleniciye bağlı olacaktır. Temel seviye etüt için, ölçüm ve raporlama gerekleri önemli ölçüde daha az olacaktır ve böylece, enerji etüdü maliyetleri azalacaktır (EMANZ, 2017, s.7-8).

Aşağıdaki noktalar dikkate alınmalıdır:

- Tanımlanan amaçlar için: Etüde başlamadan önce uygunluk, maliyet-etkinlik ve arzu edilen sonuçları elde etme kapasitesi bakımından inceleme
- Enerji tasarruf önlemleri için: Değerlendirme ve sıralama için kriterlerin tanımlanması
- Rapor için: Biçim ve sürecin keskinleştirilmesi (örneğin işletme personeli tarafından incelenmesi).

Tanımlanmış amaçlara ulaşmak için gerekli yetkinliklerin mevcut olmasını sağlamak amacıyla, **değerlendirme ekibinde** (iç ve/veya dış) aşağıdaki kişiler bulunmalı veya onlara erişilebilmelidir (EN ISO 14414: 2016, 4.2):

- Elektrik motor sistemi analiz yetkinliklerine sahip bir değerlendirici
- Söz konusu etüt/değerlendirme bakımından kuruluşun yetki ve sorumluluğa sahip temsilcisi
- Proses ve sistem fonksiyon uzmanları (operatörler yerine genel sorumluluğa sahip kişiler)
- Elektrik motor sistemleri bakım uzmanları (genel sorumluluğa sahip kişiler)
- Maliyet verilerini ekibe sunabilecek uzmanlar (işletmenin muhasebe görevlisi, ekipman tedarikçileri vb.)

Bir motor tahrikli sistem enerji etüdü için en iyi rehberler, tesis elektrikçisi veya makine bakım grubundan bilgili bir kişi olabilir (Gilbert McCoy, kişisel iletişim, 2017).

Enerji etüt uzmanı, enerji etüdü veya enerji performansını etkileyebilecek, örneğin bakım çalışması, özel ziyaretler (müşteri, düzenleyici vb.), üretim hacmindeki önemli değişimler ve diğer durumlar gibi bazı **olağandışı koşulların mevcut olup olmadığını sorup doğrulamalıdır**. Böylece, olası riskler tespit edilebilecek ve enerji etüt uzmanı bu özel durumlara daha iyi hazırlanacaktır (EN ISO 50002: 2014, s.7). Ayrıca, bu tür olayların enerji tüketim verileri ve uygun ölçüm süresi üzerindeki etkisi dikkate alınmalıdır.

Enerji etüt uzmanı ve değerlendirme ekibi aşağıdakilere erişebilmelidir:

- Değerlendirmenin yürütülmesi için gerekli tesis alanları ve elektrik motor sistemleri
- IE3 veya IE4 gibi yüksek verimlilik sınıfında yeni motor için maliyetler ve onarım maliyetleri (rulman değişimi, sarım yenileme) gibi enerji etüt faaliyetleri ile ilgili ve yararlı bilgilerin toplanması için tesis personeli (mühendislik, işletim, bakım), ekipman satıcıları, yükleniciler ve diğerleri
- Raporun hazırlanması için kullanılacak veri analizinden sorumlu kişiler
- Çizimler, el kitapları, veri çizelgeleri, bakım kayıtları, test raporları, geçmiş hizmet faturası bilgileri, bilgisayar izleme ve kontrol verileri, elektrikli ekipman panelleri ve kalibrasyon kayıtları gibi diğer bilgi kaynakları (EN ISO 14414: 2016, s.9).

Enerji etüt uzmanı ve değerlendirme ekibi, kişilerin yaralanmasını ve ölçüm ekipmanının bozulmasını önlemek için **güvenlik talimatına** uymalıdır.

Ölçüm ekipmanının kurulumu için, birtakım gerekler ve prosedürler takip edilmelidir. Yetkili (kuruluş içi) personele cihazları kurmak üzere izin verilmesi kuvvetle tavsiye edilir. Her durumda, bu kişiler ölçümlere katılmalıdır.

Ölçüm ekipmanına ilişkin olarak, aşağıdaki sorular açılış toplantısında tartışılmalıdır:

- Seçilen ölçüm yöntemi uygun mu?
- Dikkate alınması gereken özel durumlar var mı, örneğin üretime ara verilebilir mi, sıcak akışkan hatlarındaki ölçümlerin yapılması için yalıtımın kaldırılması gerekecek mi?
- Tehlikeli ölçüm ortamı nedeniyle özel ölçüm ekipmanı gerekli mi?
- Enerji etüt süreci için ne düzeyde ölçüm doğruluğu gerekecek?

Enerji etüt uzmanı ve değerlendirme ekibi, tartışılan konuları anlamlı bir **eylem planına** dönüştürmek için açılış toplantısı sırasında notlar almalıdır. Bu plan, enerji etüt uzmanı ve değerlendirme ekibinin tüm planlanan faaliyetlerini ve ayrıca enerji etüt sürecinde işletmenin yürütmesi gereken faaliyetleri içermelidir. İyi tasarlanmış ve kapsamlı bir eylem planı, enerji etüdünün müteakip adımlarını sadeleştirebilir. Ayrıca, enerji etüt sürecine katılan kişilerin prosesleri ve etüdün yapısını daha iyi anlamalarını sağlar.

Açılış toplantısının son gündem maddesi, yönetimin enerji etüdü taahhüdüne ayrılmıştır. Mümkün olduğu sürece, yukarıda değinilen tüm noktalar açıklığa kavuşturulmalı ve üzerinde anlaşmaya varılmalıdır.

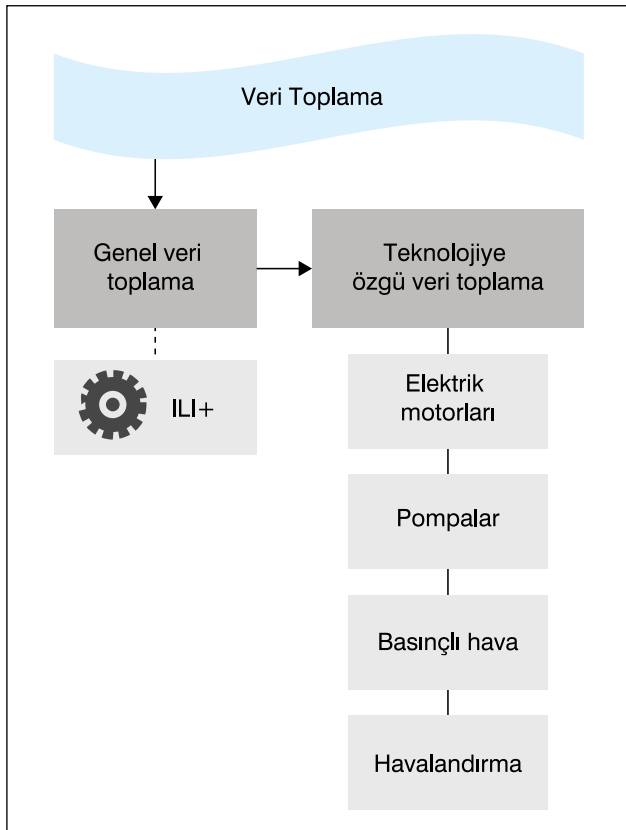
5. Veri Toplama

Bu bölümde, metodolojinin üçüncü adımı açıklanmaktadır. Bu adım, genel veri toplama ve teknolojiye özgü veri toplama olarak oluşan iki aşamayı içerir. Ek'te, çeşitli teknolojiler için veri toplama çizelgeleri verilmektedir.

5.1. Olası Veri Kaynakları, Veri Toplamının Özeti

Veri toplamaya başlamadan önce, örneğin enerji yönetim sistemi veya bakım bilgisi gibi işletmede mevcut bilgilerin kontrol edilmesi tavsiye edilir. Yararlı bilgiler şunlar olabilir (ISO 50002: 2014, s.8):

- Enerji tüketici prosesler, sistemler ve ekipmanın listesi (örneğin motorlar, pompalar, fanlar)
- Yedek olarak tutulan motorlar veya tahrik edilen ekipman hakkında bilgi
- Geçmiş ve güncel enerji performansı
- Enerji tüketimini etkileyen ilgili değişkenler
- Önceki enerji etüt çalışmaları
- Ekipman ve ölçümlerin izlenmesi
- Tasarım, işletim ve bakım dokümanları
- İlgili personel için eğitim gerekleri
- Enerji tasarruf önlemlerinin uygulanmasına dair karar süreci.



Şekil 5.1: İki aşamalı veri toplamanın özeti

İşletmede elektrik motorları ve enerji yönetimi bakımından, motor politikasına ait unsurların (örneğin satın alma kriterleri, envanter listesi, onarım ve bakım gerekleri) halihazırda uygulanmakta olup olmadığı kontrol edilmelidir.

Enerji etüt metodolojisinin "Veri Toplama" adımı iki aşamaya ayrılabilir (ayrıca bkz. Şekil 5.1):

- Aşama 1: Elektrik motoru tahrikli sistemler için teknolojiye bağımsız veya genel veri toplama
- Aşama 2: Aşama 1'de seçilen sistemlerde teknolojiye özgü veri toplama.

5.2. Elektrik Motor Sistemleri için Genel Veri Toplama

Veri toplamada birinci adım, elektrik motoru ile tahrik edilen sistemlere ait verilerin kaba bir analizinin yapılmasıdır. Bu yüzden, genel veriler, her motor için örneğin bir Excel sayfasında toplanmalıdır.

Teknolojiye özgü veri toplamanın odağı olmasına rağmen, bu birinci aşamada motor etiketi üzerindeki tüm verilerin toplanması yararlı olabilir: Mahfaza tipi, montaj konfigürasyonu, anma gerilimi, tam yük akımı ve tam yük verimi (herhangi bir değer belirtilmemişse, motor IE1 veya IE0 sınıfındadır). Ayrıca yüksek torklu veya alev dayanıklı motor gibi özellikler de derlenmelidir.

Sonraki adım, ilk olarak, motorların enerji tüketimine göre sıralanması ve ikinci olarak da, kontrolsüz olarak yüksek enerji tüketen eski motorların daha ayrıntılı analiz için seçilmesidir.

Motorların sıralanması

Listedeki motorlar, aşağıdaki kriterlerin uygun bir bileşkesine göre sıralanacaktır:

- Motor yaşı (örneğin 10 yaş üzeri)
- Motor anma gücü (örneğin 37 ila 375 kW aralığında AC motorları üzerine odaklanma)
- İşletim süresi (örneğin 3.000 saat üzeri)

Gerekli Veriler	Örnek
Motor numarası (No.)	1
Yapım, satın alma veya kurulum yılı	1999
İşletim süresi	3.000
Frekans dönüştürücü var mı?	yok
Mekanik nominal güç	100 [kW]
Kutup sayısı	4
Tahrik ettiği ekipman	Taşıyıcı kayış

Tablo 5.1: Tüm motor tahrikli sistemler için minimum olarak toplanacak genel veriler

Akıllı Motor Listesi

Enerji verimliliği ve potansiyel iyileştirme önlemleri üzerine odaklanarak, mevcut motor tahrikli sistemlerin analizine yönelik, Topmotors tarafından geliştirilen ve www.topmotors.ch sitesinden erişilebilir olan "Akıllı Motor Listesi" (ILI+) kullanılabilir. Yukarıda verilen bilgilere ek olarak (Tablo 5.1), enerji etüt uzmanı aşağıdaki kriterleri tanımlamalıdır:

- % cinsinden maksimum tasarruf potansiyeli oranı (örneğin %50)
- x yaşından daha büyük yaş (örneğin 15 yaş)
- Yıllık işletim süresi > x saat (örneğin x = 3.000 sa)
- Motorların anma gücü > x kW (örneğin x = 10 kW)
- Frekans dönüştürücüsüz motorlar (örneğin "evet" – sistemde frekans dönüştürücü olmadığında)
- Uygulama (pompa, vantilatör, basınçlı hava sistemi, soğutucu sistemler, diğerleri vb.) (örneğin evet)

ILI+ aracı, yukarıda değinilen kriterlere bağlı olarak en uygun motor tahrikli sistemleri listeler.

5.3. Teknolojiye Özgü Veri Toplama

Daha ayrıntılı verilerin toplanacağı sistemlerin seçimi, birinci aşamaya dayanır, ancak ek olarak, teknolojiye özgü birkaç kriter de dikkate alınabilir. Bu bölümde, her teknoloji için kriterler belirlenmiş ve spesifik veriler tanımlanmıştır.

Teknolojiye özgü veri toplama aşağıdaki teknolojilere ayrılır:

- Elektrik motorları
- Pompa sistemleri
- Havalandırma sistemleri
- Basınçlı hava sistemleri

Farklı sistemler için veri toplamanın çok zaman alabileceği ve tüm verilerin mevcut olmayacağına dikkate alınması önemlidir. Enerji etüt uzmanının görevi, veri eksikliği olsa bile, daha fazla "verimlilik hedefi" için en önemli enerji tasarruf önlemlerini tespit ve tavsiye etmektir. Veri eksikliğini gidermek için çalışmaya devam etmenin mümkün olmadığı durumda, alt sayaçların (ölçüm cihazları) kurulması ve etüdün ertelenmesi gerekebilir. Dolayısıyla, etüt uzmanının bilmek istedikleri ile işletmenin makul bir zaman dilimi içinde ve makul çabıyla iletebileceği veriler arasında her zaman bir denge gözetilir.

İki farklı veri bulunmaktadır, bunların her biri için birkaç kaynak mümkündür:

- Yapım ve tasarım verilerinin kontrolü için: Motor etiketi, teknik veri çizelgeleri, üreticilerin çevrimiçi veri tabanları, tasarım dokümanları, çizimler
- Kullanımda olan ekipmanın kontrolü için: Muayene ve devreye alma protokolleri, bakım kayıtları, izleme ve kontrol sistemi verileri, alt sayaç verileri, bina kontrol sistemi, boru ve enstrümantasyon şeması, ölçüm protokolleri, işletim verileri (örneğin ekipman panellerinde erişilebilir), proses akış şemaları, operatörlerin sözlü olarak verdiği bilgiler.

5.3.1. Elektrik Motorları

Ayrıntılı veri toplama, aynı zamanda işletmenin ilgili irtibat kişisi ile birlikte saha ziyareti sırasında özellikle kontrol edilecek olan, aşağıdaki özelliklere sahip motorlara odaklanmalıdır (UNIDO, 2015):

- Yüksek enerji tüketen motorlar
- Eski motorlar
- Yüksek bakım gereksinimi olan motorlar
- Değişken hız uygulamasında kullanılan sabit hızlı motorlar
- Yardımcı ekipman
- Verimsiz tahrik sistemleri
- Tavsiye edilen verimlilik önlemini yaygınlaştırma imkanına sahip motorlar

Genel verilere ek olarak, ilave spesifik veriler toplanmalıdır.

Üç tip veri gereklidir (veri toplamaya yönelik tablolar için bkz. Ek 12.4.1):

- Genel motor verileri (örneğin kavrama tipi, motor tipi (AC veya DC), üretici)
- Elektrik motor sisteminin spesifik/teknik verileri (örneğin senkron hız, tam yük verimi, tam yük akımı, mahfaza tipi, tam yük güç faktörü vb.)
- Elektrik motorlarının işletim profili.

5.3.2. Pompa Sistemleri

Ayrıntılı veri toplama, aşağıdaki özelliklere sahip pompalara odaklanmalıdır (ISO 14144: 2016):

- Talepten bağımsız çalışan pompalar
- Vana kısılarak çalıştırılan pompa sistemleri
- Bir kontrol devresine devridaim akışı sağlayan pompa sistemleri
- Büyük debi veya basınç değişikliklerine sahip pompa sistemleri
- Çalışan pompa sayısının değişen koşullara göre ayarlanmadığı çoklu pompa sistemleri
- Önemli kullanıcıların basınç gereksinimlerini ayarladığı çoklu son kullanımlara hizmet eden sistemler
- Oyuk oluşmasına neden olan ekipman
- Yüksek titreşimli ve/veya gürültülü pompalar, motorlar veya boru sistemleri
- Yüksek bakım gereksinimi olan ekipman
- İşlevsel gereklerin zamanla değiştiği, ancak pompaların değişmediği sistemler
- Yıpranmış, aşınmış, paslanmış, çarpılmış veya kırılmış çarklar/kanatlar veya aşınma halkaları
- Düşük pompa sistemi verimi göstergesi
- Tıkanmış boru hatları veya pompalar
- Sıkışmış valfler veya sızdıran devridaim valfleri
- Soğutma gerektiren, özellikle yüksek sıcaklıktaki sızdırmazlık sistemleri
- Mevcut pompa eğrisi

Daha ileri analiz için, aşağıdaki türden ayrıntılı veriler gereklidir (veri toplamaya yönelik tablolar için bkz. Ek 12.2.2)

- Motor verileri (örneğin kavrama tipi, motor tipi (AC veya DC), verimlilik, üretici),

- Pompa ve kontrol verileri (üretici, model, debi, mil gücü, statik veya değişken debi, kontrol tipi)
- Dağıtım sistemi (çap, malzeme, takılı bağlantılar)
- Sıvı özellikleri (adı, sıcaklık, yoğunluk, viskozite, katı oluşumu)
- Tüketici verileri (basınç, debi gereği)
- İşletim profili (günlük işletim süresi, haftada kaç gün, yük yüzdesi vb.).

5.3.3. Havalandırma Sistemleri

Ayrıntılı veri toplama aşağıdaki özelliklere sahip fanlar ve havalandırma sistemlerine odaklanmalıdır:

- Gereksiz çalışma
- Değişken talep
- Kurulumdan bu yana sistemde önemli değişiklikler (örneğin debinin %20'den daha fazla değişmesi)
- Giriş veya çıkış damperleri kullanılarak debi kontrolü
- Yıpranmış, aşınmış, yalama olmuş veya kırılmış kanatlar
- Filtrelerde basınç kaybı
- Havanın tüm salondan çıkarılması (spesifik bir konum yerine)
- Bakım planı olmaması, veya bakım planının sorunlara işaret etmesi
- Mevcut fan eğrisi

Aşağıdaki türden veriler gereklidir (veri toplamaya yönelik tablolar için bkz. Ek 5.3.3)

- Motor verileri (örneğin kavrama tipi, motor tipi (AC veya DC), verimlilik, üretici)
- Fan verileri ve kontrol bilgileri (üretici, model, verim kaybı, nominal debi, fan çapı, kontrol türü, statik basınç)
- Kavrama (sürücü kavraması, kasnak çapı, ölçülmüş fan hızı)
- Dağıtım kanalı (uzunluk, çap, malzeme)
- Hava özellikleri (sıcaklık, hava kalitesi, içerik maddeleri)
- Tüketici (proses/alan adı, toplam debi gereği, toplam basınç gereği)
- İşletim profili
- Bakım bilgileri.

5.3.4. Basıncılı Hava Sistemleri

Bir işletmede genellikle, pompa, fan veya motor sayısı kadar hava kompresörü bulunmaz. Bu yüzden, kurulu elektrik kapasitesi ve işletim süresine bağlı olarak genel veri toplamanın, basınçlı hava sisteminin önemli bir son kullanıcı olduğuna işaret ediyorsa, daha sonra tesisteki tüm kompresörler ayrıntılı analize dahil edilmelidir. Çünkü basınçlı hava sistemleri tipik olarak çok sayıda kompresörden oluşur. Halihazırda kullanılmayan küçük kompresörler dahi, sisteme bağlandıklarında enerji tasarrufuna katkıda bulunabilir.

ISO 11011'in ekleri, basınçlı havaya özgü etüt için, hava temizlemeyi de içerecek biçimde, basınçlı hava sistemi analizine yönelik oldukça ayrıntılı veri çizelgeleri sağlamaktadır. En önemli tasarruf fırsatlarına ilişkin ilk değerlendirme için, Ek 5.3.4'te listelenen veriler toplanmalıdır. Örnekler şunlardır:

- Kompresör verileri, basınç seviyesi (üretici, model, kompresör tipi, tahrik motoru anma gücü (kW), maksimum işletim basıncı)
- Debi kontrol tipi (modüle edici, yükte/yüksüz, çok adımlı, değişken deplasman, frekans dönüştürücü)
- Boru sistemi bilgileri (malzeme, çap, uzunluk, sistem basıncı düşüşü)
- Son kullanım bilgileri (proses adı, debi, basınçla regüle edilen kullanım)
- İşletim profili (günlük işletim süresi: Hafta içi günlerde vardiya başına ve hafta sonu)
- Kurutucu tipi (soğutulmuş veya periyodik işletimli soğutucu, ikiz kule nem çekici tip)
- Alıcı veya depolama hacmi
- Kondens boşaltıcı tipi
- Kompresör ısı geri kazanımı
- Kaçak tespit ve giderme programı hakkındaki bilgi.

6. Ölçüm Planı

Bir enerji etüdünün tamamlanması için, sahada veri ölçümleri gerekli olabilir. Bu bölümde, bir enerji etüdünün dördüncü adımı açıklanmaktadır. Ölçüm gereklileri verilmekte ve ölçüm planı hazırlamaya başlamadan önce dikkate alınacak spesifik yönler belirtilmektedir. Daha sonra ölçüm planı açıklanmakta, ardından ölçüm süreci ve ölçüm ekipmanı için seçim kriterleri özetlenmektedir.

6.1. Ölçülecek Sistemlerin Seçilmesi

Bir işletme içindeki tüm sistemlerin ölçülmesi mümkün değildir. Enerji tasarruf potansiyelinin değerlendirilmesi için, bu sistemlerin dikkatli biçimde seçilmesi ve bu yüzden alt bölümde listelenen sorunların doğrulanması gerekir. Daha sonra, etüt uzmanı, etüt raporunda nihai teklifin sunumuna kadar gerekli verileri adım adım ayrıntılandıracaktır.

Etiket verileri ve tahmin edilmiş işletim süresinin analiz edildiği “Genel Veri Toplama” adımından sonra, ölçümler en önemli enerji kullanıcılarının belirlenmesi/doğrulanması için kullanılmalı; böylece, birçok tesis kurulu alt sayaçlara sahip olmadığından, tesisdeki enerji akışları incelenmelidir. En çok enerji tüketen prosesler muhtemelen en büyük tasarrufları sağlayacaktır.

Ölçümler, potansiyel enerji tasarruf fırsatları hedeflenirken de işe yarar. Elektrikli ekipman için, önceliklendirme kesinlikle gereklidir. Kriterler, “Veri Toplama” ve “Saha Ziyaretinin Gerçekleştirilmesi” adımlarında tanımlanmaktadır ve genellikle tesis personeli, eski ve değiştirilmesi gerekebilecek veya “sorunlu” ekipman olduğu bilinen ekipmanın tespit edilmesine yardım edecektir. Kısa süre önce belki de bir frekans dönüştürücü takılarak optimize edilen ekipman ölçülmeyecektir.

Enerji tasarruf hesaplaması için temel oluşturmak amacıyla, enerji tüketimi ve ortalama yük ve işletim süresi de dahil olmak üzere, enerji tüketen sistemin performansına (verimliliğine) ilişkin referans düzeyi doğrulamak üzere ölçümler gereklidir. Ayrıca, optimize edilecek sistemin daha iyi anlaşılması için aşağıdaki amaçlara yönelik olarak da ölçüm gereklidir:

- Varsayımların doğrulanması, örneğin sabit işletim koşulları olan sistemler üzerinde noktasal girdi kW ölçümleri;
- Ekipmanın yük gerekleri ile eşleşip eşleşmediğinin kontrol edilmesi (başlangıç torku dahil, maksimum ve ortalama yük noktası);
- Pompa veya fan eğrisi üzerinde işletim noktalarının tespit edilmesi;
- Yıllık işletim süresinin incelenmesi veya sabit işletim koşullarına, ancak aç/kapa kontrolüne sahip sistemler hakkında operatörler tarafından verilen bilgiler doğrulanması;
- Bileşen boyutu, performansı ve veriminin nasıl iyileştirileceği, değişken debiye sahip sistemlere göre kontrol stratejisinin, enerji talebini nasıl etkilediğinin anlaşılması;
- Hafta içi ile hafta sonu veya tatilde işletim karşılaştırılarak, veya birinci ve ikinci vardiyada saatlik enerji kullanımı kar-

şılaştırılarak, örneğin bir gıda işleme tesisinde temizlik vardiyası gibi, farkların anlaşılması;

- Tesisin devre dışı kalma süresi boyunca basınçlı hava sistemlerinde hava kaçak oranının belirlenmesi;
- Tesiste elektrik talebi sınırlandırmasının önemli faydalar sağlamanın mümkün olup olmayacağını belirlenmesi;
- Vb.

6.2. Ölçümlerden Önce

Fiilen ölçüme geçmeden önce, enerji etüt uzmanı veya enerji yöneticisi, tüm mevcut ölçüm noktalarından alınmış verileri toplamalıdır. Buna ek olarak, aşağıdaki noktalar dikkate alınmalıdır:

- Alt sayaç verileri veya izleme veya kontrol sisteminden gelen veriler halihazırda ilgili verileri içerebilir.
- Tesis personeline, herhangi bir ekipmanın rutin biçimde izlenip izlenmediğinin sorulması tavsiye edilir. Kestirimci bakım programlarına sahip işletmeler genellikle motorlar veya diğer ekipman için saha ölçümlerini alır ve trendleri tespit eder.
- Bazı ekipman için kontroller örneğin işletim koşullarının rutin olarak izlendiği ve saklandığı soğutma sistemlerinde “veri tarihçisi” özelliklerine sahip olabilir.
- Bazen ölçümler, istendiğinde verilecek biçimde hazırdir.

6.3. Ölçüm Planı Unsurları

Ölçümlerin yapılmasına karar verildiğinde ve gerekli çabalara bağlı olarak, etüt uzmanı ve kuruluş tarafından ölçüm planı üzerinde mutabık olunması tavsiye edilir. Bu plan, ölçümün hedefine bağlıdır. Aşağıdaki iki konu, daha aşağıda değinilen ölçüm unsurlarına ek olarak ölçüm planının başlangıç noktası olmalıdır:

- Ölçüm kapsamı ve amacının tanımlanması (örneğin bir motorun mevcut enerji kullanımı veya spesifik bir tasarruf önleminin değerlendirilmesi için)
- Sistem sınırlarının tanımlanması (örneğin sadece pompasının elektrik motoru).

Bundan sonra, ölçülecek, hesaplanacak veya tahmin edilecek parametreler, ölçüm cihazları ve bunların doğruluğu ve ayrıca uygun zaman aralığı seçilebilir. Genel olarak, ölçümün (ölçüm ekipmanının takılması) kuruluş personeli, özellikle tesis elektrikçisi tarafından yapılması tavsiye edilir. Örneğin sigorta gerekçeleriyle, ABD’deki çoğu fabrikada, elektrik ölçüm cihazlarının, yüz koruyucusu, eldivenler ve elektrik arkına karşı koruyucu elbiseyle korunan yetkili tesis elektrikçileri tarafından kurulması zorunludur. Bunun için ayrıntılı bir izleme planının hazırlanması gerekir çünkü çok sayıda güç kütükleyci ve diğer cihazların gönderilmesi, takılması ve sonra sökülmesi gerekir (Gilbert McCoy, kişisel iletişim, 2017).

ISO 50002'ye göre, ölçüm planı aşağıdaki noktaları içermelidir; bunların her birinin kısa açıklaması verilmektedir:

- Mevcut ölçüm noktaları listesi (bu bilgilerin toplanması için bkz. Ek Tablo 12.32)
- İlave ölçüm noktalarının tespit edilmesi: Bu işlem ölçümün amacına bağlıdır (bir sistemin besleme, dağıtım ağı ve son kullanıcılarında farklı ölçüm noktaları ile bkz. Ek Tablo 12.33).
- İlgili ölçüm belirsizliği: Ölçüm belirsizliği, bir hassasiyet ve güven seviyesi ile tanımlanır. Hassasiyet, doğru tahmin civarındaki hata sınırını ifade eder (tahmin civarındaki aralık). Güven ise, tahminin hassasiyet aralığında olma olasılığını ifade eder. Sair şekilde belirtilmedikçe, ölçülerin güven seviyesi muhtemelen %95'tir. Bazı ölçerler, maksimum okuma rakamına göreli hassasiyet verir, bu yüzden fiili ölçme hassasiyeti daha düşük olabilir.
- Ölçüm süresi: Referans düzey ölçümünün süresi değerlendirilirken, işletimin tüm tipik zaman aralıkları ölçülecektir (ISO 11011: 2013, 7.7.2). Ölçüm, tüm diğer etki eden faktörlerin bilindiği (örneğin üretim hızı, bina içindeki ve dışındaki sıcaklık, binadaki işçiler) bir zaman aralığında yapılmalı ve en yüksek yüklü (özellikle başlangıç koşulları) durumları içermelidir. Bazı durumlarda, anlık ölçüm yeterli olabilir; çoğu durumda, ayrıca bir haftalık veya on günlük bir ölçüm zaman aralığı (birinci hafta verilerinin doğrulanması için) tavsiye edilebilir.

Uygulamada, yük üzerinde etkiye sahip tüm olası etki faktörlerinin değerlendirilmesi için, motor tahrikli sistemin işletim profili, operatör tarafından açıklığa kavuşturulmalıdır. Veri kü-tükleme süresi ve örnekleme aralığı oluşturulmalıdır.

Dış sıcaklığa bağımlı sistemler (örneğin HVAC veya soğutucu sistemler) için, dış sıcaklığın geniş aralığında yer alan ölçüm zaman aralığı seçilerek yıl boyu tüketim (dış sıcaklığa bağlı olarak) modellenmelidir. Genel olarak, bu tür hesaplamalar önceden tanımlanan modeller yoluyla hesaplama programlarında yapılır; ölçülen değerler daha sonra modelin referans düzeyini düzeltmek için kullanılır. Tüm bu durumlar ve ayrıca diğer veri kaynakları için, geçmişteki işletim bilgileri kontrol edilmelidir (örneğin kontrol sistemleri, şebeke yük analizi).

- Veri aralığı: Dinamik olaylar kaydedildiğinde, ölçülen olayın süresinden en az bir derece daha küçük veri aralığı uygulanacaktır (sistemde dinamik olayın bir saniyelik süreye sahip olması halinde, olayın karakterize edilmesi için veri aralığı bir saniyenin onda biri veya daha az olmalıdır) (ISO 11011: 2013, 6.2.3).
- Temsil edici zaman aralığı: Gerekli zaman aralığı mevcut enerji kullanımları ve proseslerine göre değişkenlik gösterecektir (ISO 50002: 2014, A.4.2). Tipik aralıklar üretimde planlanmış veya planlanmamış değişiklikler için temsil edicidir. Değişiklikler haftanın gününe, piyasa koşullarına ve hammadenin mevcudiyetine bağlı olarak mevsimsel olabilir (ISO 11011: 2013, 7.7.1). "Sistemin işletim koşullarının sabit olması veya zamanla sadece minimum olarak değişkenlik göstermesi halinde, işletim koşullarının anlık

görüntüsü sistemin değerlendirilmesi için yeterli olabilir. Sistem üzerindeki talepler zamanla değişkenlik gösteriyorsa, değerlendirme ekibi, sistemin zaman içinde izlenmesine gerek duyulup duyulmadığını ve tüm işletim koşullarının temsil edilmesi için hangi zaman aralığının makul olduğunu belirleyecektir" (ISO 14414: 2016, 5.6.2).

- İlgili değişkenler enerji performansını etkileyen ölçülebilir değişkenlerdir. Örnekler arasında üretim parametreleri (üretim hacmi, üretim hızı veya motor sistemleri için basınç, debi, sıcaklık), hava koşulları (dış sıcaklık, nem), işletim süresi, işletim parametreleri sayılabilir (ISO 50006: 2014). Uygun olduğunda, bu verilerin kuruluş tarafından sağlanması gerekir. Gerekli diğer bilgiler, örneğin damper konumu vb.yi içerir. İlgili değişkenin seçilmesi için, regresyon analizi yararlı olabilir (örneğin bkz. EVO, 2012).

Aşağıdaki projeler için, çekilen güçteki değişiklikler ölçülmelidir: Motorlar, fanlar ve/veya pompaların değiştirilmesi, frekans dönüştürücü takılması, dağıtım sistemlerinde basınç kaybının azalması gibi. İşletim süresinin kontrolü (örneğin pompa ve fan işletiminin kontrol edilmesi için sensör takılması) azalmasıdaki değişiklikler için, işletim süresi ölçülmelidir. Çekilen güç bu durumda tedarikçi verilerine dayanarak tahmin edilebilir. EVO 2012'ye göre, bu durum Seçenek A'yı ifade eder.

- Ölçüm sorumlulukları açıklığa kavuşturulmalıdır. İlke olarak, ölçümden etüt uzmanı sorumludur. Ölçülerin kurulumu için, diğer kişiler dahil edilebilir (örneğin bu konuda uzmanlaşmış kişiler gereklidir).

- ISO 11011'e göre, ölçüm ekipmanı, belirlenen aralıklarda veya kullanım öncesinde ölçüm standartlarına göre kalibre edilecek, doğrulanacak veya her ikisi birlikte yapılacaktır. Hiçbir standardın olmaması halinde, kalibrasyon için kullanılan dayanak kaydedilecektir (ISO 11011: 2013, 6.2.2.). Ölçüm için kullanılan tüm cihazlara ilişkin en son kalibrasyon bilgileri kayıtlı olmalı, doğruluk bilgileri raporda verilmelidir. Etüt uzmanı, işletmenin kalibrasyon kayıtlarına erişime sahip olmalıdır; ölçüm planı ekipmanın kalibrasyonunu içermelidir (uygulanabilir ve makul ise).

6.4. Ölçüm Süreci

Ölçüm için, ISO 50002 Ek'inde değinilen ve Şekil 6.1'de gösterilen, ölçüm planının uygulanması sırasında üç önemli aşama bulunmaktadır. Bu şekil, ölçümün planlanması için kontrol listesi olarak kullanılabilir.

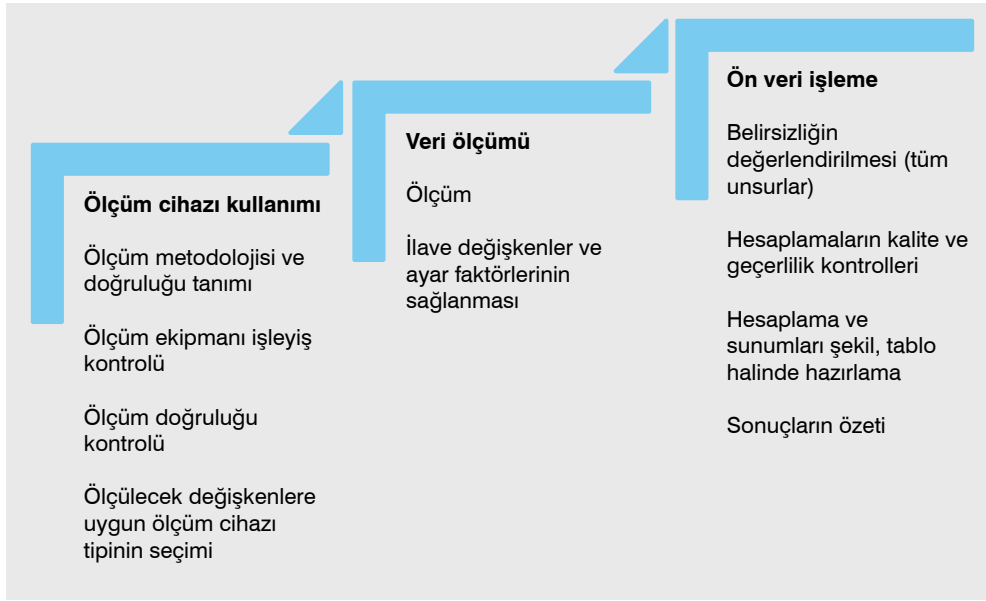
6.5. Motor Tahrikli Sistemler için Ölçüm Ekipmanı Seçimi

Doğru ölçüm cihazının seçilmesi, ölçüm planının diğer bir önemli noktasıdır. Tablo 6.1, etüt metodolojisinde açıklanan tüm motor tahrikli sistemler (fan sistemleri, pompa sistemleri, basınçlı hava sistemleri ve elektrik motorları) için ölçüm ekipmanına yönelik tavsiyeleri içermektedir.

Genel olarak, motor tahrikli sistemlerin enerji tüketimi belirlenirken en yüksek öncelik güvenlidir. Motor sistemleri yükü, gerilim dengesizliği ve güç faktörünün belirlenmesi için, gerilim ve akım ölçümleri gereklidir. Ancak güvenlik uygulamaları ve gereklerine uyulması, elektrik hatlarının ulaşmazlığı ve akım transdüserinin boyutu nedeniyle, bunu yapmak mümkün olmayabilir veya çok zaman alıcı olabilir. Sürekli olarak

anma yükünün %50'si üzerinde yükte çalışan motorlar için, gerilim kompanseli akım ölçümleri, motor yükünün tahmin edilmesi için yeterli olabilir. Güç ölçümü bakımından geçerli sonuçlar elde edebilmek için, güç ölçer aşağıdaki özelliklere sahip olmalıdır:

- Değişken (ayarlanabilir) frekanslı sürücüler gibi doğrusal olmayan yükler tarafından çekilen çarpık akım dalga biçimlerini ölçmek için gerçek bir etkin değer ($\sqrt{\text{kare ortalamalarının kökü}}$) (RMS) ölçüm cihazı kullanılmalıdır. RMS ölçer, AC akımının gerçek etkin değerini verir.
- Tepe faktörü, akımın tepe değerini etkin gerçek RMS değerine bölerek akımın dalga biçiminin şeklini tanımlayan bir faktördür. Mükemmel bir sinüs dalgası için, tepe faktörü 1,414'tür. Tepe faktörü 3 olan bir güç ölçer tavsiye edilir.
- "Bant genişliği, ölçerin doğru ölçümler yapabildiği akım frekansları aralığını ifade eder" (Fluke, 2017). Çarpık dalga biçimi, 50 Hz'nin katları olan frekanslara sahip birkaç sinüs dalgasından oluşur. 1 kHz bant genişliğine sahip ölçer, çoğu ticari ve endüstriyel güç sistemlerinde yeterlidir.



Şekil 6.1: Ölçüm planı hazırlama ve uygulama aşamaları (ISO 50002, Ek A7)

Uygulama	Tavsiye edilen ölçüm sistemi (taşınabilir)	Tavsiye edilen ölçüm sistemi (sabit)
Elektrik motoru	Elektrik güç tüketimi: Güç ölçer	Elektrik güç tüketimi: Güç ölçer
Fan sistemi	Debi: Kanatlı rüzgar ölçer Elektrik güç tüketimi: Güç ölçer	Debi: Basınç farkı ölçme yöntemi Girdap ölçme yöntemi Kızgın telli rüzgar ölçer
Pompa sistemi	Debi: Ultrasonik debi ölçme yöntemi (Dıştan takmalı sistem) Elektrik güç tüketimi: Güç ölçer	Debi: Basınç farkı ölçme yöntemi Elektromanyetik ölçme yöntemi
Basınçlı hava sistemi	Elektrik güç tüketimi: Güç ölçer	Debi: Kızgın telli rüzgar ölçer Basınç: Manometre Isıl basınç ileticisi

Tablo 6.1: Tavsiye edilen ölçüm sistemleri

Doğru debimetrenin seçilmesinde, aşağıdaki parametreler önemli rol oynamaktadır:

- Yığışım (toplamsallık) zelliđi
- Ölçülecek akışkanın zellikleri
- Karşılık gelen boru çapı ve malzeme
- Basınç kaybı
- İşletim basıncı
- İşletim sıcaklığı
- Reynolds sayısı
- Giriş ve çıkış kesitleri
- Akış yönü
- Patlama koruması
- Borular
- Kurulum konumu (dirsekler, kontrol valfleri veya akış profillerini etkileyebilecek diğer cihazların akış aşağısındaki boru çapları).

Bu kriterlere bağlı olarak, spesifik uygulamalar için uygun debi lme yöntemi, Ek 12.3.3'te Tablo 12.34 kullanılarak seçilebilir.

7. Saha Ziyaretinin Gerçekleştirilmesi

Bu bölüm, saha ziyaretinin nasıl yapılacağını açıklamakta; esasen, ziyaret sırasında kontrol edilecek verimsiz sistem işleyişiyle ilgili koşulları listelemektedir. Saha ziyareti, enerji etüt uzmanının enerji etüt kapsamı, sınırları, amaçları ve muhtabık olunan yöntemlere göre enerji tüketiminin değerlendirilmesini sağlar. Bu aşamada, enerji etüt uzmanı ayrıca ön fikirler, imkanlar, işletimsel değişiklikler veya enerji performansı iyileştirmesine yol açabilecek teknolojiler üzerinde düşünür. Saha çalışması sırasında, enerji etüt uzmanı, kuruluş içindeki enerji kullanımlarını gözlemler ve bunları "Veri Toplama" aşamasında elde edilen bilgilerle karşılaştırır. Genellikle, işletme temsilcisi tüm bilgilere sahip dahildir veya bilmez. Özellikle bu alanlar yerinde kontrol edilmelidir. İlave bilginin gerekli olduğu prosesler listelenmelidir. Etüt uzmanı, ölçümler ve geçmiş verilerin normal işletimi temsil edici olduğundan emin olmalıdır; işletimsel kontrol ve davranışlar hakkında bilgiler saha ziyareti sırasında toplanabilir.

Saha ziyareti sırasında, ölçme veya izleme ekipmanı kurulmalı ve ilgili dokümanlara erişim sağlanmalıdır (ISO 50002: 2014, bölüm 5.6.2., 5.6.3).

Saha ziyaretinde, enerji etüt uzmanı, motor sistemlerinin daha ayrıntılı analiz edilmesine yönelik kriterleri kontrol eder ve ilgili sistemler için veri toplamayı tamamlar. Genel veri toplama, basınçlı hava kompresörlerinin önemli olduğunu gösterirse, basınçlı hava sistemleri her durumda araştırılmalıdır.

Motorlar	Pompalar	Fanlar
<ul style="list-style-type: none">Yüksek enerji tüketen motorlarEski motorlarYüksek bakım gereksinimi olan motorlarDeğişken hız uygulamasında kullanılan, sabit hızlı motorlarDüşük gerilimde işletimGerilim dengesizliğiYardımcı ekipmanTavsiye edilen verimlilik önlemini yaygınlaştırma imkanına sahip motorlarVerimsiz tahrik sistemleri (kavramalar, dişli kutuları, bantları kontrol edin)	<ul style="list-style-type: none">Proses gereklerinden bağımsız çalışan pompalarVana kısılarak çalıştırılan pompa sistemleriBir kontrol devresine devri daim akışı sağlayan pompa sistemleriBüyük debi veya basınç değişikliklerine sahip pompa sistemleriÇalışan pompa sayısının değişen koşullara göre ayarlanmadığı çoklu pompa sistemleriÖnemsiz kullanıcıların basınç gereklerini ayarladığı çoklu son kullanımlara hizmet eden sistemlerOyuk oluşmasına neden olan ekipmanYüksek titreşimli ve/veya gürültülü pompalar, motorlar veya boru sistemleriYüksek bakım gereksinimi olan ekipmanİşlevsel gereklerin zamanla değiştiği, ancak pompaların değişmediği sistemler (pompa artık sistem gereklerine uygun değil)Yıpranmış, aşınmış, paslanmış, çarpılmış veya kırılmış çarklar/kanatlar veya aşınma halkalarıDüşük pompa sistemi verimi göstergesi (bazı sistemler, katıları geçirmek zorunda olduğundan, düşük verime sahiptir)Tıkanmış boru hatları veya pompalarSıkışmış valfler veya sızdıran devridaim valfleriSoğutma gerektiren, özellikle yüksek sıcaklıktaki sızdırmazlık sistemleri	<ul style="list-style-type: none">Gereksiz çalışmaDeğişken talep (kontrol stratejileri, örneğin CO₂ izleme mümkün mü?)Kurulumdan bu yana sistemde önemli değişiklikler (örneğin debinin %20'den daha fazla değişmesi)Sürekli kısıtlıYıpranmış, aşınmış, yalama olmuş veya kırılmış kanatlarFiltreler üzerindeki basınç kaybıHavanın tüm salondan çıkarılması (spesifik bir konum yerine)Bakım planının sorunlara işaret etmesi

Tablo 7.1: Saha ziyareti sırasında kontrol edilecek tasarruf potansiyeli göstergeleri (UNIDO, 2012, ISO 14144: 2016)

8. Veri Analizi

Etüdün altıncı adımı üç faaliyeti içerir:

- Mevcut enerji performansının analizi: Yıllık enerji kullanım referans düzeyi ve üretim birimi başına enerji kullanımının tespit edilmesi
- İyileştirme fırsatlarının tespit edilmesi
- İyileştirme fırsatlarının değerlendirilmesi
- Teknolojiye göre en önemli enerji tasarruf önlemleri için kriterler, açıklamalar ve formüller Ek 12.4'te verilmektedir.

Enerji etüt uzmanı, sağlanan verilerin geçerlilik ve mevcudiyetini değerlendirdiği bu adımlar boyunca, şeffaf ve teknik olarak uygun hesaplama yöntemleri kullanmak zorundadır. Hesaplamalarda kullanılan çeşitli yöntemler ve yapılan varsayımlar veya tahminleri belgelemelidir. Böylece şeffaflık sağlanır ve gelecekteki olası düzeltmeler daha kolay yapılabilir. Ayrıca, etüt uzmanı ölçüm belirsizliğini etkileyen göstergeler ve ölçüm sonuçlarının etkilerini dikkate almalıdır (ISO 50002: 2014).

8.1. Mevcut Enerji Performansının Analizi

Mevcut enerji performansının belirlenmesi, iyileştirme değerlendirmelerine temel teşkil eder. Dolayısıyla, enerji etüt uzmanı mevcut enerji performans göstergelerinin bir değerlendirmesini yapar ve yeni göstergeler önerir. Elektrik motor sistemlerinin mevcut enerji performansı çoğunlukla aşağıdaki göstergeler ile değerlendirilebilir (ISO 50006: 2014):

- Enerji kullanımı: Örneğin kurulu diğer sistemler ile kıyaslanarak önemli enerji kullanıcıları tespit edilebilir. Salt toplam enerji talebini dikkate aldığından, enerji verimliliğini ölçmez.
- Özgül enerji: Bu göstergenin dezavantajı, sadece bir de-

ğişken dikkate alınırken taban yük etkilerini hesaba katmamasıdır; bu yüzden düşük yük noktaları daha yüksek özgül enerji talebine sahiptir. Diğer yandan, bu gösterge, söz konusu motor sistemi için kontrol stratejisinin iyileştirilebileceğini veya tahrik edilen ekipmanın proses gereklerine göre gerekenden büyük boyutta olduğunu gösterebilir.

- Enerji tüketimi veya güç talebinin, örneğin pompa/fan debisi gibi diğer önemli göstergeler ile ilişkisi.

Aşağıdaki göstergeler, sahada ölçümler ve enerji performansının izlenmesi için kullanılabilir (bkz. Tablo 8.1).

Motor tahrikli sistemlere ilişkin ilk genel analiz, veri toplama adımıyla açıklanmaktadır. Tesiste bulunan çeşitli motor sistemlerinin enerji tüketimi, işletim süresi ve etiket verileri kullanılarak hesaplanmıştır. Bazen üretici, planlama ve işletim verileri kullanılarak, ilave göstergeler üretilebilir. Birtakım göstergeler için ölçümler gereklidir. Bu süreç bazen zaman alıcıdır ve sadece güç ölçümlerini değil aynı zamanda diğer göstergeleri de (debi, basınç) içerir ve bu yüzden tüm etütler için mümkün değildir.

8.2. İyileştirme Fırsatlarının Tespit Edilmesi

Enerji etüt uzmanı, sistemin ihtiyaçlarını belirleyerek başlamalı; sonra, bu ihtiyaçları uygun biçimde ele almak için tasarım ve konfigürasyon seçeneklerini değerlendirmelidir. Veri analizi esnasında toplanan bilgiler (işletim ömrü, etüt edilen ekipmanın durumu, işletimi ve bakım düzeyi) bu aşamadaki en önemli faktörlerdir. Enerji etüt uzmanı, etüt edilen ekipman, işletme veya prosesin işlenmesinde gelecekte enerji kullanımı ve olası değişiklikleri de dikkate almalıdır.

	Gösterge	Kaynak, son teknoloji
Basınçlı hava	$P_{el}/Debi$ [kW/Nm ³] [Wh/Nm ³]	ISO 50006: 2014 Değer 120 Wh/Nm ³ 'ten düşük olmalı Çok iyi sistemlerde 80 ila 100 Wh/Nm ³ arası değerlere sahiptir. Normal 7 barlık sistemler için, kapsamlı hava temizleme olmasızın. (Kulterer vd. 2015)
Pompalar	P_{el}/Q [kW/(m ³ /h)] Pompa verimi $\eta_P = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{P_{el} \cdot 367000 \cdot \eta_M}$	ISO 14144: (2016) Pompa verimi için kendi kaynağı (değiştirilmiş formül) (hidrolik güç/mil güç girişi)
Fanlar	$P_{SFP} = \frac{P_{el}}{\dot{V}_{Net}} = \frac{\Delta p}{\eta_{Ges}}$	Özgül fan gücü [W/(m ³ /s)] Değer SPF sınıf 4:1 1.251-2.000 [W/(m ³ /s)] olmalı (Gerstbauer vd., 2017) Eski sistemler 5-10 [W/(m ³ /s)]
Soğutma sistemleri	[kWh/MJ]	ISO 50006: 2014

Tablo 8.1: Motor tahrikli sistemlerin mevcut enerji performansı için gösterge örnekleri

Fırsatlar tespit edilirken, aşağıdaki önlemler dikkate alınmalıdır (EN 16247-3'e göre):

- Enerji kayıplarının azaltılması veya geri kazanılmasına yönelik önlemler (örneğin, basınçlı hava kaçaklarının azaltılması, atık ısı geri kazanımı)
- Ekipman değiştirme, modifikasyon veya ilavesi (örneğin, değişken hızlı motor)
- Daha etkili işletim ve devamlı optimizasyon (örneğin, ayar noktasının düzenlenmesi, bakım)
- Enerji yönetiminin davranışsal değişimi ve iyileştirilmesi (örneğin, ölçme).

Aşağıdaki tablo, motor tahrikli sistemler alanında olası/en önemli teknik enerji tasarruf önlemlerinin özeti vermektedir. Teknoloji başına en önemli enerji tasarruf önlemleri için kriterler, açıklamalar ve formüller Ek 12.4'te verilmektedir.

Motor tahrikli sistem	En önemli tasarruf önlemleri
Motorlar	<ul style="list-style-type: none"> ■ Kapatma ■ Frekans dönüştürücü takılması ■ Motor değiştirme (doğru boyutlandırma, yüke uyum sağlama) ■ İletim sisteminin değiştirilmesi
Pompalar	<ul style="list-style-type: none"> ■ İşletim süresinin azaltılması ■ Pompa kontrolünün optimize edilmesi ■ Motor, pompa değiştirme ■ Statik basma yüksekliğinin azaltılması ■ Dinamik basma yüksekliğinin azaltılması (dağıtım ağının iyileştirilmesi) ■ Debinin azaltılması ■ Bakım prosedürünün iyileştirilmesi
Fanlar	<ul style="list-style-type: none"> ■ Fan işletim süresinin azaltılması ■ Debi ayarlama ■ Frekans dönüştürücü takılması ■ Motor, fan değiştirme ■ İletim sisteminin değiştirilmesi ■ Isı geri kazanımı ■ Bakım, basınç kaybının azaltılması
Basınçlı Hava	<ul style="list-style-type: none"> ■ Kaçakların azaltılması ■ Sistem basıncının optimizasyonu ■ Kontrol stratejisinin değiştirilmesi/boşta çalışmanın azaltılması ■ Kompresörlerin kapatılması ■ Isı geri kazanımı ■ Uygunsuz son kullanımlar için alternatifler

8.3. İyileştirme Fırsatlarının Değerlendirilmesi

Enerji tasarruf önlemlerinin değerlendirilmesi şunları içerir: Enerji performansı, potansiyel enerji ve mali tasarruf üzerindeki etki; enerji dışı kazanımları dahil ömür boyu maliyetlerinin hesaplanması; açılış toplantısı sırasında işletme ile birlikte tanımlanan kriterlere göre fırsatların sıralanması (EN ISO 50002: 2014, s.10-11).

Enerji tasarruf önlemlerinin mali değerlendirmesi genelde, tedarikçilerin indirimli fiyat listeleri veya spesifik teklifler hesaba katılarak, deneyimine bağlı olarak enerji etüt uzmanının tahminlerini içerir. Deneyimli etüt uzmanları, kurulum maliyetleri için saatlik ücret bilgileri ve fiyatları öğrenmek için, etüdün diğer adımlarında (Veri Toplama, Veri Analizi, Saha Ziyareti) tedarikçiler ile zaten temasa geçmeye çalışır.

İşletmeler genel olarak bu aşamada, yapılacak enerji tasarruf önlemlerinin mali değerlendirmesini nasıl istediklerini tanımlamış durumdadır.

Avrupa'da, AB Verimlilik Direktifi (EU 2012/27/EU, Ek VI), uzun vadeli tasarruflar, uzun vadeli yatırımların bakiye değerleri ve iskonto oranlarının hesaba katılması için, Basit Geri Ödeme Süresi (BGÖS) yerine, ömür boyu maliyet analizinin kullanılmasını desteklemektedir.

ISO 50002'ye göre, enerji dışı kazanımlar (enerji tasarrufları dışındaki faydalar) dikkate alınmalıdır. Enerji tasarruf önlemleri şu konulara katkıda bulunabilir: Enerji, bakım, kalite, üretkenlik, mali (satışlar/ciro), çevre, sağlık ve güvenlik. Tablo 8.3, motor tahrikli sistemler için önemli olabilecek enerji dışı kazanımları göstermektedir. Bu enerji dışı kazanımlar değerlendirilmeli, mümkünse, işletme temsilcileri ile birlikte rakamsallaştırılmalı ve ömür boyu maliyet değerlendirmesine dahil edilmelidir.

ISO 50002, önerilen enerji tasarruf önlemlerinin uygulama sonrasında değerlendirilmesinde kullanılmak üzere, ölçüm ve doğrulama yöntemlerinin tavsiye edilmesini gerektirmektedir.

Tablo 8.2: Motor tahrikli sistemler için en önemli tasarruf önlemleri (tasarruf önleminin uygulanabilirliğine göre ayrıntılar için bkz. Ek 12.4)

Atık	Emisyonlar	İşletim ve bakım
Atık ısı kullanımı (örneğin soğutucular, basınçlı hava, motorlar)	Azalmış CO ₂ emisyonları, (daha az elektrik tüketimi nedeniyle)	Güvenilirlik Ekipmanda daha az yıpranma ve aşınma İşgücü gereklerinde azalma
Üretim	Çalışma Ortamı	Diğer
Artmış ürün randımanı İyileştirilmiş ekipman performansı Daha kısa proses döngü süreleri İyileştirilmiş ürün kalitesi, hava kalitesi	Azalmış gürültü düzeyleri İyileştirilmiş sıcaklık kontrolü İyileştirilmiş hava kalitesi	Azalmış hukuki sorumluluk İyileştirilmiş toplumsal imaj, destekleyici sürdürülebilirlik amaçları Sermaye giderlerinin azalması Çalışanların moralinin yükselmesi

Tablo 8.3: Motor tahrikli sistemler için önemli enerji dışı kazanımlar (Worrel vd., 2001)

Sistem ve tasarruf önemi (güç ve işletim süresi) ile doğrudan ilişkili parametrelere ek olarak, diğer parametrelerin de ölçülmesi veya tahmin edilmesi gerekir (ilave bilgi için bkz. Tablo 8.4, EVO, 2012 ve NSW, 2012). Bu yaklaşım bazı durumlarda yararlı olabilir, örnekler aşağıda verilmiştir:

- Yükleme projeleri için
- Örneğin enerji tasarruf öneminin aynı tesiste birkaç kez tekrarlanması planlanıyorsa, tasarruf öneminin daha sonra değerlendirilmesi için
- Düzenleyici kurumların koyduğu hedefler bakımından hesaba katılmak üzere, yardımcı hizmet koruma tasarruflarının doğrulanması gerektiğinde
- Önlemler bundan sonra bir Beyaz Sertifika programı kapsamında satılabilir.

8.4. Veri Analiz Araçları

Bir elektrik motor sistemi, birbiriyle koordine edilmesi gereken birkaç bileşenden oluşur. Sadece mevcut, eski bir elektrik motor sisteminin verimliliğinin tespiti değil, aynı zamanda yeni kurulum yoluyla artırılmış enerji verimliliğinin etkilerinin değerlendirilmesi için kapsamlı hesaplamalar gerekir. Sistem optimizasyonunda teknisyenler ve enerji etüt uzmanlarına yardımcı olacak birkaç uluslararası araç mevcuttur (İngilizce dilinde mevcut araçların özeti için bkz. Tablo 8.5). EMSA Motor Sistemleri Aracı, çeşitli motor sistemlerinin verimlilik faktörünü hesaplayabilmekte ve ideal bileşenlerin seçilmesinde teknik destek sağlamaktadır. Hız, işletim noktası, veya diğer unsurlardaki değişimin tüm sistem verimliliğini nasıl etkilediğini dinamik olarak hesaplamaktadır. Araç, bunlara

Parametreler	Örnekler
Bağımsız değişken	İşletim süresi, üretim, gerekli debi ve basınç Dış hava (veya giriş havası) sıcaklığı ve nemi
Statik faktörler	Tedarik edilen tüm sistemlerin sayısı, kapasitesi ve kullanım modeli (ilgili olması halinde, üretim hızı ve üretim karışımı, sistem basınç değişimi) Hava kalitesi için standart gerekleri (fanlar için)

Tablo 8.4: Motor tahrikli sistemler alanında enerji tasarruf önlemlerinin ölçülmesi ve doğrulanması için ölçülecek veya tahmin edilecek ilave parametreler (NSW, 2012)

Adı ve erişim bağlantısı	Açıklama
Motor Sistemleri Aracı https://www.motorsystems.org/motor-systems-tool	Elektrik Motor Sistemleri Eki içinde Danimarka Teknoloji Enstitüsü tarafından geliştirilen Motor Sistemleri Aracı, komple bir motor sisteminin verimini hesaplar (motor artı VSD, dişli, iletim ve pompa, fan, kompresör, diğerleri gibi tahrik edilen ekipman). Mühendisler, makine üreticileri, makine bileşeni tedarikçileri, enerji danışmanları ve makine sistemleri optimizasyonu alanında çalışan diğer kişilerin, elektrik tüketimi azaltımından yararlanmasına destek sağlar. Motor Sistemi Aracı hakkında daha fazla bilgi Ek'te yer almaktadır.
Topmotors Yazılım Aracı http://www.topmotors.ch/de/tools	S.A.F.E.'e ait İsviçre Topmotors tarafından geliştirilen Excel tabanlı yazılım STR (Standart Test Raporu), motor sistemleri analiz protokolü için standartlaştırılmış bir şablondur; beklenen maliyetler ve tasarruflar ile birlikte motor test sonuçları ve önerilen motor sistemleri verimlilik önlemlerinin özetlenmesine yardım eder.
AIRMaster+ https://www.energy.gov/eere/amo/articles/airmaster	AIRMaster+ kullanıcıların endüstriyel basınçlı hava sistemlerinde enerji kullanımı ve tasarruf fırsatlarını analiz etmesine yardım eden ücretsiz bir çevrimiçi yazılım aracıdır. Mevcut ve gelecekteki model sistem işletim iyileştirmelerinin karşılaştırılması, çok sayıda enerji verimliliği önleminde elde edilebilecek enerji ve para tasarruflarının değerlendirilmesi için kullanılabilir. AIRMaster+ basınçlı hava sistemlerinin değerlendirilmesi, toplanmış verilerin analiz edilmesi ve sonuçların raporlanmasına yönelik sistematik bir yaklaşım sağlamaktadır. AirMaster+ ayrıca, birden çok önlemin etkileşimli etkilerini analiz eden metodolojiye sahiptir. Tasarruf önleminin maliyet-etkinliğini göstermemektedir.
Pompa Sistemi Değerlendirme Aracı (PSAT) https://www.energy.gov/eere/amo/articles/pumping-system-assessment-tool	ABD Enerji Bakanlığı (DoE) tarafından dağıtılan PSAT, kullanıcıların mevcut pompa sistemlerinde enerji tasarruf fırsatlarını değerlendirmesine yardım etmektedir. Değerlendirmenin yapılması için debi, basma yüksekliği, motor gücü veya akımın saha ölçümlerine dayanmaktadır. Hidrolik Enstitüsü tarafından sağlanan algoritmalar ve ABD DoE Motormaster veri tabanından standartlar ve motor performans özelliklerini kullanarak, mevcut pompa ve motor verimliliğini tahmin etmekte ve tepe verimde çalışması için optimize edilen sistem için potansiyel enerji/maliyet tasarruflarını hesaplamaktadır. Tasarruf önleminin maliyet-etkinliğini göstermemektedir.
Fan Sistemi Değerlendirme Aracı (FSAT) https://www.energy.gov/eere/amo/articles/fan-system-assessment-tool	FSAT, endüstriyel kullanıcılar tarafından endüstriyel fan sistemlerinde enerji kullanımı ve tasarruf fırsatları miktarının belirlenmesine yardım eden ücretsiz çevrimiçi bir yazılım aracıdır. Bir fan sistemi tarafından kullanılan enerji miktarının hesaplanması, sistem verimliliğinin belirlenmesi ve yükseltilmiş sistemde potansiyel tasarruf miktarının tahmin edilmesi için kullanılabilir. Araç ayrıca sistem kontrolü, üretim, bakımı ve etkiye bağlı olarak muhtemel optimizasyon fırsatlarına sahip olan fan sistemlerini tespit etmek için ön değerlendirme filtresi sağlamaktadır. FSAT fan sistemi tarafından yapılan işi tahmin etmekte ve sistemin tahmin edilen enerji girdisi ile karşılaştırmaktadır. Fanlar ve motorlar için tipik performans özelliklerini kullanarak, potansiyel tasarruflara (enerji ve para bakımından) ilişkin göstergeler geliştirmektedir. Tasarruf önleminin maliyet-etkinliğini göstermemektedir.

Tablo 8.5: Motor tahrikli sistemlerin değerlendirilmesi için kamuya açık, bağımsız araç örnekleri (IEA-4E, 2016; Topmotors, 2014; US DOE, 2008, 2010a, 2010b)

ek olarak, pompalar, fanlar ve kompresörler, elektrik motorları ve ayrıca V-kayışlar gibi iletim tipleri ve frekans dönüştürücüler ve bunların diğer bileşimleri için modeller içermektedir (ayrıntılar için bkz. Ek 12.5.1).

Enerji analizinde enerji etüt uzmanını destekleyebilen bir diğer araç ise topmotors.ch tarafından yayımlanan "Standart Test Raporu (STR)" adlı araçtır. Bu araç, motor tahrikli sistemlerin gerçek ve hedef durumunun (iyileştirme önlemlerinin uygulanmasından önce ve sonra) standart biçimde belgelendirilmesi için kullanılmaktadır. STR aracının ana işlevi ve özellikleri Ek'te açıklanmaktadır.

ABD Enerji Bakanlığı pompalar, fanlar, soğutma sistemleri ve basınçlı hava için talep tarafını içeren tüm sistemi modelleyen motor sistemi araçları geliştirmiştir. Bir örnek olarak, AIRMaster+ kullanıcıların endüstriyel basınçlı hava sistemlerinde enerji kullanımını ve tasarruf fırsatlarını analiz etmesine yardım eden ücretsiz çevrimiçi bir yazılım aracıdır. Aşağıdaki tasarruf önlemleri bu araç ile değerlendirilebilir:

- Azalmış hava kaçakları
- İyileştirilmiş son kullanım verimliliği
- Azalmış sistem hava basıncı
- Yüksüzleştirme kontrollerinin kullanılması
- Kademelendirilen ayar noktalarının düzenlenmesi
- Otomatik sıralayıcının kullanımı
- İşletim süresinin azaltılması
- Birincil alıcı hacminin ilave edilmesi.

Bu hesaplamalar her kompresör için saatlik güç verilerinin edinilmesine ve tipik işletilen "gün tipleri" tespitine dayanmaktadır. Yazılım aracı her gün tipi için saatlik referans hava akış profilinin geliştirilmesi için varsayılan kompresör performansı kütüphanesi (kompresör tipi, boyutu, hava akış kontrol tipi ve basınç ayar noktası) ile birlikte bu bilgileri kullanmaktadır. Araç kullanıcısı, daha sonra gereken hava akışının sağlanmasına dair verimliliği iyileştiren veya hava talep gereklilerini azaltan önlemleri uygulayabilir. Bu şekilde, araç hem arz hem de talep tarafı önlemlerinin analiz edilmesi için kullanılabilir. Tesis faaliyet halinde değilken, ancak trim kompresörü çalıştırılırken alınan ölçümler, basınçlı hava kaçak oranlarının belirlenmesi için kullanılabilir.

Ayrıca, başlıca motor üreticileri, kendi internet sitelerinde motor ve VSD analizi için ücretsiz araçlar sunmakta; bunun yanında, kendi ürettikleri motorlar için veri tabanlarına erişim sağlamaktadır.

9. Enerji Etüdünün Raporlanması

Bu bölümde, “Enerji Etüdünün Raporlanması” adımı açıklanmakta ve bu rapor için önerilen tablo içeriği verilmektedir. Çeşitli enerji etüt standartlarında, bir enerji etüt raporunun içeriğinin nasıl olması gerektiği tanımlanmıştır. Dolayısıyla, rapor aşağıdaki unsurları kapsamalıdır:

- 1. Yönetici özeti:** Enerji etüdü sürecini bir bütün olarak özetler. Ekonomik faydaların vurgulanması tavsiye edilir.
- 2. Giriş ve tesis bilgileri:** Raporun bu bölümü, elektrik motor sistemi etüdünün kısa açıklaması, etüt yapan ekibi tanıtılması ve etüdün kapsamını içermelidir.
- 3. Değerlendirmede incelenen sistemler ve önemli sistem sorunlarına ilişkin açıklamalar:** Rapor, spesifik motor sistemlerinin ayrıntılı açıklamasını içerecektir. Gerekirse, veri çizelgeleri ve kullanıcı el kitapları gibi destekleyici dokümanlar dahil edilmelidir.
- 4. Veri toplama ve ölçümlerin değerlendirilmesi:** Tesisin kilit personelini tespit etmek ve görüşmek, verileri toplamak ve ölçümleri yapmak için kullanılan yöntemler tanıtılmalı; ayrıca ölçüm planının genel özeti verilmelidir. Aşağıdaki önemli veriler dahil edilmelidir:
 - Sistem gereklerinin tanımlanması ve yıl boyunca sistem işletiminin nasıl değiştiğinin tanımlanması (çizimler, sistem proses verileri)
 - Elektrik enerjisi tüketim verileri
 - Pompa toplam basma yüksekliği, fan özgül gücü, çalışma basıncı, debi vb. gibi motor tahrikli sistemlere özgü diğer veriler
 - Motor sistemlerinin işletim sürelerinin belirlenmesi
 - Mevcutsa, motor sisteminin performans bilgisi
 - Sistem kayıplarının ölçülmesi veya tahmin edilmesi.
 - Ayrıca, veri doğruluğu ve tavsiye edilen projelerin onaylanmasından önce doğrulama ihtiyacı hakkındaki bilgiler, raporun bu bölümünde verilmelidir.
- 5. Veri analizi:** Raporda, ölçüm ve veri analizlerinin sonuçlarına yer verilmelidir. Önemli analitik yöntemler, ölçümler, gözlemler ve veri analizinden elde edilen sonuçlar belgelendirilmelidir.
- 6. Yeterli kadar veri varsa, değerlendirme raporu, yıllık enerji tüketimi referansını da kapsamalıdır.**
- 7. Performans iyileştirme fırsatlarının tespiti ve önceliklendirilmesi**
- 8. Uygulama faaliyetleri için tavsiyeler**
- 9. Ekler**

Raporun yazılmasının zaman alıcı olabildiği unutulmamalıdır; bu yüzden, özellikle rapor unsurlarının çok önemli olduğu işletmeler ile bu konu başlangıçta konuşulmalı ve tanımlanmalıdır. Etüt yapan bazı işletmeler, sadece spesifik verilerin doldurulduğu başlıca enerji tasarruf önlemleri için dahi etüt raporu şablonlarına sahiptir.

10. Kapanış Toplantısı

Bu bölümde, kapanış toplantısı açıklanmakta ve bu adım hakkında bazı genel bilgiler verilmektedir.

Enerji etüdünün son adımı kapanış toplantısıdır. Enerji etüdü raporu, toplantıdan önce kuruluşa sunulmalıdır. Kapanış toplantısında, enerji etüt uzmanı:

- Kuruluşun karar vermesini kolaylaştıracak biçimde enerji etüdünün sonuçlarını sunmalıdır. Argümanlar “Açılış Toplantısı” bölümünde açıklananlara benzer olabilir.
- Sonuçları açıklayabilmeli ve soruları cevaplayabilmelidir.
- Uygun olduğu takdirde, uzmanın yapması gereken başka analizleri veya takip gerektiren konuları ortaya koymalıdır.

Kapanış toplantısının amacı, tavsiye edilen enerji tasarruf önlemlerinin uygulanması için yönetimin motive edilmesidir. Örneğin bu, spesifik tasarruf önlemlerinden fayda sağlayacak paydaşların (örneğin kurulum şirketi, kontrol departmanı, enerji yöneticileri) sunuma davet edilmesi yararlı olabilir. Bu paydaşların en baştan dahil edilmesi halinde, uygulama olasılığı daha yüksek olacaktır veya en azından önerilen tasarruf önlemlerinin değerlendirilmesine yardım edecektir.

Bu yüzden, enerji etüdü sırasında birkaç defa toplantı yapılması ve temel bulguların özetlenmesi ve diğer adımların açıklanması yararlı olabilir. Örnek olarak, işletmede uzun süre geçirdikten sonra çıkış toplantısında sunum yapılabilir (Gilbert McCoy, kişisel iletişim, 2017).

11. Enerji Yönetimi ve Motor Politikası ile Bağlantı

Bu bölümde, enerji etüt metodolojisinin son adımı açıklanmaktadır. Etüt sonuçlarının enerji yönetimi ve işletme düzeyinde motor politikasının unsurları ile bağlantısı hakkında bilgiler sunulmakta; satın alma tavsiyeleri, değiştirme ve onarım stratejileri ortaya konulmaktadır.

11.1. Enerji Yönetimi ile Bağlantı

Enerji etüdünün son adımı, enerji etüt sonuçlarının sunulmasıdır; ancak, işletme açısından çalışmalar, enerji tasarruf önlemlerinin uygulanması ile devam eder. Tasarruf önlemlerinin planlanması başka uzmanlıkları içerebilir (örneğin ilgili devlet yardımları, prosesler ve ekipman hakkındaki ayrıntılı bilgi, yıl içinde başka zaman aralıklarında ilave ölçümler).

Önerilen faaliyetlerin bir kısmı, örneğin enerji performans göstergeleri için daha iyi bir izleme sistemini içerebilir. Daha iyi izleme için yeni, sabit ölçüm noktalarının kurulması, yazılım raporlarının görselleştirilmesi ve değerlendirme sistemi oluşturulması gerekebilir. Genellikle bu süreç için, spesifik faaliyetler ve sorumlu kişiler belirlenmelidir. Bu tür göstergeler izlenirse, sonraki yıl(lar) için gerçekçi hedeflerin oluşturulması mümkündür.

Diğer faaliyetler, örneğin filtrelerin düzenli değiştirilmesi veya kaçakların düzenli tespiti gibi bakım faaliyetlerinin iyileştirilmesini içerebilir. Ayrıca, personel davranışı ve işletim prosedürlerinin değiştirilmesi için, işçilerin iç veya dış eğitimi gerekli olabilir. Öneri programları veya genel motivasyon etkinlikleri organize edilerek işçilerin farkındalığı artırılabilir.

Tüm bu faaliyetler, ISO 50001'e göre bir enerji yönetim sisteminin uygulamaya konulması biçiminde yapılandırılabilir ve koordine edilebilir.

11.2. Motor Politikası

Tasarruf potansiyeli mevcut sistemlerde çok yüksek olabilir, ancak enerji tasarrufunun çoğu motor sistemleri ve besledikleri proseslerin planlanması aşamasında yapılabilir. Bu yüzden, enerji verimliliği için en önemli nokta, eski sistemlerin değiştirilmesi ve yeni sistemlerin kurulmasıdır. Sürece dahil edilen paydaşların farkındalığı yüksek olmalı ve bu noktada, işletme gerekli bilgilere sahip olmalıdır.

Enerji yönetim sisteminin motor tahrikli sistemlere özgü bir takım faaliyetleri, motor politikasında özet olarak yer alabilir.

Motor politikası ideal olarak, işletmenin iş planlama çerçevesine entegre edilen, işletme veya tesis genelinde verimli motor sistemlerinin edinilmesine yönelik orta ve uzun vadeli strateji sağlar. Amaç, ilgili ekonomik koşullarda makul olarak en verimli motor sistemlerine sahip olmaktır.

Motor politikası tipik olarak, aşağıdaki bölümde açıklanan şu konuları kapsar:

- Yeni motor tahrikli sistemleri planlama süreci
- Satın alma kriterleri

- Envanter listesi
- Kurulum veya kabul testi gerekleri
- En iyi onarım ve bakım uygulamaları kullanım gerekleri.

11.2.1. Yeni Motor Tahrikli Sistemlerin Proses Tanımı

Eski bir sistem değiştirilir veya yeni bir sistem kurulurken, aşağıdaki noktalar baştan belirlenmelidir (hesaplanmalı, ölçülmeli):

- Sistem/ekipman için teknik parametreler: Proses için, örneğin tanımlanmış debi, hız, torku sağlamak için gerçekten ne kadar mil gücüne ihtiyaç vardır?
- Tahrik edilen ekipmanın tork-hız özelliği, örneğin karesel, doğrusal, sabit
- IEC 60034-1'e göre görev döngüsü, örneğin kesintisiz veya kısa zamanlı görev
- Yük profilinin tanımı, yani güç gereği başına işletim süresi
- Sistem/ekipmanın özgül özelliği (örneğin statik basma yüksekliği, gereken programlı yumuşak yol verme, ağır görev uygulaması)
- Uygulamaya özgü özellik, örneğin motor temizleme sıcak su spreylerine, temiz oda ortamı veya potansiyel olarak patlayıcı duman veya toz varlığında işleme dayanıklı olmalıdır.

Sorumlu teknik kişi, bu bilgilere dayanarak motor, tahrik ve kontrol sistemini seçebilir.

11.2.2. Satın Alma Kriterleri

Motor politikası, ömür boyu maliyetler, motorun enerji verimliliği ve beklenen ömür değerlendirmesini dahil ederek gelecekteki satın alma kriterlerini genişletir.

Seçim, ömür boyu maliyetlerine bağlı olmalıdır. Örneğin 2.000 saatlik yıllık işletim süresi ve IE3 (IEC 60034-30'da tanımlanan) verimlilik sınıfına sahip motorlar, IE1 veya IE2 motorlardan daha düşük ömür boyu maliyete sahiptir. IE4 motorların kayıpları ise daha da düşüktür. Bir motorun fiili ömrü 20 ila 30 yıl veya hatta daha uzun olabilir (daha aşağıda ömür boyu açıklamasına bakınız). Bunun anlamı, yüksek verimli motorların faydalarının geri ödeme süresinden sonra da uzun süre devam etmesidir. Buna ek olarak, tedarikçilerin başarı geçmişi de hesaba katılmalıdır.

Satın alma spesifikasyonları aşağıdakileri içermelidir:

- Değişken yükler için modern sürücülerin değerlendirilmesi (özellikle pompa ve fan uygulamaları için)
- Sonsuz dişlilerden kaçınarak yüksek verimli sürücülerin seçimi (doğrudan sürücüler, yüksek verimli kayışlar)
- Teknik bilgi, boyutsal çizim, kurulum ve kullanıcı el kitaplarının sağlanması
- İlgili olduğu durumda, spesifikasyonlar, en iyi uygulama ve devreye almaya göre doğru kurulumu kapsamalıdır (Kulter, Werle vd., 2014).

Spesifik motor ömrü, depolama koşulları, ortam sıcaklığı, gerilim varyasyonu, gerilim dengesizliği, yükleme veya aşırı yükleme, bakım ve temizleme uygulamaları, açma-kapama döngüleri, yalıtım sınıfı ve kullanılan VSD tipine ek olarak havada yayılan parçacıklar ve neme göre mahfaza seçimi gibi değişkenlere bağlıdır (Gilbert McCoy, kişisel iletişim, 2017).

11.2.3. Motor Listesi

Tesisteki motor envanteri, işletmelerin devre dışı kalma süresini azaltmasını, üretimini artırmasını ve işletim maliyetlerini asgariye indirmesini sağlar. Büyük bir motor bayii, işletmenin tesisine iki saat mesafede depoya, 24 saat açık destek telefon hattına sahipse ve yüksek verimli yeni motoru iki saat içinde teslim edebiliyorsa, yedek envantere dahi gerek yoktur.

Faaliyeti sürdürme gereği nedeniyle, arıza yapan motorlar genellikle, stokta bulunan ancak olabilecek en verimli model olmayabilen motorlar ile değiştirilir. Eski motorların yüksek verimli motorlar ile hızlı biçimde değiştirilmesi için aşağıdaki adımlar atılabilir:

- Kullanımdaki motorların envanter listesinin çıkarılması
- Stoktaki motorların envanter listesinin çıkarılması (etiket verileri ve potansiyel uygulamalar): Bu envanter, çok sayıda özdeş motorun kullanımda olduğu sınıflar bakımından yüksek verimli motor değiştirmelerini içerecek biçimde genişletilmelidir (yani, aynı kW ve anma gerilimi, kutup sayısı, mahfaza tipi).
- Onarım veya değiştirmenin tavsiye edildiği durumu belirten basit kural konulması: Bu kural, motor derecelendirmesine bağlı olabilir (örneğin arıza halinde 30 kW'ye kadar tüm motorların değiştirilmesi); ve yeni motor maliyetinin yüzdesi cinsinden işletim süresi ve onarım maliyetlerinin değerlendirilmesini içerebilir. Bu kuralın geliştirilmesi için, motor değiştirme maliyetleri, elektrik fiyatı, yüksek verimli bir motorun ve sarım yenilemeden sonra eski motorun verimliliği dikkate alınmalıdır.
- Motorların değiştirilmesi için yaş, boyut, işletim süresi, bakıma yönelik süreye dayalı olarak plan hazırlanması: Tesis, kestirimci bakım programı uyguluyorsa, motor işlemez hale gelmeden önce uygun bir fırsatta değiştirilecek biçimde motor performans trendi çıkarılır; böylece, ağır maliyetler yaratacak üretkenlik kayıpları ile devre dışı kalma süresi önlenir. Daha yüksek verimli motora yükseltme için ideal bir düzenleme sağlar.
- Tesis devre dışı kalma süresi boyunca kullanım halindeki motorların değiştirilmesi (verim düşükse ve enerji talebi yüksekse)
- Arızalanan standart motorların IE3 veya IE4 motorlar ile değiştirilmesi
- Yüksek verimli motor (IE3) stoklamak için satıcı ile anlaşma yapılması
- Birkaç kritik motor ve motor büyüklükleri için, yüksek verimli motor stoku tutulması tavsiye edilir.

(Kulterer, Werle vd., 2014, Gilbert McCoy tarafından uyarlanan, kişisel iletişim, 2017)

11.2.4. Kurulum veya Kabul Testi Gereklere

Elektrik motorları ve motor tahrikli ekipmanın devreye alınması sırasında ayrıntılara önem verilmemesi halinde, verimlilik azalabilir, işletim maliyetleri yükselir ve motor veya ekipmanın erken arıza riski artabilir.

Aşağıda sayılan olayların her birinden sonra kapsamlı devreye alma işlemi yapılmalıdır:

- Yeni ekipmanın kurulması;
- Mevcut ekipmanın önemli onarımdan geçmesi;
- Bir makinenin işletim gereklerinde önemli değişiklikler yapılması.

Devreye alma sırasında, tedarik edilen ekipmanın spesifikasyonlarının proses tasarım gereklerine uyduğu kontrol edilmelidir. Ekipmanın doğru biçimde, mekanik ve elektriksel olarak orijinal üretici spesifikasyonlarına uygun biçimde kurulduğu, ekipman dokümantasyonunun yani kurulum gerekleri, işletim kılavuzları ve bakım spesifikasyonlarının tam olduğu doğrulanmalıdır (Kulterer, Werle vd., 2014). Operatörlerin makineleri en yüksek verimle işletecek biçimde eğitilmesi zorunludur.

11.2.5. Onarım ve Bakım Gereklere

Motor sarımının yenilenmesi, belirli bir boyut üzerinde, yeni bir motor satın alınmasından daha ucuz ve hızlı çözüm olabileceğinden, sanayide yaygın bir uygulamadır. İşçilik ve motor fiyatlarına bağlı olarak, bu boyut örneğin standart motorlar için 10 veya 30 kW olabilir.

Bununla birlikte, mevcut motorun verimliliği, yaşı nedeniyle oldukça düşük olabilir ve sarım yenileme verimliliği daha da düşürebilir. Bu yüzden, motorun yeni bir model ile değiştirilmesinin ekonomik faydaları, verimlilik kazanımları ve daha yüksek işletim süresi nedeniyle, onarıma kıyasla daha yüksek olabilir. Küçük standart verimli motorlar ve hatta yüksek verimli motorlar için, sarım yenileme genellikle en iyi seçenek değildir, çünkü yeni bir motorun fiyatı eski motorun onarım maliyetinden daha düşüktür.

Yine de, motor sarımını yenileme genellikle özel amaçlı motorlar ve belirli boyutların üzerindeki AC motorlar için ekonomiktir. Sarım yenileme seçilirse, onarım atölyesi ANSI/EASA Standart AR1002015 Döner Elektrikli Cihaz Onarımı için Tavsiye Edilen Uygulama'ya göre onaylı olmalıdır. EASA Akreditasyon Programı'nın kontrol listesi (EASA akreditasyon kontrol listesi), motor onarım atölyesi tarafından kullanılabilir. Motorun örneğin önceki onarımlar sırasında verim kaybına uğramamış olduğunu kontrol etmek için onarım öncesinde nüve kaybı testleri yapılmalıdır. Onarımdan sonra yapılan bir nüve kaybı testi, mevcut motor onarımının hasara neden olmasını önleyebilir.

12. Ek

Bu Ek, bazı etüt adımlarının uygulanması hakkında ayrıntılı bilgi vermektedir. Ek'in her bölümünde, bölümün hangi adımla ilgili olduğu parantez içinde gösterilmektedir.

12.1. Kontrol Listesi Genel Bilgileri (Adım 1: Etüdün Planlanması)

İşletme Profili			
İşletme adı:			
Adres 1:		Telefon:	
Adres 2:		Faks:	
Şehir/İlçe:		E-posta:	
Bölge/Ülke:			
Posta Kodu:			
Elektrik motor sisteminin bulunduğu yerin adresi (işletme adresinden farklı ise)			
Adres 1:			
Adres 2:			
Şehir/İlçe:			
Bölge/Ülke:			
Posta Kodu:			
İşletme hangi sektörde faaliyet gösteriyor?			
<input type="checkbox"/> Gıda	<input type="checkbox"/> Tekstil/giyim	<input type="checkbox"/> Ahşap/kağıt/baskı	<input type="checkbox"/> Kimya/ecza
<input type="checkbox"/> Makine mühendisliği / metal yapı	<input type="checkbox"/> Otomotiv sanayi	<input type="checkbox"/> Elektrik mühendisliği / elektronik	<input type="checkbox"/> Cam/taş/toprak
<input type="checkbox"/> Enerji mühendisliği	<input type="checkbox"/> Bina teknolojisi	<input type="checkbox"/> Temel malzeme sanayi	<input type="checkbox"/> Kauçuk ve plastik ürünler
<input type="checkbox"/> Tedarik/bertaraf	<input type="checkbox"/> Diğer:		
Elektrik motor sistemleri ne için kullanılıyor? (örneğin kontrol, enerji üretim, kimyasal prosesler ...)			
Çalışan sayısı			
Kaç vardiya var?			
İşletim süresi			
İşgünü	Süre	İşgünü	Süre
Pzt	.....'den 'e	Cum	.....'den 'e
Sal	.....'den 'e		
Çar	.....'den 'e	Cmt	.....'den 'e
Per	.....'den 'e	Paz	.....'den 'e
..... yıllık işletim süresi			
İrtibat Kişisi			
Ad:			
Görev:			
Adres:			
Telefon:			
E-posta:			

Tablo 12.1: Kontrol listesi – genel bilgiler (VDMA 4370, 2012, s. 16-17; EN ISO 11011: 2013, s. 32)

12.2 Teknolojiye Özgü Veri Toplama Çizelgeleri (Adım 3: Veri Toplama)

Tüm tablolar, endüstriyel işletmelerdeki elektrik motorlarına özgü verilerin toplanmasına yönelik gerekli verileri, örnekleri ve karşılık gelen birimleri göstermektedir. Tablolar, enerji etüt uzmanının gerekli verileri etkili biçimde toplamasına yardım edecek kontrol listesi olarak kullanılabilir. Mümkün olduğu durumlarda, ana sistemlere ilişkin fotoğraflar, sistem adı, ziyaret tarihi ve fotoğrafı çekenin adı eklenmelidir.

12.2.1 Motor Verileri

Genel motor verileri	
Gerekli veriler	Birim
Kavrama tipi (kayış, dişli, doğrudan vb.)	[-]
Motor tipi (tasarım AC veya DC vb.)	[-]
Motor geçmişi (orijinal, sarımsı yenilenmiş veya değiştirilmiş)	[-]

Tablo 12.2: Genel motor verileri (McCoy vd., 2000)

Spesifik motor verileri	
Gerekli veriler	Birim
Üretici	[-]
Motor kimlik numarası	[-]
Model	[-]
Seri numarası	[-]
Güç	[kW]
Tam yük hızı	[dk ⁻¹]
Tam yük gerilimi	[V]
Tam yük akımı	[A]
Tam yük güç faktörü	[-]
Tam yük verimi (4/4)	[%]
Kısmi yük verimi (3/4)	[%]
Kısmi yük verimi (2/4)	[%]
Verimlilik sınıfı (varsa)	[-]
Gövde tipi	[-]
Olağandışı işletim koşulları	[-]

Tablo 12.3: Spesifik motor verileri (McCoy vd., 2000)

Genel motor verileri		
	İşgünü Gün/Yıl.....	Hafta sonu/Tatil Gün/Yıl.....
Günlük işletim süresi	1. vardiya 2. vardiya 3. vardiya	1. vardiya 2. vardiya 3. vardiya
Yıllık işletim süresi.....	saat/yıl	
Bunun içinde: Kısmi yük..... % Tam yük..... %		

Tablo 12.4: Motor işletim profili verileri (McCoy vd., 2000)

12.2.2 Pompa Sistemi Verileri

Elektrik motoru/sürücü verileri	
Gerekli veriler	Birim
Üretici	[-]
Motor tipi (tasarım AC veya DC vb.)	[-]
Kavrama tipi (kayış, dişli, doğrudan vb.)	[-]
Motor geçmişi (orijinal, sarımsı yenilenmiş veya değiştirilmiş)	[-]
Güç	[kW]
Motor tam yük hızı	[dk ⁻¹]
Motor tam yük gerilimi	[V]
Motor tam yük akımı	[A]
Tam yük verimi	[%]
Verimlilik sınıfı (varsa)	[-]
Frekans dönüştürücü	[-]
Gövde büyüklüğü	[-]

Tablo 12.5: Elektrik motoru verileri

Spesifik pompa verileri	
Gerekli veriler	Birim
Üretici	[-]
Pompa tipi	[-]
Mil gücü	[kW]
Debi	[m ³ /sa] veya [l/s]
Statik/değişken debi	[-]
Kısma (basınç tarafı)	[-]
Pompa geçmişi (orijinal veya değiştirilmiş)	[-]
İşletim basıncı	[bar]
İşletim sıcaklığı	[°C]
Emme basıncı	[bar]

Tablo 12.6: Spesifik pompa verileri

Pompa kontrol verileri	
Gerekli veriler	Birim
Değişken hız sürücüsü (VSD)	[-]
Kısıllı	[-]
Baypas/devridaim	[-]
Aç/kapa	[-]
Seri veya paralel veya ayrı görev pompaları	
Kontrolsüz	[-]

Tablo 12.7: Pompa kontrol verileri

VSD verileri	
Gerekli veriler	Birim
Üretici	[-]
Model	[-]
Maksimum akım	[A]
Kontrol parametresi tanımı	[-]
Güç kaybı	[W]

Tablo 12.8: VSD verileri

Taşıma ve dağıtım sistemi verileri	
Gerekli veriler	Birim
Boru tesisatı malzemesi	[-]
Çap	[mm]
Açık/kapalı sistem	[-]
Kurulu pompa sayısı	[-]

Tablo 12.9: Taşıma ve dağıtım sistemi verileri

Yerleşik bağlantılar ve tüketici verileri	
Gerekli veriler	Birim
Proses adı	[-]
Toplam debi gereği	[m ³ /sa]
Toplam basınç gereği	[bar]
Aynı bileşenlerin eşzamanlılığı	[-]

Tablo 12.10: Yerleşik bağlantılar ve tüketici verileri

Akışkan özellikleri	
Gerekli veriler	Birim
Akışkan adı	[-]
Dinamik viskozite	[mPas]
Sıcaklık	[°C]
Yoğunluk	[g/cm ³]
Katıların mevcudiyeti ve karakterizasyonu	[-]
Serbest gaz yüzdesi	[-]
Tehlikeler	[-]
Tutuşkanlık	[-]

Tablo 12.11: Akışkan özellikleri

İlave sistem verileri		
Gerekli veriler	Örnek	Birim
Olağandışı işletme koşulları		[-]
Statik basma yüksekliği (yalnız santrifüj pompalar için)	2	[bar]

Tablo 12.12: İlave sistem verileri

Motor işletim profili verileri		
	İşgünü Gün/Yıl.....	Hafta sonu/Tatil Gün/Yıl.....
Günlük işletim süresi	1. vardiya 2. vardiya 3. vardiya	1. vardiya 2. vardiya 3. vardiya
Yıllık işletim süresi.....	saat/yıl	
Bunun içinde:		
Kısmi yük.....%		
Tam yük.....%		

Tablo 12.13: İşletim profili

12.2.3 Fan Sistemi Verileri

Elektrik motoru/sürücü verileri	
Gerekli veriler	Birim
Üretici	[-]
Motor tipi (tasarım AC veya DC vb.)	[-]
Kavrama tipi (kayış, dişi, doğrudan vb.)	[-]
Motor geçmiş (orijinal, sarımsı yenilenmiş veya değiştirilmiş)	[-]
Güç	[kW]
Motor tam yük hızı	[dk ⁻¹]
Motor tam yük gerilimi	[V]
Motor tam yük akımı	[A]
Tam yük verimi	[%]
Verimlilik sınıfı (varsa)	[-]
Frekans dönüştürücü	[-]
Gövde büyüklüğü	[-]

Tablo 12.14: Elektrik motoru verileri

Spesifik fan verileri	
Gerekli veriler	Birim
Üretici	[-]
Model	[-]
Seri numarası	[-]
Yıl	[-]
Fan tipi	[-]
Çark çapı	[-]
Mil gücü	[kW]
Fan verimlilik sınıfı (varsa)	[-]
Özgül anma debisi	[m ³ /sa]
Fan çapı	[mm]

Tablo 12.15: Spesifik fan verileri

Fan kontrol verileri		
Debi kontrol yöntemi		[-]
Basınç kontrol yöntemi		[-]
Örnekler:		
Değişken hız sürücüsü (VSD), hangi HZ	hayır	[-]
Kısıtlı, hangi damper pozisyonu	evet	[-]
Baypas/devridaim	hayır	[-]
Aç/kapa	hayır	[-]

Tablo 12.16: Fan kontrol verileri

VSD verileri	
Üretici	[-]
Model	[-]
Maksimum akım	[A]
Kontrol parametresi tanımı	[-]
Güç kaybı	[W]

Tablo 12.17: VSD verileri

Kavrama	
Gerekli veriler	Birim
Sürücü kavrama	[-]
Kasnak çapı (motor tarafı)	[-]
Kasnak çapı (fan tarafı)	[-]
Tahmini verimlilik	[%]

Tablo 12.18: Kavrama verileri

Dağıtım kanalları	
Gerekli veriler	Birim
Uzunluk	[m]
Çap	[mm]
Malzeme	[-]
Filtre basınç farkı	[MPa]
Bağlantı tipi ve sayısı	[-]

Tablo 12.19: Dağıtım kanalı verileri

Spesifik hava özellikleri	
Gerekli veriler	Birim
Giriş/çıkış sıcaklığı	[°C]
Giriş/çıkış hava kalitesi	[-]
Tehlike maddeler	[-]

Tablo 12.20: Spesifik hava özellikleri

Tüketiciler ve bağlantı verileri	
Gerekli veriler	Birim
Proses adı	[-]
Toplam debi gereği	[m ³ /sa]
Toplam basınç gereği	[MPa]

Tablo 12.21: Tüketici verileri

İlave fan sistemi verileri	
Gerekli veriler	Birim
Olağandışı işletim koşulları	[-]
Fan sistemi statik basıncı (varsa)	[Pa]
Çıkarma sistemleri için tasarım minimum hızı	[m/s]

Tablo 12.22: İlave fan sistemi verileri

Fan sistemi işletim profili verileri		
	İşgünü Gün/Yıl.....	Hafta sonu/Tatil Gün/Yıl.....
Günlük işletim süresi	1. vardiya 2. vardiya 3. vardiya	1. vardiya 2. vardiya 3. vardiya
Yıllık işletim süresi.....	saat/yıl	
Bunun içinde:		
Kısmi yük.....%		
Tam yük.....%		

Tablo 12.23: Fan sistemi işletim profili verileri

12.2.4 Basıncılı Hava Sistemi Verileri

Kompresör verileri	
Gerekli veriler	Birim
Üretici	[-]
Model/seri numarası	[-]
Yapım yılı	[-]
Kompresör tipi	
Resiprokan, dönel vidalı (yağlamalı veya yağsız), kanatlı, turbo (santrifüj, aksel)	[-]
Yağlamalı (evet, hayır)	[-]
Soğutucu (su, yağ, hava)	[-]
Tahrik motoru anma gücü	[kW]
İşletim basıncı ve anma debisinde elektrik güç tüketimi	[kW]
Maks. işletim basıncı	[bar]
İşletim basıncında anma debisi	[m ³ /dk], [l/s] veya cfm
Yüksüzken güç tüketimi (dönel vidalı kompresörler için)	[kW]
Basınç alanı: Yüklü, yüksüz	[bar]
Tam yük süresi	[-]
Kısmi yük süresi	[-]
Toplam işletim süresi	[-]

Tablo 12.24: Kompresör verileri

Kontrol	
Gerekli veriler	Birim
Kontrol tipi	[-]
Otomatik kontrol	[-]
Hız kontrolü, kısma, baypas kontrolü	[-]
Modüle edici, yükte/yüksüz, çok adımlı	[-]
Çoklu kompresör kontrolü	[-]

Tablo 12.25: Basıncılı hava sistemi kontrol verileri

Kurutucu bilgileri	
Gerekli veriler	Birim
Üretici	[-]
Model	[-]
Yapım yılı	[-]
Kurutucu tipi: Soğutmalı veya çevrim soğutmalı, adsorpsiyon (ısısız, ısı yenilemeli), absorpsiyon, membran	[-]
Basınç çığ noktası	[°C]
Belirtilen çığ noktasında hava temizleme kapasitesi	[m ³ /sa]
Basınç düşüşü	[bar]
Anma elektriksel gücü	[kW]
Kontrol tipi (VSD, yok)	[-]

Tablo 12.26: Kurutucu bilgileri

Hava alıcı bilgileri	
Gerekli veriler	Birim
Üretici	[-]
Model/seri numarası	[-]
Yapım yılı	[-]
Hacim	[m ³]
Çalışma basıncı	[bar]

Tablo 12.27: Hava alıcı

İlave basıncılı hava sistemi verileri	
Gerekli veriler	Birim
Olağandışı işletim koşulları	[-]
Kondens boşaltıcı tipi (manuel, düzey kontrollü, zaman kontrollü)	[-]
Isı geri kazanımı (evet/hayır)	[-]
Kaçak tespit ve giderme programı var (evet/hayır)	[-]

Tablo 12.28: İlave basıncılı hava sistemi verileri

Boru sistemleri bilgileri	
Gerekli veriler	Birim
Boru malzemesi	[-]
Boru çapları	[mm] [DN]
Boru uzunlukları	[m]
Sistem basınç düşüşü	[bar]
Kaçak oranı	[%]

Tablo 12.29: Basıncılı hava boru sistemi

Son kullanım uygulamaları/Tüketici	
Gerekli veriler	Birim
Tüketici prosesin adı	[-]
Debi /veya kesintili	[l/s]
Mevcut (akan) basınç	[bar]
Gerekli basınç	[bar]
Süre	s/gün
Vakum uygulamaları (evet/hayır)	[-]
Temizleme uygulamaları (evet/hayır)	[-]
Üfleme uygulaması: Tasarlanmış nozul veya hava bıçakları kurulu mu?	[-]

Tablo 12.30: Son kullanım verileri

Basıncılı hava sistemi işletim profili verileri		
	İşgünü Gün/Yıl.....	Hafta sonu/Tatil Gün/Yıl.....
Günlük işletim süresi	1. vardiya 2. vardiya 3. vardiya	1. vardiya 2. vardiya 3. vardiya
Yıllık işletim süresi..... saat/yıl		
Bunun içinde: Kısmi yük..... % Tam yük..... %		

Tablo 12.31: Basıncılı hava sistemi işletim profil

12.3 Akış/Debi Ölçüm Noktaları ve Teknoloji Seçimi (Adım 4: Ölçüm Planı)

12.3.1 Mevcut Ölçüm Noktaları Listesi

Ölçüm Yeri	Ölçülen enerji tüketicisi/prosesler	Ölçüm ekipmanı numarası	Ölçüm prensibi	Ölçer okuma aralığı	Son kalibrasyon	Doğruluk
Kompresör odası	Atölye	L 47	Ölçer/ elektromıknatıs	Aylık	Nisan 2011	%5

Tablo 12.32: Mevcut ölçüm noktaları tablosu (örnekli)

12.3.2 Olası Ölçüm Noktaları Listesi

Aşağıdaki tabloda, sahada ölçüm için test noktaları belirlenmektedir. Tüm noktalar, tüm sistemler için geçerli değildir ve ilave noktalar gerekebilir; bu nedenle, değerlendirme planında fiilen kullanılan noktalar belirtilmelidir (ISO 11011).

	Motorlar	Fanlar	Pompalar	Basıncılı hava basıncı, debi ve elektriksel test noktaları
Kaynak	Güç ölçer	<ul style="list-style-type: none"> ■ Fan basınç farkı ■ Filtre basınç farkı ■ Debi ölçümü 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Pompanın emme tarafı (basınç, debi) ■ Pompanın basma tarafı (basınç, debi) 	Örnekler: Kompresör çıkışı, basınç akış yukarısı ve aşağısı, debi kontrolleri ve besleme tarafı temizleme ekipmanı
Dağıtım ağı		<ul style="list-style-type: none"> ■ Filtre basınç düşüşleri ■ Kanal besleme basıncı 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Dağıtım ağında basınç kaybı 	Dağıtım boru tesisatı, temizleme ekipmanı akış yukarısı ve aşağısı, basınç ve debi kontrolleri
Son tüketici		<ul style="list-style-type: none"> ■ Debi ve basınç ölçümleri 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Debi ve basınç ölçümleri 	Temizleme ekipmanı akış yukarısı ve aşağısında spesifik kullanım noktası, akış kontrol valfleri

Tablo 12.33: Olası ölçüm noktaları listesi (IS 14414, 2016; ISO 11011: 2013: C 1, D1, E1; EMANZ, 2017)

12.3.3 Akış/Debi Ölçüm Seçimi için Kriterler

Ölçme yöntemleri	Ortam özellikleri										Ölçüm bölümü ve cihazlarının özellikleri										
	Sıvı	Gaz	Buhar	Temiz	Kirli/Kirli	Güçlü kimyasal aşındırıcı	Katı içerik	Hava kabarcıkları	Elektrik iletkenliği yok	Viskozite	Küçük boru çapı DN 2-25	Büyük boru çapı DN 200-2500	Düşük basınç kaybı Δp	Yüksek işletim basıncı > 40bar	Yüksek işletim sıcaklığı > 120°C	Küçük Reynolds sayıları (10-10000)	Kısa girişler ve çıkışlar	Dinamik aralık (ölçüm)	Ölçüm doğruluğu	Yenenebilirlik	Patlayıcı ortam
Elektromıknatis	1	5	5	1	3	2	1	5	5	5	1	1	1	1	1	1	1	100/1	%0,2-0,5 m.v.	%0,1 m.v.	1
Değişken alanı debi ölçer	1	1	4	1	5	3	5	4	1	5	1	5	2	1	1	3	2	10/1	%0,5 – 1 FS	k.A.	4
Kör	1	1	1	1	4	5	4	4	1	5	2	3[1]	4	1	1	3	5	10/1	%0,6 – 2 FS	%0,5 m.v.	5
Venturi-borusu	1	5	5	1	2	4	4	n.a.	1	5	2	3[2]	3	1	1	3	5	10/1	%0,6 – 2 FS	%0,5 m.v.	n.a.
Ultrasonik işletim süresi	1	5	5	1	5	1	3	5	1	5	3	1	1	1	1	3	4	20/1	%0,5 m.v. – %2 FS	%0,25 m.v.	n.a.
Ultraschall-Doppler	1	5	5	5	5	1	3	5	1	5	5	1	1	1	1	5	4	20/1	%1 m.v. – %2 FS	%0,5 m.v.	n.a.
Coriolis	1	1	1	1	2	1	2	3	1	1	1	4	4	1	1	2	1	100/1	%0,05 – 0,2 m.v.	%0,2 m.v.	n.a.
Kanatlı rüzgar ölçer	5	1	5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1	5	1	1	1	n.a.	2	n.a.	n.a.	n.a.	%3 m.v.	n.a.	n.a.
Vorteks	1	1	1	1	4	5	5	4	1	5	3[4]	3[5]	3	2	1	3	4	10/1	%0,5 – 1 m.v.	%0,2 m.v.	n.a.
Kızgın telli rüzgar ölçer	1	1	5	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1	5			1	5	2	n.a.	n.a.	10/1	%1,5 m.v.	n.a.	n.a.
Değerleme ölçeği																					
Çok iyi	1	[1] DN1000'e kadar ve > Değer: 5																			
İyi	2	[2] DN4000'e kadar																			
Uygulanabilir	3	[3] DN150'ye kadar																			
Yeterli	4	[4] sadece DN15'ten itibaren, < Değer: 5																			
Yetersiz	5	[5] DN400'e kadar, > Değer: 5																			
Mevcut değil	n.a.																				
Tam ölçek	FS																				
Ölçülen değer	m.v.																				

Tablo 12.34: Akış/debi ölçüm seçimi için kriterler (Kulterer, Presch, 2015)

12.4 Enerji Tasarruf Önlemleri için Göstergeler ve Hesaplama Formülleri (Adım 6: Veri Analizi)

Ek'in bu bölümünde, her teknoloji için en önemli enerji tasarruf önlemleri tekbiçim olarak açıklanmaktadır: Her tasarruf önlemi için göstergeler, kısa açıklama ve formül.

12.4.1 Elektrik Motorları

Başlık	Gerekmediğinde motorların kapatılması
Göstergeler	<ul style="list-style-type: none"> ■ Tatil günleri, hafta sonları, geceleri, vardiyadan çok önce (gereksiz) çalıştırma, vardiya / mola sona erdikten çok sonra çalışmayı durdurma ■ Yükler düzensiz iken (kesikli işletim, düzensiz kullanılan hizmetler, makine setinden birinin kapatılması) sürekli çalışma
Tanım	Gerekmediğinde motorların kapatılması.
Formül	$\Delta C = P_{el} \cdot (t_{\text{önce}} - t_{\text{sonra}}) \cdot c(E)_{el}$
Ölçüm ve doğrulama için tavsiye edilen parametreler (ÖD)	İşletim süresi ve/veya akımın, temsil edici bir zaman aralığında (önce ve sonra), diğer değişkenler sabit tutularak ölçülmesi.

Tablo 12.35: Gerekmediğinde motorların kapatılması

Başlık	Motor değiştirme
Göstergeler	<ul style="list-style-type: none"> ■ elektrik motorunun uzun işletim süreleri ■ elektrik motorun ileri yaşı ■ elektrik motorun düşük verimliliği ■ yanlış boyutlandırma, yüke uygun olmama
Açıklama	Eski verimsiz (veya büyük boyutlu) elektrik motorunun yeni, daha verimli olan ile değiştirilmesi. Enerji tasarruf potansiyeli motorun yük profiline bağlıdır.
Formül	Bu hesaplama, her yük noktası için, spesifik yük noktasındaki verimlilik dikkate alınarak yapılmalıdır. $\Delta C = P_N \cdot \text{yük} \cdot t \cdot \left(\frac{1}{\eta_{\text{eski}}} - \frac{1}{\eta_{\text{yeni}}} \right) \cdot c(E)_{el}$
ÖD için tavsiye edilen parametreler	Çekilen gücün, temsil edici bir zaman aralığında (önce ve sonra), diğer değişkenler sabit tutularak ölçülmesi.

Tablo 12.36: Motor değiştirme

Başlık	Sürücü değiştirme
Göstergeler	Eski sürücü kayışları ve dişli kutuları mevcut
Açıklama	Eski verimsiz sürücünün yeni, daha verimli olan ile değiştirilmesi
Formül	$\Delta C = P_e \cdot t \cdot \left(1 - \frac{\eta_{\text{Sürücü optimizasyon öncesi}}}{\eta_{\text{Sürücü optimizasyon sonrası}}} \right) \cdot c(E)_{el}$
ÖD için tavsiye edilen parametreler	Çekilen gücün, temsil edici bir zaman aralığında (önce ve sonra), diğer değişkenler sabit tutularak ölçülmesi.

Tablo 12.37: Sürücü değiştirme

12.4.2 Pompa Sistemi Tasarruf Önlemleri

Bu bölüm için kaynaklar: Hofmann, Kulterer, 2009; ISO 14414: 2016.

Başlık	Pompa işletim süresinin azaltılması
Göstergeler	<ul style="list-style-type: none"> ■ Tatil günleri, hafta sonları, geceleri, vardiyadan çok önce (gereksiz) çalıştırma, vardiya / mola sona erdikten çok sonra çalışmayı durdurma ■ Yükler düzensiz iken (kesikli işletim, düzensiz kullanılan hizmetler, makine setinden birinin sürekli kapatılması) sürekli çalışma ■ Çalışan pompaların değişen koşullara göre ayarlanmadığı çoklu pompalı sistemler
Açıklama	İşletim süresinin azaltılmasına yönelik ilk önlem gerekli olmayan pompaların kapatılmasıdır. Ek olarak, tüm pompaların işletim süresi fiilen gerekli işletim süresine göre ayarlanmalıdır. Örneğin zaman, sıcaklık, basınç ve seviye kontrolü (seviye göstergeleri) pompaların işletim süresinin prosese göre ayarlanması için basit kontrol mekanizmalarıdır.
Formül	$\Delta C = P_{el} \cdot (t_{\text{önce}} - t_{\text{sonra}}) \cdot c(E)_{el}$
ÖD için tavsiye edilen parametreler	İşletim süresi ve/veya çekilen gücün ölçülmesi

Tablo 12.38: Pompalar için işletim süresinin azaltılması

Başlık	Santrifüj pompaların kontrolünün optimize edilmesi
Göstergeler	<ul style="list-style-type: none"> ■ Talep, işlem hacmi, sıcaklık, üretim tipine bağlı olarak değişiyor ■ Büyük debi veya basınç varyasyonlarına sahip pompa sistemleri ■ Isıtma veya soğutma sistemlerinde düşük sıcaklık farkı (özellikle bahar/sonbaharda) <p>Sistem özelliklerine dayalı olarak aşağıdaki seçenekler mümkündür:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ VSD: Yüksek varyasyonlu - optimum debi kontrol aralığı ■ %40 ila 90 ■ Paralel pompalar: Aç/kapa ile değişken debilere ulaşma mümkün olduğunda ■ Çark boyutlandırma: Debinin tasarım koşullarından farkı < %40 ve debi sabit
Açıklama	<p>Bu ölçüm, debinin ihtiyaca uyarlanması için pompanın kontrol edilmesini içerir. Frekans dönüştürücü ile yapılabilir. Eski motorlar için, frekans dönüştürücünün motora takılabilir olduğu kontrol edilmelidir (sarım yalıtımı uygun olmayabilir).</p> <p>Enerji tasarruf potansiyeli gerçek pompa eğrisi ve hesaplanmış sistem eğrisi kullanılarak hesaplanabilir. Her yük (debi) noktası için ayrı ayrı hesaplanmalıdır. Basma yüksekliği debiye bağlıdır: Frekans dönüştürücüler için, basma yüksekliği sistem eğrisini takip eder, fakat kısma için, pompa eğrisine göredir. Gerçekte, frekans dönüştürücü sistem eğrisini tam olarak takip edemez (özellikle kısmi yükte). Kapalı sistemler içinse (sadece sürtünme basma yüksekliği vardır, statik basma yüksekliği yoktur), formül daha basit olabilir.</p>
Formül	<p>Optimizasyon öncesi kısıtlı konumda enerji tüketiminin belirlenmesi/hesaplanması için, ya ölçümler, pompa veri çizelgesinden alınan veriler ya da pompa eğrisi için aşağıdaki sadeleştirilmiş formül kullanılabilir (kısıtlı durumda, basma yüksekliği pompa eğrisini takip eder).</p> $H_{kısımyük} = (H_m/n_m^2) \cdot n^2 + (H_r - H_m)/Q_m^2 \cdot Q_{kısımyük}^2$ $P_{e_önce} = \frac{\rho \cdot g \cdot Q_{\text{önce}} \cdot H_{\text{önce}}}{367000 \cdot \eta_P \cdot \eta_M}$ <p>Sistem optimizasyonu öncesinde "Q,H_{önce}", "Q,H_{kısımyük}"e karşılık gelir.</p> <p>Frekans dönüştürücü kullanıldığında, özellikle statik basma yüksekliği olan sistemlerde basma yüksekliği sistem eğrisini takip eder. Bu nedenle, kısmi yükteki (tam debi değil) basma yüksekliği için formül verilmektedir. Frekans dönüştürücü (önerildiği gibi) debiyi uyarlamak için kullanıldığında, her yük/debi noktası için hesaplama yapılmalıdır.</p>

	$H_{kismiyük} = H_s + (H_r - H_s)/Q_r^2 \cdot Q_{kismiyük}^2$
	Frekans dönüştürücü için kısmi yükte elektrik tüketiminin hesaplanması:
	$P_{e_FU_sonra} = \frac{\rho \cdot g \cdot Q_{sonra} \cdot H_{sonra}}{367000 \cdot \eta_P \cdot \eta_M \cdot \eta_{FU}}$
	Frekans dönüştürücü kullanıldığı için basma yüksekliği azalır; optimizasyon sırasında değiştirilmediğinde, Q_{sonra} debisi, $Q_{önce}$ debisi ile aynıdır.
	$\Delta C = (P_{e\ önce} - P_{e\ sonra}) \cdot t_{sonra} \cdot c(E)_{el}$
ÖD için tavsiye edilen parametreler	Çekilen gücün ölçülmesi, işletim süresi veya iletilen debinin ölçülmesi.

Tablo 12.39: Pompaların optimize kontrolü (Kulterer, Hofmann, 2009; da Costa Bortoni vd., 2008)

Başlık	Pompa/motor değiştirme
Göstergeler	<ul style="list-style-type: none"> ■ Uzun süre çalıştırılan büyük pompalar ■ Mevcut debi, anma debisinden %30'dan daha fazla farklı ■ Mevcut basma yüksekliği, anma basma yüksekliğinden %20'den daha fazla farklı ■ Düşük verimlilik (%60'ın altında, istisna: Katı maddeler içeren pompa sistemleri) ■ Oyuk oluşturan malzeme, yüksek bakım gerekleri, gürültülü pompalar veya boru tesisatı ■ Sürekli kısıllı ■ Yıpranmış, aşınmış, paslanmış, çarpılmış veya kırılmış çarklar/kanatlar veya aşınma halkaları
Açıklama	<p>İlaveten, bir pompa sisteminin değiştirilmesine sıklıkla yol açabilen başka birkaç gösterge vardır; örneğin yüksek bakım gereği (oyuk oluşturma sorunları nedeniyile), gürültü ve sürekli kısmalı pompa sistemi veya paslanmış kısma vanası.</p> <p>Pompa değiştirmeyi değerlendirmek için, pompa sisteminin fiili verimlilik faktörünün kontrolü çok önemlidir. Pompaların verimliliği pompa tipine ve gücüne bağlıdır; bu bilgiler, her pompa için veri çizelgeleri ve pompa eğrilerinden alınabilir. Ayrıca verimlilik pompanın özgül işletim noktasına da bağlıdır.</p>
Formül	$\Delta C = P_{el} \cdot t \cdot \left(1 - \frac{\eta_{optimizasyon\ öncesi}}{\eta_{optimizasyon\ sonrası}} \right) \cdot c(E)_{el}$
ÖD için tavsiye edilen parametreler	Çekilen gücün ölçülmesi, işletim süresinin ölçülmesi veya tahmin edilmesi.

Tablo 12.40: Pompa/motor değiştirme (ISO 14414: 2016, yazarlar)

Başlık	Mümkünse debinin azaltılması (veya ihtiyaca uyarlama imkanının araştırılması)
Göstergeler	<ul style="list-style-type: none"> ■ Statik basma yüksekliğinin azaltılması (veya ihtiyaca uyarlama imkanının araştırılması) ■ Dinamik basma yüksekliğinin azaltılması (veya ihtiyaca uyarlama imkanının araştırılması) <p>Debinin azaltılması:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Eşanjör uygulamalarında veya ısı dağıtım ağındaki sıcaklık farkı çok düşük ■ Önemli olmayan ekipman, çalışmayan ekipmana yönelik debi yolları ■ Proses gereklerine ayarlanmamış debi ■ Doldur-boşalt kesikli prosese giden debinin azaltılması
	<p>Basma yüksekliğinin azaltılması:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Gereksiz kısma/devridaim debileri ■ Temizlenmeyen/bakımı yapılmayan ısı geri kazanım sistemi ■ Optimize edilmeyen tank konumu
Açıklama	<p>Her pompa sistemi, iletim basma yüksekliği olarak bilinen basınç artışı nedeniyle belirli bir miktarda direncin üstesinden gelmek zorundadır. Bu direnç, hem statik hem de dinamik bileşenleri içerir. Statik basma, akışkanın basılması gereken yükseklik veya nozularda gerekli basınç düşüşleri ile belirlenir. Basma yüksekliği gereklerinin dinamik kısmı, boru sürtünme kayıplarından ve yerleşik bağlantıların hidrolik dirençlerinin toplamından kaynaklanır.</p> <p>İlk olarak, iletim basma yüksekliğinin statik kısmı azaltılmalıdır, örneğin tüm debi en yüksek düzeye basılmamalı; sadece spesifik uygulama için gerekli yüksekliğe basılmalıdır. Buna ek olarak, su tankları ve kazanların konumu kontrol edilmelidir. Bu önlem özellikle tesis planlaması için önemlidir, ancak tesiste daha büyük donanım iyileştirmesi durumunda da önemli rol oynayabilir.</p> <p>Pompa sistemleri genellikle farklı yükseltilerde konumlandırılabilen veya farklı işletim basınçlarını gerektiren çoklu çekişleri besler. Bu durumda, yüksek basınçlı tüketicilerin, terfi pompası ile beslenip beslenemeyeceği, böylece esas ağın düşük basınçta beslenip beslenemeyeceği araştırılmalıdır.</p>
Formül	$H_{sonra} = H_{s_{sonra}} + H_{dyn}$ $P_{el_{önce}} = \frac{\rho \cdot g \cdot Q_{önce} \cdot H_{önce}}{367000 \cdot \eta_p \cdot \eta_M}$ $P_{el_{sonra}} = \frac{\rho \cdot g \cdot Q_{sonra} \cdot H_{sonra}}{367000 \cdot \eta_p \cdot \eta_M}$ $\Delta C = (P_{el_{önce}} - P_{el_{sonra}}) \cdot t_{önce} \cdot c(E)_{el}$
ÖD için tavsiye edilen parametreler	Toplam basma yüksekliğinin ölçülmesi (önce ve sonra) ve güç azalmasının hesaplanması; veya çekilen gücün ölçülmesi, işletim süresinin ölçülmesi.

Tablo 12.41: Debi ve basma yüksekliğinin azaltılması

Başlık	Dağıtım ağının iyileştirilmesi – dinamik basma yüksekliğinin azaltılması
Göstergeler	<ul style="list-style-type: none"> ■ Önemli kesit değişiklikleri veya yeni makinelerin bağlanması nedeniyle üretim artışları ■ Gereksiz valfler, sınırlar ■ Boru çapının değiştirilmesi ■ Emişte debinin optimize edildiğinin kontrol edilmesi
Açıklama	<p>Statik basma yüksekliğinin azaltılmasından sonra, sonraki adım iletim yüksekliğinin dinamik kısmının azaltılmasıdır. Aşağıdaki önlemler mümkündür:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Hızı ve boru sürtünme kayıplarını asgariye indirmek için boru çapının artırılması. ■ Yerleşik bağlantı kayıplarının azaltılması
Formüller	$H = H_s + H_{dyn}$ $H = H_s + \left(\frac{\lambda \cdot l}{D} + \sum \right) \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$ $v = \frac{4 \cdot \dot{V} \cdot 10^3}{\pi \cdot d_i^2}$
	<p>Pompa sistemlerinde tavsiye edilen hız: Su dağıtım sistemleri (çoğunlukla açık sistemler): Uygulamaya bağlı olarak en fazla 3,0 m/s Isıtma/soğutma/havalandırma sistemleri (çoğunlukla kapalı sistemler): DN 32'ye kadar maks. 1,2m/s DN 40 ve 50 maks. 1,5m/s DN 65 ve 80 maks. 1,8m/s DN 100 ve üzeri maks. 2,0m/s</p>
	<p>Pompa sistemlerinde bileşenlerin sürtünme kaybı: Bağlantı Kayıp katsayısı ζ Boru dirseği 90° 0,3 Klapeli sifon 1 ila 2 Çekvalf 0,7 ila 1,2 Kaydırıcı 0,2 Borular 0,0</p>

Tablo 12.42: Dağıtım ağının iyileştirilmesi

Başlık	Bakım prosedürünün iyileştirilmesi
Göstergeler	Bakım prosedürü yok
Açıklama	<p>Bakım maliyeti genellikle bir pompa sisteminin toplam ömür boyu maliyetinin yalnız %5-10'una karşılık gelir. Ancak, ömür boyu maliyetin yaklaşık %85'ine karşılık gelen elektrik tüketimi üzerinde önemli etkiye sahiptir. Bu yüzden, pompa sistemlerinin bakım ve onarımına özel önem verilmelidir. Pompa verimlilik faktörünü yüksek ve enerji maliyetlerini düşük tutmak için, aşağıdaki noktalar bakım planına dahil edilmelidir:</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Uygulamaya bağlı olarak kaçakların görsel kontrolü (haftalık ila altı aylık aralıklarda): İzin verilebilir kaçaklar dakikada 2 ila 60 damla arasında olmalıdır. ■ Yüksek aşınma nedeniyle ağır kaçak durumunda mekanik contalar değiştirilmelidir. ■ Devridaim valflerinin kaçak sızdırmazlığının kontrol edilmesi. ■ Oyuqlaşmanın kontrol edilmesi ■ Üreticinin yönergelerine göre yatakların yağlanması ■ Artmış "çatırtı" sesi ve olağandışı titreşimler yatak aşınmasını gösterir (gerekirse yatağın değiştirilmesi). ■ Durdurunca titreşim oluşması: Gerekirse, motor ve pompa hizalama ayarının düzeltilmesi ■ Pompa motoru yalıtımının kontrol edilmesi. ■ Yerleşik filtre, belirli düzeyde kirlenmeden itibaren düzenli olarak temizlenmeli, aksi halde basınç kaybı hızlı biçimde artar. ■ Yağ seviyesi, bağlantılar ve aletlerin kontrol edilmesi.
ÖD için tavsiye edilen parametreler	Basınç, debi veya güç azalmasının ölçülmesi.

Tablo 12.43: Bakım prosedürünün iyileştirilmesi

12.4.3 Fanlar

Bu bölüm, havalandırma sistemlerinde en etkili enerji verimlilik önlemleri hakkında bilgi vermektedir. Bununla birlikte, havalandırma sistemleri için, karmaşıklığı nedeniyle bu dokümanda açıklanmayan örneğin nemlendirme ve nem alma gibi enerji ve maliyet tasarrufuna katkı sağlayabilecek birkaç diğer önemli önlem de bulunmaktadır. Bu bölüm için kaynaklar: Gerstbauer vd. 2015; EMANZ, 2017a; topmotors.ch, 2012.

Başlık	Fan işletim süresinin azaltılması
Göstergeler	Tatil günleri, hafta sonları, geceleri, vardiyadan çok önce (gereksiz) çalıştırma, vardiya / mola sona erdikten çok sonra çalışmayı durdurma
Açıklama	Havalandırma sistemleri için ilk önlem, işletim süresinin azaltılmasıdır. Bu azaltma, tüm havalandırma sistemlerinde enerji tasarrufu sağlar.
Formül	Havalandırma sistemi, işlenmemiş hava akışı $\Delta C = P_e \cdot (t_{\text{önce}} - t_{\text{sonra}}) \cdot c(E)_{el}$ HVAC Sistemleri (soğutma ve/veya ısıtma): $\Delta C = \dot{V} \cdot (t_{\text{önce}} - t_{\text{sonra}}) \cdot c(V)_{el, ısıtma, soğutma, bakım}$
ÖD için tavsiye edilen parametreler	<ul style="list-style-type: none"> ■ İşletim süresinin ölçülmesi, çekilen gücün hesaplanması veya tahmin edilmesi (üretici verilerine dayalı olarak). ■ Belirli bir zaman aralığı üzerinden çekilen gücün ölçülmesi (örneğin bir hafta).

Tablo 12.44: Fanlar için işletim süresinin azaltılması

Başlık	Debinin ayarlanması
Göstergeler	<ul style="list-style-type: none"> ■ Talepten (belirlenen gerekten) daha yüksek debi (%30 üzerinde) ■ Talep, sıcaklık ayar noktalarına yansıtılmıyor (örneğin soğutma kuleleri için su sıcaklığı) ■ Debinin azaltılma imkanı (belirtilmiş gereğin azaltılması) ■ Besleme havası talebin çok üzerinde (sürekli olarak)
Açıklama	Bu tasarruf önlemi fan sistemi debisini azaltır (ve buna bağlı olarak basınç düşüşünü). Örneğin kasnak çapının değiştirilmesiyle yapılabilir (frekans dönüştürücü için bkz. sonraki tasarruf önlemi).
Formül	$\Delta C = \frac{(\dot{V}_{\text{eski}} - \dot{V}_{\text{yeni}}) \cdot (\Delta p_{\text{eski}} - \Delta p_{\text{yeni}})}{\eta} \cdot t \cdot c(E)_{el}$
ÖD için tavsiye edilen parametreler	<ul style="list-style-type: none"> ■ Debi ve basıncın ölçülmesi, elektrik gücün ve işletim süresinin tahmin edilmesi. ■ Çekilen güç ve işletim süresinin ölçülmesi.

Tablo 12.45: Debinin ayarlanması

Başlık	Frekans dönüştürücü ile debinin ayarlanması
Göstergeler	<ul style="list-style-type: none"> Talep, işlem hacmi, sıcaklık, ürün tipi, kirleticiler, nemliliğe bağlı olarak değişiyor. Büyük debi varyasyonlarına sahip sistemler Damper/baypas akışı ile kontrol
Açıklama	Diğer bir enerji tasarruf önlemi, havalandırma sistemi debisini frekans dönüştürücüyle ayarlamaktır. Eski motorlar için, frekans dönüştürücünün motora takılabilir olduğu kontrol edilmelidir (sarım yalıtımı uygun olmayabilir). İlk olarak, optimizasyondan önce gerçek debinin belirlenmesi gerekir. Daha sonra, bu gerekli debi ile karşılaştırılır, motor hızı aynı oranda azaltılır. Güç, kübik olarak azalır.
Formül	<p>Frekans dönüştürücü için kısmi yükte elektrik tüketiminin hesaplanması: Bir frekans dönüştürücü (VSD) kullanıldığında fan sistemlerindeki kısmi yük güç tüketimi için formül</p> $P_{e_FU} = \left(\frac{\dot{V}_{yeni}}{\dot{V}_{eski}} \right)^3 \cdot P_{e_eski}$
ÖD için tavsiye edilen parametreler	Çekilen gücün ölçülmesi, işletim süresi veya iletilen debinin ölçülmesi.

Tablo 12.46: Frekans dönüştürücü takılması

Başlık	Fan değiştirme
Göstergeler	<ul style="list-style-type: none"> Hava işleme biriminin yaşı (10 yaş üzeri) Kurulumdan bu yana sistemde önemli değişiklikler (debinin %20'den daha fazla değişmesi) Düşük verimlilik: Yasal gereklere kıyasla, örneğin EcoDesign veya özgül fan gücü (SFP): 0,5 W/m³/sa üzerinde Sürekli kısılı Yıpranmış, aşınmış veya kırılmış kanatlar
Açıklama	Fanın daha verimli olan ile değiştirilmesi
Formül	$\Delta C = P_{el} \cdot t \cdot \left(1 - \left(\frac{\eta_{eski}}{\eta_{yeni}} \right) \right) \cdot c(E)_{ısıtma, soğutma}$ $P_{SFP} = \frac{P_{el}}{\dot{V}_{Net}} = \frac{\Delta p}{\eta_{Ges}}$
ÖD için tavsiye edilen parametreler	<ul style="list-style-type: none"> Çekilen gücün ölçülmesi, işletim süresinin ölçülmesi veya tahmin edilmesi. Verimlilik değerlendirmesi için, çekilen güç, hacim ve toplam basıncın ölçülmesi.

Tablo 12.47: Fan değiştirme

Başlık	İletim sisteminin değiştirilmesi																
Göstergeler	<ul style="list-style-type: none"> Sürücü kayışları eskimiş 2 kW altındaki fanlar için kayışlı sürücüler (topmotors.ch) 																
Açıklama	Eski iletim sisteminin yeni, verimli olan ile değiştirilmesi (örneğin frekans dönüştürücü ile birleştirilebilen doğrudan sürücü)																
Formül	$\Delta C = (P_{el, eski} - P_{el, yeni}) \cdot t \cdot c(E)_{el}$ <p>VEYA:</p> $C = P_{el, eski} \cdot t \cdot \left(1 - \frac{\eta_{Sürücü\ eski}}{\eta_{Sürücü\ yeni}} \right) \cdot c(E)_{el}$ <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Doğrudan sürücü:</td> <td></td> <td>$n_{Sürücü} = 1$</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Tekli V-kayış:</td> <td>$P_{el} < 5$ Kw için</td> <td>$n_{Sürücü} = 0,83$</td> </tr> <tr> <td>$P_{el} > 5$ Kw için</td> <td>$n_{Sürücü} = 0,90$</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Çoklu V-kayış: Her ilave V-kayış güç iletimini %1 azaltır</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">Düz kayış:</td> <td>$P_{el} < 5$ Kw için</td> <td>$n_{Sürücü} = 0,90$</td> </tr> <tr> <td>$P_{el} > 5$ Kw için</td> <td>$n_{Sürücü} = 0,96$</td> </tr> </table>	Doğrudan sürücü:		$n_{Sürücü} = 1$	Tekli V-kayış:	$P_{el} < 5$ Kw için	$n_{Sürücü} = 0,83$	$P_{el} > 5$ Kw için	$n_{Sürücü} = 0,90$	Çoklu V-kayış: Her ilave V-kayış güç iletimini %1 azaltır			Düz kayış:	$P_{el} < 5$ Kw için	$n_{Sürücü} = 0,90$	$P_{el} > 5$ Kw için	$n_{Sürücü} = 0,96$
Doğrudan sürücü:		$n_{Sürücü} = 1$															
Tekli V-kayış:	$P_{el} < 5$ Kw için	$n_{Sürücü} = 0,83$															
	$P_{el} > 5$ Kw için	$n_{Sürücü} = 0,90$															
Çoklu V-kayış: Her ilave V-kayış güç iletimini %1 azaltır																	
Düz kayış:	$P_{el} < 5$ Kw için	$n_{Sürücü} = 0,90$															
	$P_{el} > 5$ Kw için	$n_{Sürücü} = 0,96$															
ÖD için tavsiye edilen parametreler	Çekilen gücün ölçülmesi, işletim süresinin ölçülmesi veya tahmin edilmesi.																

Tablo 12.48: İletim sisteminin değiştirilmesi

Başlık	Isı geri kazanımı
Göstergeler	Atılan hava için ısı geri kazanımı yok Isının giriş havasına aktarılma imkanı
Açıklama	Isı geri kazanım sisteminin kurulması: Mevcut sistem maliyetlerinin belirlenmesi için, soğutucunun ısı pompalarının performans katsayısı (COP) ve yük noktasındaki buhar veya sıcak su kazanının verimi dikkate alınmalıdır.
Formül	$P_{atılan\ hava} = \frac{\dot{m}_{atılan\ hava} \cdot c_{hava} \cdot \Delta\vartheta}{3600}$ $P_{ısı\ geri\ kazanım} = \Phi \cdot P_{atılan\ hava}$ $\Delta C = P_{ısı\ geri\ kazanım} \cdot t_H \cdot c(E)_{ısıtma, soğutma}$
ÖD için tavsiye edilen parametreler	<ul style="list-style-type: none"> ■ Geri kazanılan ısının ölçülmesi (mümkün ise). ■ Veya ısıtma sistemi için enerji talebinin ölçülmesi.

Tablo 12.49: Isı geri kazanımı

Başlık	Bakım/Basınç kaybının azaltılması
Göstergeler	<ul style="list-style-type: none"> ■ Filtreleme sistemlerinde basınç kaybı yüksek ■ Hava kanallarındaki kaçaklar debide kayıplara neden olabilir. ■ Kanallarda aşırı basınç düşüşü (küçük boyutlu kanal ve yetersiz kanal geçiş tasarımı) ■ Kanal dirsekleri, ek yerleri ve T kesişimlere yakın kurulu fan girişleri ve çıkışları ■ Aşınmış kanatlar ■ Yetersiz yağlama
Açıklama	Kanal sisteminin ve filtre sisteminin iyileştirilmesi, kaçakları ve basınç düşmelerini azaltır.
Formül	$\Delta C = \frac{(\dot{V}_{eski} - \dot{V}_{yeni}) \cdot (\Delta p_{eski} - \Delta p_{yeni})}{\eta} \cdot t \cdot c(E)_{el}$
ÖD için tavsiye edilen parametreler	<ul style="list-style-type: none"> ■ Tasarruf ölçümüne bağlı olarak: Güç, basınç, hacim. ■ Çekilen gücün ölçülmesi, işletim süresinin ölçülmesi veya tahmin edilmesi.

Tablo 12.50: Bakım/Basınç kaybının azaltılması

12.4.4 Basıncılı Hava Sistemleri

Bu bölüm için kaynaklar: Kulterer vd. 2015

Başlık	Kaçakların azaltılması
Göstergeler	%10 üzerinde kaçak oranı
Açıklama	Basıncılı hava sistemlerindeki en büyük enerji kayıplarından biri sistemdeki kaçaklardan kaynaklanır. %50'lik bir kaçak yüzdesi olağandışı değildir, bu oran %10'a veya daha azına düşürülebilir. Kaçak kayıplarının hesaplanması, basıncılı hava sisteminin devre dışı olduğu ve kompresörlerin yalnızca kaçakları karşıladığı zaman aralığında ölçüm yapmak suretiyle yapılabilir. Sadece yük durumunda süre dikkate alınmalıdır (toplam işletim süresi eksi yüksüz durum). Kaçak oranının tespit edilmesi için bazen bir yük analizi yeterli olabilir.
Formül	$\Delta C = Kaçak\ kayıpları \cdot c(E)_{el} - E_{toplam} \cdot 10\% \cdot c(E)_{el}$
ÖD için tavsiye edilen parametreler	Debinin ölçülmesi (tüm kompresörlerin)

Tablo 12.51: Kaçakların azaltılması

Başlık	Sistem basıncının optimizasyonu
Göstergeler	<ul style="list-style-type: none"> 7 bar üzerinde basınç seviyesi (çoğu sektörde) Basıncı hava dağıtımında basınç kaybının 0,5-0,75 bar üzerinde olması
Açıklama	<p>Deneyime göre, sistem basıncının 1 bar düşürülmesi, sistemin toplam enerji tüketiminde %7'den fazla tasarruf yaratmaktadır.</p> <p>Daha düşük basınç seviyesine ulaşmak için önlemler:</p> <ul style="list-style-type: none"> Daha düşük besleme basıncında çalışması için yüksek basınçlı son kullanım cihazının modifiye edilmesi Yüksek basınçlı, aralıklı yükler için özgülendirilmiş küçük kompresörün (ve belki depolama) kurulması Sistem direncinin azaltılması, uygun debi kapasitesi için bileşenlerin optimize edilmesi, boru döngü bağlantılarının oluşturulması. Kondens boşaltıcılar, filtreler, boru tesisatının bakımı Besleme tarafı ve kullanım noktası hava temizlemenin kontrol edilmesi (enerji talebi ve basınç kaybının hesaplanması).
Formül	$\Delta C = E_{toplama} \cdot 7\% \cdot (\Delta p_{eski} - \Delta p_{yeni}) \cdot c(E)_e$
ÖD için tavsiye edilen parametreler	<ul style="list-style-type: none"> Mutlak basıncın ölçülmesi, elektrik talebinin tahmin edilmesi (üretici verilerine dayalı olarak). Günlük veya vardiya başına ortalama gücün ölçülmesi, basınç kontrolü

Tablo 12.52: Sistem basıncının optimizasyonu

Başlık	Kontrol sisteminin değiştirilmesi/yüksüz işletimin azaltılması
Göstergeler	<ul style="list-style-type: none"> Kısmi yükte çalışma süresi payı: %20-50 Çoklu kompresör kontrolörü yok (çoklu kompresörlere sahip makine daireleri için) Orijinal basınçlı hava gereğinin azaltılması (bir hattın devre dışı bırakılması, bir güç kaynağının bağlantısının kesilmesi, bir üretim odasının kapatılması) Gereğinden büyük boyutlu kompresör Yüksek oranda dalgalanan basınçlı hava talebi
Açıklama	<p>Gereğinden büyük boyutlu veya yetersiz oranda kontrol edilen kompresörler genellikle sadece %50'lik bir yük faktörüne sahiptir. Bunun sonucunda, frekans dönüştürücüler tarafından kontrol edilmeyen basınçlı hava sistemleri, sıklıkla boşta çalışır; güç tüketimi, basınçlı hava iletilmeksizin tam yükün %20 ila 50'sine (ortalama yaklaşık üçte bir) ulaşabilir. Tepe yük kompresörleri kullanımı için hedef değer %70 ve üzeri olmalıdır. Kontrollü çoklu kompresör sistemleri %90'a ulaşabilir.</p>
Formül	$\text{boşta (yüksüz) çalışır kısım} = \frac{t_{kismi yük}}{t_{toplama}} \cdot 100\%$ $\Delta C = P_{el_kismi yük} \cdot (t_{kismi yük önce} - t_{kismi yük sonra}) \cdot c(E)_{el}$
ÖD için tavsiye edilen parametreler	Günlük veya vardiya başına ortalama gücün ölçülmesi, basınç kontrolü

Tablo 12.53: Kontrol stratejisinin değiştirilmesi

Başlık	Kompresörlerin kapatılması
Göstergeler	Tatil günleri, hafta sonları, geceleri, vardiyadan çok önce (gereksiz) çalıştırma, vardiya / mola sona erdikten çok sonra çalışmayı durdurma
Açıklama	<p>Basınçlı hava sistemleri ve tüketicilerinin kısa süre için kapatılması, basit bir enerji tasarruf önlemidir. İşletim zamanı dışında basınçlı hava gerekmiyorsa, böyle zamanlar dışında sistemin çalışma süresi kontrol edilmelidir.</p> <p>Yöntemler aşağıdakileri içerir:</p> <ul style="list-style-type: none"> Zaman anahtarlı ve elektrikle çalışan küresel vana ile kullanılmayan hatların bağlantısının kesilmesi Manuel kapatma Elektrikle çalışan küresel vana ile sistemin tamamen otomatik açılması/kapatılması Kullanılmayan üretim makinelerinin kapatılması Otomatik kapatma zamanlayıcısının takılması (kompresör, önceden belirlenen bir süreden daha fazlası için yüksüz çalışınca kapatılır)

Formül	$\Delta C = P_e \cdot (t_{\text{önce}} - t_{\text{sonra}}) \cdot c(E)_{el}$
	Elektrik gücü bakımından, tam yük gücü değil, kapatmanın mümkün olduğu zaman aralığında çekilen ortalama güç önemlidir.
ÖD için tavsiye edilen parametreler	Uzun zaman aralığında çekilen gücün ölçülmesi (örneğin 10 gün)

Tablo 12.54: Kompresörlerin kapatılması

Başlık	Isı geri kazanımı
Göstergeler	Isı geri kazanım düzeneği yok.
Açıklama	Isı geri kazanımı aracılığıyla kullanılabilir enerji miktarı, kompresör sisteminin soğutma sistemine bağlıdır. Örneğin bir hava soğutmalı sistem, kendi anma gücünün %80 ila 90'ı, su soğutmalı sistem ise %50 ila 60'ı düzeyinde kullanılabilir ısı sağlar.
Formül	$\Delta C = P_e \cdot HRF \cdot 1 / \eta_{HS} \cdot t_{HP} \cdot C(E)_{ısıtma}$
ÖD için tavsiye edilen parametreler	Sıcak su için yakıt talebi veya enerji talebinin ölçülmesi

Tablo 12.55: Isı geri kazanımı

Başlık	Uygunsuz son kullanımlar için alternatifler (net tasarrufların hesaplanması)
Göstergeler	<ul style="list-style-type: none"> ■ Temizleme, soğutma ve spreyleme için basınçlı hava kullanılması ■ Vakum uygulamalarının kullanılması ■ Verimli nozullar olmaksızın sprey uygulamaları
Açıklama	<p>Basınçlı hava sistemlerinin optimizasyonu söz konusu olduğunda, ilk bakılması gereken şey basınçlı hava tüketicilerinin optimizasyonudur. Basınçlı hava tüketicilerinin, basınçlı hava sistemlerinde en yüksek verimlilik artış potansiyeline (%40'a kadar) sahip olduğuna dikkat edilmelidir. Buna ek olarak, basınçlı hava tüketicileri, basınçlı hava sistemlerinin tüm diğer parçalarını etkiler. Aşağıdaki seçeneklerin bir veya daha fazlası, basınçlı hava tüketicilerinin optimize edilmesi için seçilebilir:</p> <p>Bakım: Aşınan parçalarının düzenli olarak muayene edildiği, bakım yapıldığı veya değiştirildiği havalı sistemlerde basınçlı hava tüketimi yüksek olmaz. Yetersiz bakım sonucunda, kaçak sızdırmazlığı zayıflar, basınçlı hava tüketicileri daha yüksek enerji tüketir.</p> <p>Yükün aşırı basınç düşüşüne neden olduğu yerlerde filtrelerin değiştirilmesi: Kural olarak, bir filtre yılda bir kere veya 0,35 barlık bir basınç düşmesi üzerine değiştirilmelidir.</p> <p>Nozullar veya üfleme tabancaları (en önemli hava kullanıcı) kullanılan üfleme uygulamaları: Verimli nozullar veya üfleme tabancalarının kullanılması sayesinde, basınçlı havanın %15 ila 55 kadarı tasarruf edilebilir.</p>
Formül	Değerlendirmesi zor: Çoğu durumda tedarikçilerin tahmin edilmiş/ortalama değerleri mevcuttur.
ÖD için tavsiye edilen parametreler	<ul style="list-style-type: none"> ■ Tanımlanmış ölçüm noktasında debinin ölçülmesi ■ m³ başına enerji tüketiminin hesaplanması/ölçülmesi ■ Basınçlı hava için ortalama güç tüketiminin ölçülmesi

Tablo 12.56: Uygunsuz kullanım için alternatifler

12.5 Enerji Tasarruf Önlemleri Değerlendirme Araçları (Adım 6: Veri Analizi)

12.5.1 Enerji Tasarruf Önemlerinin Değerlendirilmesi için EMSA Motor Sistemleri Aracı (MST)

Bu araç, çeşitli motor sistemleri için verimlilik faktörünü hesaplayabilmekte ve ideal bileşenlerin seçilmesinde teknik destek sağlamaktadır. Hız, işletim noktası veya diğer unsurlardaki değişimin, genel sistem verimliliğini nasıl etkilediğini dinamik olarak hesaplamaktadır. MST, standardize edilmiş elektrik motorları, asenkron, sabit miktatsız ve senkron motorlar için hazır hesaplama modellerine sahiptir. MST buna ek olarak, pompalar, fanlar, kompresörler ve ayrıca V-kayışlar ve diğerleri gibi iletim tipleri için modeller ile programlanabilmektedir. MST yukarıdakilerin tümünün bileşikleri için toplam verimliliği hesaplamaktadır.

Aracın temel fikri, elektrik motor sisteminin tam ve basit bir modelini çizmektir. Araç aşağıdaki bölümler halinde yapılandırılabilir:

- Bölüm 1: "Yük": Bu bölüm, elektrik motor sisteminin yük profili tanımlar. Burada kullanıcı, hız ve tork arasındaki ilişkiyi ifade eden farklı yük profillerini (doğrusal, karesel, sabit ve resiprokal) seçebilir.
- Bölüm 2: "İletim": "İletim" bölümünde, spesifik sürücü tipi (örneğin doğrudan sürücü) veya V-kayış, bir veri tabanında kasnak çapı, kayış sayısı gibi uygun parametrelerin tanımlanmasıyla seçilir.
- Bölüm 3: "Motor ve Sürücü": Üçüncü bölümde, elektrik motoru verileri gereklidir. Tüm motor verileri bilinmiyorsa, araçtan önce tanımlanmış standart motorlar seçilebilmektedir. Bu seçim, IE1'den IE4'e kadar IE sınıflarındaki her iki standart asenkron motoru, sabit miktatsız motor teknolojisini ve senkron relüktans teknolojisini kapsar. Son olarak, potansiyel bir frekans dönüştürücü için de seçim vardır.

Şekil 12.1, yukarıda değinilen üç bölümü içeren motor sistemi aracının ana menüsünü göstermektedir.

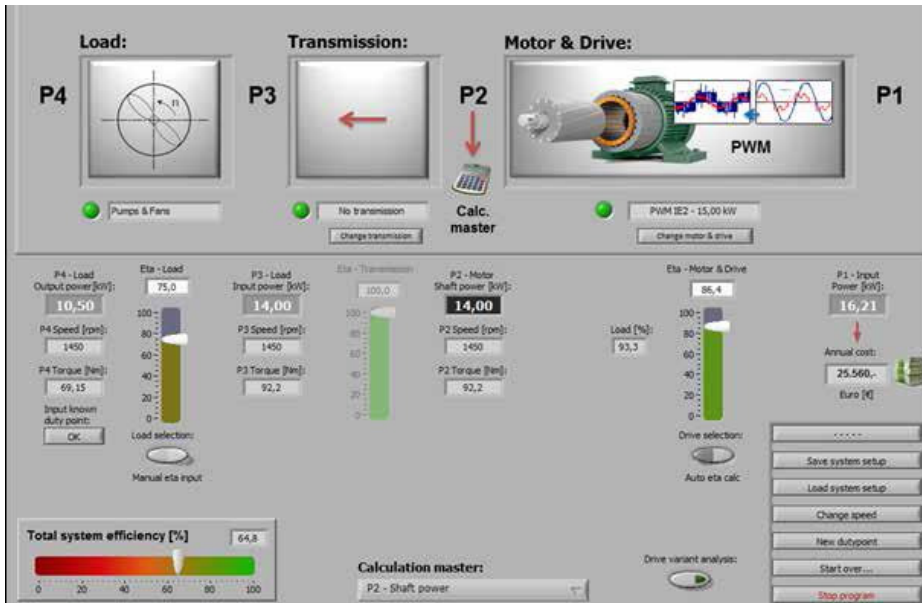
Motor aracının temel işlevi şöyle özetlenebilir: Kullanıcı, elektrik motor sisteminin, örneğin hız veya gerekli yük gibi bir işletim noktasını tanımlar. Bu noktadan tüm verimlilik faktörleri hesaplanabilir. Sonraki adım, çeşitli parametrelerin değiştirilmesiyle verimliliğin değerlendirilmesini içerir. Aracın çıktısı, tanımlanan sistemin enerji tüketimidir.

12.5.2 Standart Test Raporu (STR)

Aracın işlevi:

Standart Test Raporu (STR) aracı, aşağıdaki paragraflarda açıklanan beş bölümden oluşmaktadır:

- Elektrik motoru tahrik sisteminin gerçek durumu için ayrıntılı açıklama: Excel aracının bu bölümünde, kullanıcı incelenen elektrik motoru tahrikli sistemin gerçek durumu hakkındaki bilgileri doldurabilir. Tüm motor sisteminin etiket verileri kullanıcı tarafından girilmelidir. Sonraki adım, tesis dokümanları ve kurulum şemalarının değerlendirilmesidir. Bu dokümanlarda bulunabilecek, örneğin elektrik motor sisteminin verimliliği ve yaşı gibi veriler, ayrıca Excel aracına girilmelidir. Ek olarak, örneğin sistemin yıllık işletim süresi gibi işletim verileri de bilinmelidir. Bu bölümün son adımında, örneğin pompa, fan veya elektrik motoru vb. gibi elektrik motor sisteminin tipi belirtilmelidir.
- Elektrik yükü ölçüm sonuçları: Excel aracının ikinci bölümü, elektrik motor sisteminin ölçümü ile ilgilidir. Elektrik güç (motor ve frekans dönüştürücü motor) başlangıçta ve işletim sırasında ölçülür ve gerçek durum hakkındaki bilgi ile birlikte belgelenir. Sonuçlar bir grafikte gösterilir ve elektrik gücünün minimum, maksimum ve ortalama değerleri yük faktörü olarak bir tabloda gösterilir. Başlangıçtaki güç gereği ile birlikte, ortalama yük faktörü, sistemin gereğinden küçük veya büyük boyutlandırıldığına ilişkin ipucu verir.



Şekil 12.1: Motor Sistemleri Aracı Ekran Görüntüsü, www.motorsystems.org

- Münferit enerji iyileştirme önlemlerinin yaklaşık maliyetleri: Excel aracının sonraki adımı iyileştirme önlemlerinin ve bu önlemlerin kapsam ve enerji açısından etkilerinin listesini içermektedir. Ayrıca, Excel aracının kullanıcısı çeşitli önlemlerin maliyet tahminlerini girmelidir. Sonrasında bu maliyetlerin toplamı, aracın maliyet-fayda ve geri ödeme hesaplamasında kullanılır.
- Gerçek ve hedef durumda toplam sistemin enerji talebinin hesaplanması: Aracın esas bölümü, gerçek ve hedef durumda komple sistemin enerji talebinin hesaplanmasını ele alır. Araç, gerçek durumun ölçüm sonuçlarını analiz eder ve elektrik motor sisteminin tüm bileşenlerinin etkin mekanik güç gereğini tahmin edebilir. Gerçek durum analizine dayanarak daha iyi ve uygun bileşenler değerlendirilebilir, yeni verimlilik düzeyleri ve güç gereksinimleri gösteren hedef durum tanımlanabilir. Bu hesaplamaların sonucu, uygun enerji verimlilik önlemlerinin uygulanması sayesinde, gelecekte daha düşük enerji tüketimidir.
- İlave açıklamalar kutusu: Excel aracının son bölümü aşağıdaki türden ilave bilgilerin girilebileceği bir kutu içerir:
 - Ölçüm sırasındaki olaylar veya gözlemler
 - Ölçüm sırasında proses hakkında edinilen ayrıntılı bilgiler
 - İlave araştırmalar için öneriler
 - Daha yüksek müdahale düzeyinde iyileştirme alternatifleri
 - Tahrik sistemi hakkında genel notlar ve bulgular.

STR aracının temel işlevi şöyle özetlenebilir:

Bu Excel aracı, enerji etüt uzmanının önemli motor sistemi verilerini toplamasına yardım edebilir; sistemin ve bileşenlerinin verimliliğini analiz edebilir. Buna ek olarak, enerji etüt uzmanı, çeşitli enerji tasarruf önlemlerini simüle edebilir ve program sayesinde, tüm motor sisteminin gerçek ve hedef durumda maliyetini tahmin edebilir.

12.6 Enerji Tasarruf Önlemleri Ölçüm ve Doğrulama Planı (Adım 6: Veri Analizi)

ÖD planı unsurları	İlave açıklama
Kapsam ve amaç	Kuruluş, ÖD nedeni, ölçülenler, kullanılan ÖD yöntemleri, toplanacak verilerin özeti
Enerji performansı iyileştirme eylemleri (EPIA)	EPIA tanımı, EPIA'nın EP'yi (enerji performansı) nasıl veya neden iyileştirdiği, EPIA konusunda sorumluluk, zaman çerçevesi, konular, maliyetler
ÖD sınırları	ÖD'nin kapsamı ve amacı, EPIA'nın mahiyeti, ÖD yöntemi tarafından belirlenir
ÖD planı ön değerlendirmesi	Kullanılacak enerji sistemleri, verileri ve malzemelerinin üst düzeyde tanımlanması (örneğin mevcut enerji kullanımları, ekipman özellikleri, enerji tüketim modelinin belgelenmesi; ÖD'nin yürütülmesi için temsil edici zaman aralığının tespit edilmesi; veri toplama planı ve enerji referans düzeyi için gerekli verilerin tanımlanması).
EnPG'yi içeren enerji performans ölçülerinin karakterizasyonu ve seçimi	ÖD'nin temel amacı, EnPG'lerin (enerji performans göstergeleri) rakamsal olarak belirlenmesidir. EnPG'nin karakterizasyonu, enerji performans ölçüsünü belirleyen matematiksel denklem içermelidir. Ölçü birimleri: Örneğin kWh/m ² , çok değişkenli regresyon analizinin sonuçları
İlgili değişkenler ve statik faktörlerin karakterizasyonu ve seçimi	Bu birkaç adımda yapılmalıdır: İlgili değişkenler için kriterlerin oluşturulması, ilgili değişkenler ve statik faktörlerin tanımlanması (işletim aralığı, temsil edici zaman aralığı vb.'yi içerir)
ÖD yönteminin seçimi	Uygun yöntemlerin seçimi
Veri toplama planı	Bu plan şunları tanımlamalıdır: Değişkenin adı, veri kaynağı, veri kalitesi, verilerin toplanacağı sıklık, sorumlu bireyler, ölçüm noktalarına erişimin hazırlanması, işletim kısıtlamaları, kullanılacak ölçer tipi (sensör)
Enerji referans düzeyinin tespit edilmesi ve düzeltilmesi	Veriler, veri toplama planına göre toplanır ve ÖD planına göre analiz edilir. ÖD uygulayıcısı, enerji referans düzeyinin oluşturulması için gerekli veriler mevcut ise, EIPA(lar)'ın uygulanmasından sonra enerji referans düzeyini tespit edebilir. ÖD planı, enerji referans düzeyinin nasıl tespit edildiğini belgelemelidir (örneğin kullanılan ham veriler, spesifik zaman aralığı, referans düzeyini tespit süreci). ÖD yöntemi, enerji referans düzeyinin raporlama dönemi koşullarına uyarlanmasını (göre düzeltilmesini) gerektirebilir.
Gerekli kaynaklar	Kaynakların uygun olduğuna dair beyan
Görevler ve sorumluluklar	ÖD planının belgelenmesi

Tablo 12.57: Ölçüm ve doğrulama planı (ISO 50015'e göre)

13. Kısaltmalar

4E	Enerji Verimli Son Kullanıcı Ekipmanı
AC	Alternatif akım
ANSI	Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü
DC	Doğru akım
DoE	Amerika Birleşik Devletleri Enerji Bakanlığı
DN	Nominal çap
EASA	Elektrikli Aletler Servis Derneği
EIPA	Enerji Performansı İyileştirme Eylemleri
EMSA	Elektrik Motor Sistemleri Eki
EnPG'ler	Enerji Performans Göstergeleri
HVAC	Isıtma, Havalandırma ve İklimlendirme
ID	Kimlik no
IE	Uluslararası Verimlilik
ILI+	Akıllı Motor Listesi
ISO	Uluslararası Standardizasyon Teşkilatı
MDS	Motor Tahrikli Sistemler
MST	Motor Sistemleri Aracı
ÖD	Ölçme ve Doğrulama
RMS	Etkin değer
SOTEA	Verimli sürücüler için yazılım aracı
SPF	Özgül fan gücü
BGÖS	Basit Geri Ödeme Süresi
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
VSD	Değişken Hız Sürücüsü
ZIP	Bölge İyileştirme Planı

14. Simgeler Dizini

ΔC	Elektrik motorunun değiştirilmesiyle elde edilen enerji maliyeti tasarrufu [€/a]
P_{el}	Sistem elektrik gücü girdisi [kW]
P_N	Elektrik motoru anma gücü [kW]
P_{Shaft}	Sistem mil gücü [kW]
t	Sistem işletim süresi [h/a], değişmemişse
$t_{\text{önce}}$	Sistemin halihazır işletim süresi [h/a]
t_{sonra}	Sistemin optimizasyon sonrası işletim süresi [h/a]
Yük	Elektrik motoru yükü [%]
$c(E)_{el}$	Elektrik özgül enerji maliyeti (el) [€/kWh]
η_{eski}	Eski/verimsiz motor verimlilik faktörü [%]
η_{yeni}	Yeni/verimli motor verimlilik faktörü [%]
$\eta_{\text{sürücü}}$	Tahrik sistemi verimlilik faktörü [%]
$H_{\text{Kısmi yük}}$	Kısmi yükte pompa sistemi basma yüksekliği [m]
H_r	Pompa sistemi anma/nominal (veya ölçülen) basma yüksekliği [m] (sıfır debide)
H_s	Pompa sistemi statik basma yüksekliği [m]

H_m	Pompa sistemi maksimum basma yüksekliği [m] (sıfır debide), kapama basma yüksekliği
$H_{(\text{önce/sonra})}$	Optimizasyon öncesi/sonrası basma yüksekliği [m]
Q_r	Pompa sistemi anma/nominal (veya ölçülen) debisi [m ³ /s]
$Q_{\text{Kısmiyük}}$	Kısmi yükte debi [m ³ /s]
$Q_{(\text{önce/sonra})}$	Optimizasyon öncesi/sonrası debi [m ³ /s]
$n_{\text{-}}$	Hız [RPM] (nominal)
$n_{\text{-}m}$	Hız [RPM] (ölçülen)
λ	Sürtünme katsayısı [-]
l	Boru uzunluğu [m]
D	Dış çap [m]
ζ	Kayıp katsayısı [-]
v	Akış hızı [m/s]
g	Yerçekimi ivmesi: 9,81 [m/s ²]
ρ	Yoğunluk (örneğin su) [kg/m ³]
v	Akış hızı
\dot{V}	Havalandırma sistemi debisi [m ³ /s]
d_i	İç çap [mm]
P_{SFP}	Özgül fan gücü [W/m ³ s]
P_{el}	Fanlar için motorun elektrik gücü [W]
\dot{V}_{Net}	Fan nominal hava debisi [m ³ /s]
Δp	Fan toplam basıncı [Pa]
η_{Ges}	Toplam verimlilik (fan, sürücü, motor)
$P_{\text{atılan hava}}$	Atılan hava güç potansiyeli [kW]
$\dot{m}_{\text{atılan hava}}$	Atılan hava kütle akışı [kg/s]
C_{hava}	Hava özgül ısı kapasitesi [kJ/kgK]
$\Delta\theta$	Oda havası ile ortalama dış hava sıcaklık farkı [K]
$P_{\text{ısı geri kazanım}}$	Isı kazanım sistemiyle kazanılabilir güç [kW]
Φ	Isı kazanım faktörü [-]
Enerji gideri _{iii}	Kaçak kayıplarını azaltmadan önceki enerji giderleri [€/a]
Kaçak kayıpları	Basıncılı hava sisteminde kaçaklar nedeniyle enerji kayıpları [kWh/a] VEYA: $E_{\text{TOT}} \times$ kaçak tespiti öncesinde kaçak yüzdesi
$c(E)_{el}$	Elektrik özgül enerji maliyeti (el) [€/kWh]
$E_{\text{toplamlam}}$	Basıncılı hava sistemi toplam enerji tüketimi [kWh/a]
HRF	Isı kazanım faktörü [%] (60-90%)
t_{HP}	Isıtma süresi [s]
$c(E)_{\text{ısıtma}}$	Isıtma sistemi özgül enerji maliyeti (örneğin petrol, doğalgaz) [€/kWh]
$c(E)_{\text{ısıtma, soğutma}}$	Isıtma ve soğutma sistemi özgül enerji maliyeti [€/kWh]
$c(V)_{\text{ısıtma, soğutma, bakım}}$	Elektrik (el), ısı, soğutma, bakım hacme göre özgül maliyet [€/m ³]
η_{HS}	Isıtma sistemleri verimliliği (%)

15. Kaynakça

- Brunner C.U., Werle, R., Tieben, R. (2013): "Easy" programme for electric motor systems efficiency in Switzerland. In: Proceedings of the 8th International Conference on Energy Efficiency in Motor Driven Systems, 28 – 30 October 2013
- Da Costa Bortoni, E., de Almeida, R.A., Viana, A.N.C. (2008): Optimization of parallel variable-speed-driven centrifugal pumps operation, Energy Efficiency
- Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the Council (2012): Directive on energy efficiency, amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC, Edition: 14.11.2012
- Efficiency Valuation Organisation (EVO, 2012): International Performance Measurement and Verification Protocol (IPMVP®), Washington, 2012
- Energy Management Association of New Zealand (EMANZ) (2017a): Fan System Audit Standard. A standard for the auditing of the energy efficiency of electric-powered fan systems, website: www.emanz.org.nz, downloaded on 12.05.2017, source: http://www.emanz.org.nz/system/files/Fan_Systems_Audit_Std_v1.0.pdf
- Energy Management Association of New Zealand (EMANZ) (2017b): Pumping Systems Audit Standard, A standard for the auditing of the energy efficiency of electric motor-powered pumping systems used for liquid transport, website: www.emanz.org.nz, downloaded on 21.05.2017, source: https://www.emanz.org.nz/sites/default/files/data/Directory/Pumping_System_Audit_Standard_v1.pdf
- EN ISO 11011 (2013): Compressed air – Energy efficiency – Assessment, Edition: 15.09.2013
- EN ISO 14414 (2016): Pump system energy assessment, Edition: 15.02.2016
- EN ISO 50002 (2014): Energy Audits – Process requirements, Edition: 14.01.2014
- EN ISO 50006 (2014): Energy management systems – Measuring energy performance using energy baselines (EnB) and energy performance indicators (EnPI) – General principles and guidance, Edition: 20.01.2014
- Fluke (2017): Can you trust your meter reading, <https://www.elcal.ch/files/10047-eng-01-a.pdf> (19.6.2017)
- Gerstbauer, C., Geissegger, G., Hofmann, M., Presch, D., Kulterer, K. (2015): Leitfaden für Energieaudits an Lüftungsanlagen, Austrian Energy Agency, klimaaktiv, Edition: 01.04.2015, Wien, 2017
- Hofmann M., Kulterer, K. (2009): klimaaktiv Pumpenleitfaden, Österr. Energieagentur, BMLFUW, Wien, 2009
- IEA-4E (2016): Electric Motor Systems – EMSA, Motor System Tool V2.16.01, website: www.motorsystems.org, downloaded on 12.04.2017, <https://www.motorsystems.org/motor-systems-tool>
- IEA/OECD (2016): World Energy Outlook 2016, Paris
- Kulterer, K., Werle, R., Lackner, P., Brunner, C., Ellis, M. (2014): Policy Guidelines for Electric Motor Systems, Part II, Toolkit for Policy Makers Assessment of Existing Motor Policies, Zürich, 2014. www.motorsystems.org
- Kulterer, K., Huber, J., Ruther H., Oetiker, H., Pucher, C. (2015): Leitfaden für Energieaudits zur Optimierung von Druckluftsystemen, Austrian Energy Agency, klimaaktiv, Edition: 01.04.2015
- Kulterer K., Presch, D. (2015): klimaaktiv Measurement Guide I and II: Guideline for the assessment of energy savings ve guideline for measurement technology (only German), Österr. Energieagentur, BMLFUW, Wien, 2015
- McCoy, G. A. Douglass, J., G. (2000): Energy Management for Motor-Driven Systems, Office of Industrial Technologies Energy Efficiency and Renewable Energy – U.S. Department of Energy, Edition: March 2000, website: www.energylab.es, downloaded on 21.05.2017, source: http://www.energylab.es/fofos/090108163945_ufDX.pdf
- NSW Government, Office of Environment ve Heritage (NSW 2012): Measurement and Verification, Operational Guide: Motor, Pump and Fan Applications, NSW Government, Office of Environment ve Heritage, Sydney, Dec. 2012
- Statistik Austria (2017): Nutzenergieanalyse Österreich 2015, Wien, 2017
- topmotors.ch (2015a): Potential assessment – tool SOTEA V2.1, website: www.topmotors.ch, downloaded on 12.04.2017, source: <http://www.topmotors.ch/downloads/topmotors.ch> (2015b): Intelligent Motor List ILI+ V2.0, website: www.topmotors.ch, downloaded on 12.04.2017, source: <http://www.topmotors.ch/downloads/topmotors.ch> (2014): Standard Test Report (STR) V2.0, website: www.topmotors.ch, downloaded on 12.04.2017, source: <http://www.topmotors.ch/downloads/topmotors.ch> (2012): Merkblatt 24: Ventilatoren, Luftförderung, Effizienz ist wichtig, Energie Schweiz
- UNIDO (2012): Almeida, A., Fong, J., Falkner, H.: Energy Efficient Electric Motor Systems, Manual for a 2 day User Motor System Optimization Training, Version 1.1, 2012
- U.S. Department of Energy (DOE), Office of Energy Efficiency ve Renewable Energy (2008): Pumping System Assessment Tool (PSAT), website: www.energy.gov, downloaded on 12.04.2017, source: <https://www.energy.gov/eere/amo/downloads/pumping-system-assessment-tool-psat>
- U.S. Department of Energy (DOE), Office of Energy Efficiency and Renewable Energy (2010a): AIRMaster+, website: www.energy.gov, downloaded on 12.04.2017, source: <https://energy.gov/eere/amo/downloads/airmaster>
- U.S. Department of Energy (DOE), Office of Energy Efficiency and Renewable Energy (2010b): Fan System Assessment Tool (FSAT), website: www.energy.gov, downloaded on 12.04.2017, source: <https://www.energy.gov/eere/amo/downloads/pumping-system-assessment-tool-psat>
- VDMA 4370 (2012): Energy efficient compressed air systems – Guideline for identification and evaluation of existing weakness and the

correct coverage of potential energy savings, Edition: 05.2012

- Waide, P., Brunner, C.U. (2011): Energy-Efficiency Policy Opportunities for Electric Motor-Driven Systems, International Energy Agency Working Paper, Paris, 2011
- Worrel, E., Laitner, J., Ruth, M., Hodayah, F. (2001): Productivity benefits of industrial energy efficiency measures, US EPA, Washington, DC, 2001

16. Tablolar ve Şekiller

16.1 Tablolar

Tablo 3.1: Avusturya'da çeşitli sektörlerde elektrik motorları tarafından tüketilen elektriğin toplam tüketimdeki payı (Statistik Austria 2017)

Tablo 3.2: SOTEA için gerekli veri girişi 7

Tablo 4.1: Açılış toplantısı için kontrol listesi (EN ISO 50002: 2014, s.7) 8

Tablo 5.1: Tüm motor tahrikli sistemler için minimum olarak toplanacak genel veriler 10

Tablo 6.1: Tavsiye edilen ölçüm sistemleri 15

Tablo 7.1: Saha ziyareti sırasında kontrol edilecek tasarruf potansiyeli göstergeleri (UNIDO, 2012, ISO 14144: 2016) 17

Tablo 8.1: Motor tahrikli sistemlerin mevcut enerji performansı için gösterge örnekleri 18

Tablo 8.2: Motor tahrikli sistemler için en önemli tasarruf önlemleri (tasarruf önleminin uygulanabilirliğine göre ayrıntılar için bkz. Ek 12.4) 19

Tablo 8.3: Motor tahrikli sistemler için önemli enerji dışı kazanımlar (Worrel vd., 2001) 19

Tablo 8.4: Motor tahrikli sistemler alanında enerji tasarruf önlemlerinin ölçülmesi ve doğrulanması için ölçülecek veya tahmin edilecek ilave parametreler (NSW, 2012) 20

Tablo 8.5: Motor tahrikli sistemlerin değerlendirilmesi için kamuya açık, bağımsız araç örnekleri (IEA-4E, 2016; Topmotors, 2014; US DOE, 2008, 2010a, 2010b) 20

Tablo 12.1: Kontrol listesi – genel bilgiler (VDMA 4370, 2012, s. 16-17; EN ISO 11011: 2013, s.32) 26

Tablo 12.2: Genel motor verileri (McCoy vd., 2000) 27

Tablo 12.3: Spesifik motor verileri (McCoy vd., 2000) 27

Tablo 12.4: Motor işletim profili verileri (McCoy vd., 2000) 27

Tablo 12.5: Elektrik motoru verileri 27

Tablo 12.6: Spesifik pompa verileri 27

Tablo 12.7: Pompa kontrol verileri 27

Tablo 12.8: VSD verileri 27

Tablo 12.9: Taşıma ve dağıtım sistemi verileri 27

Tablo 12.10: Yerleşik bağlantılar ve tüketici verileri 28

Tablo 12.11: Akışkan özellikleri 28

Tablo 12.12: İlave sistem verileri 28

Tablo 12.13: İşletim profili 28

Tablo 12.14: Elektrik motoru verileri 28

Tablo 12.15: Spesifik fan verileri 28

Tablo 12.16: Fan kontrol verileri 28

Tablo 12.17: VSD verileri 28

Tablo 12.18: Kavrama verileri 28

Tablo 12.19: Dağıtım kanalı verileri 28

Tablo 12.20: Spesifik hava özellikleri 28

Tablo 12.21: Tüketici verileri 29

Tablo 12.22: İlave fan sistemi verileri 29

Tablo 12.23: Fan sistemi işletim profili verileri 29

Tablo 12.24: Kompresör verileri 29

Tablo 12.25: Basınçlı hava sistemi kontrol verileri 29

Tablo 12.26: Kurutucu bilgileri 29

Tablo 12.27: Hava alıcı 29

Tablo 12.28: İlave basınçlı hava sistemi verileri 29

Tablo 12.29: Basınçlı hava boru sistemi 29

Tablo 12.30: Son kullanım verileri 29

Tablo 12.31: Basınçlı hava sistemi işletim profili 30

Tablo 12.32: Mevcut ölçüm noktaları tablosu (örnekli) 30

Tablo 12.33: Olası ölçüm noktaları listesi (IS 14414, 2016; ISO 11011: 2013: C 1, D1, E1; EMANZ, 2017) 30

Tablo 12.34: Akış/debi ölçüm seçimi için kriterler (Kulterer, Presch, 2015) 31

Tablo 12.35: Gerektiğinde motorların kapatılması 32

Tablo 12.36: Motor değiştirme 32

Tablo 12.37: Sürücü değiştirme 32

Tablo 12.38: Pompalar için işletim süresinin azaltılması 33

Tablo 12.39: Pompaların optimize kontrolü (Kulterer, Hofmann, 2009; da Costa Bortoni vd., 2008) 34

Tablo 12.40: Pompa/motor değiştirme (ISO 14414: 2016, yazarlar) 34

Tablo 12.41: Debi ve basma yüksekliğinin azaltılması 35

Tablo 12.42: Dağıtım ağının iyileştirilmesi 36

Tablo 12.43: Bakım prosedürünün iyileştirilmesi 36

Tablo 12.44: Fanlar için işletim süresinin azaltılması 37

Tablo 12.45: Debinin ayarlanması 37

Tablo 12.46: Frekans dönüştürücü takılması 38

Tablo 12.47: Fan değiştirme 38

Tablo 12.48: İletim sisteminin değiştirilmesi 38

Tablo 12.49: Isı geri kazanımı 39

Tablo 12.50: Bakım/Basınç kaybının azaltılması 39

Tablo 12.51: Kaçakların azaltılması 39

Tablo 12.52: Sistem basıncının optimizasyonu 40

Tablo 12.53: Kontrol stratejisinin değiştirilmesi 40

Tablo 12.54: Kompresörlerin kapatılması 41

Tablo 12.55: Isı geri kazanımı 41

Tablo 12.56: Uygunsuz kullanım için alternatifler 41

Tablo 12.57: Ölçüm ve doğrulama planı (ISO 50015'e göre) 44

16.2 Şekiller

Şekil 2.1: Motor tahrikli sistemler için enerji etüdü akış şeması, çeşitli araçlar dahil 5

Şekil 3.1: Enerji etüdü planlama adımının iki farklı bölümü 6

Şekil 5.1: İki aşamalı veri toplamanın özeti 10

Şekil 6.1: Ölçüm planı hazırlama ve uygulama aşamaları (ISO 50002, Ek A7) 15

Şekil 12.1: Motor Sistemleri Aracı Ekran Görüntüsü, www.motorsystems.org 42

Enerji Verimli Son Kullanıcı Ekipmanı (4E) IEA Teknoloji İşbirliği Programı

4E, Uluslararası Enerji Ajansı'nın (IEA), hükümetlerin enerji verimli son kullanıcı ekipman üretim ve ticaretini artırmada etkili politikalar belirlemelerini desteklemek üzere 2008 yılında başlattığı Teknoloji İşbirliği Programı'dır. Uluslararası elektrikli aletlerin ticaret hacmi büyüdükçe, birçok saygın çok taraflı kuruluş, iklim değişikliğine maliyet-etkin çözümler sağlanmasında, uluslararası işbirliği ve enerji verimliliği hakkında bilgi alışverişinin kritik önemini vurgulamıştır. Asya-Pasifik, Avrupa ve Kuzey Amerika'dan 12 ülke, 4E forumunda bir araya gelerek, enerji verimli elektrikli alet ve ekipman alanında iyi politikalar geliştirmeyi desteklemek amacıyla bilgi ve deneyim paylaşmaktadır. Bu ülkeler, gelecekte enerji talebinin karşılanması için enerji kullanım verimliliğini azami kılmaktan elde edilecek enerji güvenliği, ekonomik kalkınma ve sera gazı azaltım alanlarında büyük yararları tanımaktadır. 4E, elektrikli aletler ve ekipmana odaklanmaktadır, çünkü bu alan, enerji tüketiminin en büyük ve en hızlı büyüyen alanıdır. Bu ürünlerin küresel ticaretinin artmasıyla birlikte, 4E üyeleri, uzmanlıklarının bir araya getirilmesinin yalnızca mevcut fonları verimli kullanmak değil, aynı zamanda çok daha kapsamlı ve kesin sonuçlar yarattığını görmüştür. Öte yandan, 4E, bilgi paylaşmanın ötesinde çalışmalar da yapmakta; katılımcıların politika ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik projeler başlatmakta, daha bilinçli politikalar belirlenmesini sağlamaktadır. 4E kapsamında başlıca araştırma ve geliştirme işbirliği faaliyetleri şunları içermektedir:

- Elektrik Motor Sistemleri (EMSA)
- Katı Hal Aydınlatma
- Elektronik Cihazlar ve Ağlar
- Haritalama ve Kıyaslama

4E üyeleri:

Avustralya, Avusturya, Kanada, Danimarka, Fransa, Japonya, Kore, Hollanda, İsviçre, İsveç, Birleşik Krallık ve ABD.

4E hakkında daha fazla bilgi için:

www.iea-4e.org



Motor Tahrikli Sistemler için Enerji Etüdü Kılavuzu 2018

ISBN: 978-605-7887-12-2