



SANAYİDE ENERJİ MALİYETLERİNİN AZALTILMASI

Öğr. Gör. Ceyda Kocabaş

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Meslek Yüksek Okulu, Üretimde Kalite Kontrol Programı.

Ceyda.pak@bilecik.edu.tr

Doç. Dr. Ahmet Fevzi Savaş

Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Güzel Sanatlar ve Tasarım Fakültesi, Endüstri Ürünleri Tasarımı.

Ahmetfevzi.savas@bilecik.edu.tr

ÖZET: Enerji maliyetleri, toplam üretim giderleri içerisinde çok önemli bir paya sahip bulunmaktadır. Gelişmiş ülkelerde çok yüksek miktarlarda enerji tüketilmesine rağmen kayıplar oldukça azdır. Ancak, Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde, enerji maliyetlerinin önemli bir kısmını kayıplar oluşturmaktadır. İşletmelerde, enerji verimini artıran çalışmaların düzenli ve planlı bir şekilde uygulanması gerekmektedir. Bu amaçla tesislerde enerji etütleri yapılarak, enerjinin verimsiz kullanıldığı noktaların tespit edilmesi ve gerekli iyileştirme önlemlerinin alınması gerekmektedir. Bu çalışmada; endüstriyel kuruluşlarda birim ürün başına düşen enerji maliyetlerinin azaltılmasının önemi belirtilerek iyileştirmeye açık alanlardan bahsedilecektir. Sanayide enerji verimini artırmaya yönelik yapılan bazı çalışmalar ortaya konacaktır. Süreç iyileştirme teknikleri sıralanarak bu tekniklerin enerji çalışmalarının daha etkin yürütülmesinde kullanılabileceği vurgulanacaktır.

Anahtar Kelimeler: Enerji Verimi, Enerji Maliyetleri, Süreç İyileştirme Teknikleri, Kalite Araçları

REDUCING ENERGY COSTS IN INDUSTRY

ABSTRACT: Energy costs have a significant share in total production expenses. In developed countries, although very high amounts of energy are consumed, losses are very low. However, in developing countries such as Turkey, energy costs constitute a significant portion of the losses. Efforts that increase energy efficiency should be implemented in a regular and planned way in enterprises. For this purpose, energy studies should be carried out in the facilities, the inefficient use of energy should be determined and necessary improvement measures should be taken. In this study; the importance of reducing the energy costs per unit product in industrial organizations and areas open to improvement will be mentioned. Previous studies to increase energy efficiency in industry will be put forward. Process improvement techniques will be listed and it will be emphasized that these techniques can be used to carry out energy studies more effectively.

Keywords: Energy Efficiency, Energy Costs, Process Improvement Techniques, Quality Tools

GİRİŞ

Günümüzde enerji tüketim giderlerinin azaltılması ve dünyanın doğal kaynaklarının korunması için enerjinin etkin kullanılması gerekmektedir. 2010 yılı verilerine bakıldığında, dünya üzerinde mevcut doğal gaz rezervlerinin 63, petrol rezervlerinin 46 ve kömür rezervlerinin de yaklaşık olarak 400 yıllık ömüre sahip olduğu tahmin edilmektedir. En önemli enerji kaynağı olan fosil kaynaklı yakıtların hızla tükenmekte olması, ülkemizin enerji kullanımında %70 oranında ihracata bağımlı olması, enerji üretim ve tüketim proseslerinde ortaya çıkan sera gazı emisyonlarının küresel ısınmaya ve iklim değişikliklerine neden olması vb. nedenlerle enerji verimliliğinin önemi gün geçtikçe artmaktadır (Karyeyen vd., 2012:2).

Ülkeler sanayi sektöründe rekabet güçlerini arttırabilmek için daha ucuza ve daha kaliteli enerji temin etmek amacıyla uzun vadeli politikalar oluşturmaya çalışmaktadırlar. Sanayi sektörü; ülkemiz nihai enerji tüketimi içinde yaklaşık %34 tüketim payına sahip olup, hem yüksek enerji

tasarrufu potansiyeli taşınması, hem de tükettiği enerjinin tümüne yakınının ticari enerji olması vb. sebeplerle enerji tasarrufu çalışmalarında öncelikli alandır (Mumlu, 2008:50).

Bir fabrikadaki üretim maliyetleri; işçilik, hammadde, enerji ve işletme maliyetlerinin toplamını içermektedir. Çoğu zaman enerji, toplam üretim maliyetlerine dahil edilir ve ayrı bir kalem olarak ele alınmaz. Fakat, enerji maliyetleri sanayi sektöründe, kullanılan hammaddelere, proseslere ve imal edilen son ürüne bağlı olarak toplam üretim maliyetlerinin %50'sinin üzerine çıkabilir (Bulgurcu vd., 2014:25).

Bir tesiste üretim devam ettiği sürece sürekli bir maliyet kavramı söz konusu olacaktır. Dolayısıyla işletmeler üretim yaparken, bu üretimi daha az kaynakla ve üretim bileşenlerini daha etkin kullanarak gerçekleştirmek durumundadırlar. Girdilerin verimli kullanılması ile maliyetler arasında çok büyük bir ilişki bulunmaktadır. Kalite yönetiminin maliyeti düşürme hedefi, enerji verimliliği çalışmalarındaki amaç ile birebir örtüşmektedir. Enerji verimliliği çalışmalarlarıyla aynı miktar ürün için daha az enerji girdisi kullanılması hedeflenmekte bu sayede maliyetin düşürülmesi planlanmaktadır (Çarkacı, 2014:3). Enerji tasarrufu makineleri kapatmakla, prosesi engellemekle veya durdurmakla yapılamayacağına göre asıl amacı üretim olan sanayi tesislerinde son ürünü gerçekleştirmek için kullanılan enerjinin iyi yönetilmesi gereklidir (Bulgurcu vd., 2014:25).

1. SANAYİDE ENERJİ YÖNETİMİ

Enerji yönetimi, enerjinin en uygun miktarlarda kullanılmasıdır. Enerji verimliliği, sıklıkla enerji tasarrufuyla karıştırılabilmektedir. Tasarruf; basitçe, "enerji tüketen ekipmanların kapatılmasıyla" daha az enerji tüketimi anlamı taşımaktadır. Verimlilik ise, daha düşük enerji giriş miktarıyla, enerjinin "son kullanımının" (örneğin; ısıtma, soğutma, aydınlatma vb.) aynı kalite ve düzeyde tutulmasının sağlanmasıdır (Özbakır, 2006:3).

Enerji yönetimi; belirli davranışları işletmeye yerleştirerek, atık madde ya da enerji içerikli gaz ve sıvıları değerlendirerek, iyileştirme yöntemleri uygulayarak, enerji verimli yeni teknolojiler kullanarak, üretimden ya da konfor şartlarından fedakârlık yapmadan enerjiyi daha etkin bir şekilde kullanmaktır. Ekonomik olarak, enerji verimliliğinin artırılması, ilave yeni enerji kaynaklarının devreye sokulması için yapılacak yatırımlardan daha ilgi çekicidir. Enerji tasarrufu daha hızlı ve daha ucuza elde edilebilen bir enerji kaynağı özelliği taşımaktadır ve kısa ya da orta dönemde ülkelerin enerji teminiyle ilgili muhtemel sorunların çözümüne azımsanmayacak katkısı olabilecektir. Ülke ekonomisine katkı sunmasının yanı sıra, tesis bazında enerji tasarrufu ile üretim kademelerinde enerji tüketiminin azaltılması ve böylece ürün üretim maliyetlerinin düşmesi sağlanabilecektir (Mumlu, 2008).

Sanayide enerji verimliliği ise daha geniş bir biçimde şu şekilde tanımlanır; gaz, buhar, ısı, elektrik, hava vb. enerji kayıplarını önlemek, çeşitli atıkların geri kazanılmasını ve değerlendirilmesini sağlamak, üretim miktarını değiştirmeden enerji ihtiyacını azaltmak, gelişmiş endüstriyel prosesler, daha verimli enerji kaynakları, enerji geri kazanımları vb. etkinliği artırıcı önlemler uygulamaktır (Karyeyen vd., 2012:2).

Bir üretim prosesi ile karşılaştırıldığında oldukça basit uygulanabilir bir yöntem olması nedeniyle enerji yönetimi her işletme için ekonomik bir fırsattır. Belli bir programa bağlı olmaksızın yürütülen çalışmalarda bazı basit işletme tedbirleriyle kuruluşlarda %10'a ulaşan

oranlarda enerji tasarrufu sağlanabilir. Geniş kapsamlı enerji yönetim programlarının uygulanmasıyla birlikte çalışmalara süreklilik kazandırıldığı gibi tasarruf oranı %25'in üzerine çıkarılabilir (Bulgurcu vd., 2014:25).

2. ENERJİ KULLANIMINDA İYİLEŞTİRMEYE AÇIK ALANLAR

Makine, fırın, pres gibi endüstriyel üretim araçları ile aydınlatma, soğutma ve ısıtma sağlayan sistemlerin doğru seçimi, bakımı, kayıpların azaltılması ve tasarruf uygulamaları üretilen ürün veya hizmetin kalitesini, maliyetini ve verimliliğini doğrudan etkilemektedir (Mumlu, 2008:11). Endüstrinin değişik dallarındaki enerji kullanım noktaları ve iyileştirmeye açık alanlar beş başlıkta incelenebilir:

2.1. Sıcak Su ve Sistemleri

Herhangi bir yakma sisteminde iyi bir yanmanın elde edilebilmesi için yeterli koşulların sağlanması gereklidir. Yakma sisteminde verimli yanma için yeterli ocak sıcaklığının, yeterli zamanın ve en uygun yakıt-hava oranının sağlanması ve bu koşulların süreklilik arz etmesi gerekmektedir (Mumlu, 2008:12).

2.2. Buhar ve Sistemleri

Buhar nihai kullanıcının ihtiyacını sağlayabilecek mümkün olan en düşük basınçta üretilmelidir. Yüksek basınçta buharın üretilmesi gereksiz yere daha fazla yakıtın tüketilmesine neden olur. Bu sebeple; vana, boru ve flanşlar izole edilmelidir. Buhar kaçakları önlenmeye çalışılmalıdır. Kullanılmayan buhar boruları ise tesisattan uzaklaştırılmalıdır. Sistem içerisinde hava toplanması mümkün olduğu ölçüde engellenmelidir (Mumlu, 2008:14).

2.3. Basınçlı Hava Sistemleri

Basınçlı hava uygun, güvenli ve emniyetli olduğu için bir güç kaynağı olarak delme işlerinde, hava motorlarında, kontrol valflerinde, boya spreylere, temizleme amaçlı olarak hava tabancalarında ve diğer birçok amaçlar için kullanılmaktadır (Mumlu, 2008:15). Hava talebinde geniş dalgalanmaların yaşandığı yerlerde tesisatlar için bir tane büyük kompresör kullanmak yerine birkaç tane daha küçük kompresör kullanımının tercih edilmesi daha ekonomik olacaktır (Mumlu, 2008:15). Basınçlı hava sistemlerindeki kaçakların önlenmesi enerji tasarrufu için önemli birer fırsattır. Kaçaklar çoğunlukta emniyet valfleri, kesici valfler, yol verme kaplinleri, boru ve hortum bağlantı yerleri ve pnömatik aletlerde meydana gelebilir. Kaçaklar, genellikle uygun olmayan tesisattan ziyade yetersiz bakımdan kaynaklanmaktadır (Mumlu, 2008:21).

2.4. Elektrik ve Sistemleri

Elektrik enerjisi işletmelerde prosese bağlı olarak toplam enerji tüketiminin % 10-25' i arasında yer tutar. Ancak birim fiyatının yüksek olması nedeniyle toplam enerji maliyetinin %50' ye yakını elektrik enerjisi için ödenir. Bu sebeple yapılacak enerji tüketim planlamalarında elektrik enerjisinin tüketim payı düşük dahi olsa bu konunun göz önüne alınması gerekmektedir (Mumlu, 2008:26). Bir elektrik motorunun bir makineye uygulanmasını inceleyip elde edilen

sonuçlara dayanan yenileme ve bakım çabaları ile büyük ölçüde enerji tasarrufu sağlanabilmektedir. Ayrıca, firma bir motora bağlı döner parçaları en az düzeye indirmelidir, çünkü döner kısımları hızlandırmak için çok daha fazla enerjiye ihtiyaç vardır ve bu enerji de dönen kısmın kütlesiyle doğru orantılıdır, hızlandırılacak kütle azaldıkça sarf edilen enerji aynı oranda azalmaktadır (Mumlu, 2008:31). Ülkemizde tüketilen elektrik enerjisinin yaklaşık olarak %20' sine yakın kısmı aydınlatmada kullanılmaktadır. Bu nedenle aydınlatma konusunda yapılabilecek enerji tasarrufu ülkemiz açısından büyük önem arz etmektedir (Mumlu, 2008:33).

2.5. Isı yalıtımı

İmalat sanayindeki yalıtım uygulamalarının iki ana amacı vardır. İlki; borulardan, tesislerden, proses ekipmanlarından, tanklardan ve yapılardan olan istenmeyen ısı kayıplarının ve ya bu sistemlere olan ısı kazançlarının azaltılmasıdır. Diğeri; yüzey sıcaklığı çok yüksek olan alanlarda çalışan personelin emniyetinin sağlanmasıdır. Bu amaçlara yönelik uygulamalarda kaya yünü, cam yünü gibi mineral esaslı yalıtım malzemeleri kazan gövdesinin dış yüzeyine kaplanmaktadır. Boru sistemlerinin yalıtımı ise sanayide uygulanan yalıtımlarının en yaygın olanıdır. Yalıtımsız flanşların bulunduğu bir boru sistemi, bütünüyle yalıtılmış bir boru sistemine göre iki kat daha fazla ısı kaybına sebep olmaktadır (Mumlu, 2008:39).

3. ENERJİ YÖNETİMİNE YÖNELİK UYGULAMA ÖRNEKLERİ

Özbakır (2006), Türkiye'de değişik sektörlerde faaliyet gösteren firmalarda yapılmış olan enerji yönetimi çalışma ve uygulamalarından bahsetmiştir. Erdemir'de enerji tasarrufu ve verimliliğine yönelik olarak 1982 yılında başlatılan ve 20 yıl boyunca sürdürülen iyileştirme çalışmaları sonucunda önemli mesafeler kaydetmişlerdir. Enerji performansının en önemli ölçütü 1 ton ham çelik üretimi için harcanan toplam enerji miktarını gösteren özgül enerji tüketim parametresi, 8220 Mcal değerinden yaklaşık 5000 Mcal değerine indirilerek, %39 oranında enerji tasarrufu gerçekleştirildiği vurgulanmıştır. Proje çalışmalarında elektrik ve su tüketimlerinin azaltılmasını da içeren 73 eylemden 58'i sonuçlandırılmıştır. Projelerin toplam yatırım tutarı 362.000\$ olup, yatırım için harcanan miktar iki yıldan biraz fazla sürede kendini geri ödemiştir.

Çakracı (2014), EÜAŞ Ambarlı DGKÇ Santralinde yapılabilecek enerji verimliliği çalışmalarını sıralamıştır. Uygulama olarak da, atık ısı kazanı, dom kazanı kapağı ve vanalardaki izolasyonsuz bölgelerin yalıtımını gerçekleştirmişlerdir. İzolasyon için harcanan para miktarı ile çalışma sonrasında elde edilebilecek kazancı hesaplamışlardır. Yaklaşık olarak 124 günlük bir süre zarfında, yapılan yatırımın kendini geri ödediği sonucuna varmışlardır.

Bulgurcu vd. (2014), Balıkesir'deki PVC profil fabrikasında yapılan enerji etütleri ve iyileştirmeleri sonucunda elde edilen enerji tasarrufunu incelemişlerdir. Mevcut boru tesisatında çok yüksek basınç kayıpları olduğunu tespit etmişlerdir. Bunun üzerine boru tesisatını yeniden tasarlamışlar ve bu tesisata uygun pompa seçmişlerdir. Dinlendirme havuzlarındaki sıcak-soğuk suyun birbirine karışmalarını önlemiş, soğuk suyun doğrudan kalıplara basılmasını sağlamışlardır. Özellikle sıcaklığın +10 °C'den düşük olduğu kış

günlerinde ve ilkbahar/sonbahar gecelerinde kuru soğutucuların devreye sokmuşlardır. Tüm bu çalışmalar sonucunda pompa enerjisinden, havuz sisteminden ve kuru soğutuculardan önemli ölçüde enerji tasarrufu elde etmişlerdir. Tüm bu iyileştirmeler için harcanan para 98.000 TL olup bu masrafların tahmini geri ödeme süresi 3,56 aydır.

Mumlu (2008), 150 °C' olan kazan suyu sıcaklığının 115-120 °C aralığına indirildiğinde herhangi bir konfor kaybı yaşanmadığını tespit etmiştir. Hem bu durumdaki kazancı hem de kazanın üretim olmadığı günlerde kapatılması durumunda elde edilecek kazancı ayrı ayrı hesaplamıştır. İdari bina, sosyal tesislerin ısıtılmasında kızgın su yerine bağımsız olarak doğalgaz kullanımına geçilmesi durumunda yıllık 192.533 m³ doğalgaz tasarrufu elde edileceği belirlenmiştir. Isı kaçaklarını termal kamerayla tespit edilmiş ve ısı kayıpları hesaplanmıştır. İzolasyonu eksik olan vanalar için vana ceketi takılarak yeni durumdaki ısı kaybı izolasyonsuz durumla kıyaslanmıştır. Ayrıca, daha az enerji çeken aydınlatma sistemine geçilmesi için çalışma gerçekleştirmiş ve elektronik balastlı ampullere geçilerek mevcut metal halid ampule göre % 30 fazla ışık akısı ve % 70 daha az elektrik sarfiyatına ulaşılmıştır.

Yılmaz (2011), bazı noktalarda termal kameralarla enerji kaçaklarını tespit etmiştir. Bunların fotoğrafları çekmiş ve bu noktalarda düzeltici faaliyetler başlatarak enerji verimliliği konusunda iyileştirmeler sağlamıştır. Özellikle kompanzasyon kontaktörünün bağlı olduğu kablodaki, sıkma somunu gevşekliği nedeniyle oluşan yüksek sıcaklık bölgeleri saptanmış ve somun sıkılarak bölgede olabilecek yangın riskinin ve enerji kaybının önüne geçilmiştir. İzolasyonsuz kazan brülörlerinin taş yünü ile yalıtılarak ısı enerjisi kaybı azaltılmış ve doğalgazda enerji tasarrufu sağlanmıştır. Sıcak su hattı vanalarında vana ceketi uygulamaları yapılmıştır. Buradaki ısı enerjisi kaybı azaltılmıştır. Çevre aydınlatmasındaki 1x280 W civa buharlı lambalar 2x55 W floresan lamba ile değiştirilmiştir. Bu değişim neticesinde elektrik faturasından elde edilecek kazanç, sistem değişimi için harcanan parayı 16 ayda karşılayacaktır. Teke vd. (2015), çalışmalarında aydınlatma cihazları, elektrik motorları ve iklimlendirme sistemleri üzerine yapılan detaylı çalışmalar sonucunda, bir üniversite hastanesinde bu cihazların enerji tasarruf potansiyelleri ve geri dönüşüm sürelerini tahmin etmişlerdir. Bu doğrultuda civalı ve floresan lambaların yerine LED kullanıldığında elde edilecek kazancı hesaplamışlardır. Ortalama %60 yükleme kapasitesiyle çalışan çiller grubundaki kompresör motorları, soğutma kulesindeki fan motorları, vantilatör/aspiretör motorlarında VSD(değişken hızlı sürücü) kullanılırsa yıllık 1,022,714 TL kazanç sağlanacağını ve yaklaşık bir yıl içerisinde kendini ödeyeceğini tespit etmişlerdir. Enerji verimli motora geçilmesiyle ilgili yaptıkları fizibilite çalışmasında geri ödeme süresi yaklaşık 6 yıl olduğu için yatırımı uygun bulmamışlardır. İzolasyonu olmayan vanalara vana ceketi uygulandığında 2-3 ay içerisinde kendini geri ödeyeceğini ifade etmişlerdir. Split klimalar yerine merkezi iklimlendirme sistemine geçilmesiyle ilgili çalışma yapılmış ancak 4.6 yılda kendini ödeyeceği gerekçesiyle uygun bulunmamıştır. Isıtma ve Soğutma Sistemlerinde tüm yalıtımlarda kireçlenmeyi önleyerek, ısıyı kayıpsız hale getiren kimyasalların kullanımı ile enerji tasarrufu sağlanabileceğini belirtmişlerdir.

4. SÜREÇ İYİLEŞTİRME TEKNİKLERİ

Kalite Araçları olarak adlandırılan araçlar özellikle problemlerin belirlenmesi ve çözümüne yönelik bilgi ve veri üretimini kolaylaştırmak ve sistematik olarak değerlendirmek amacıyla tasarlanmışlardır. Bu araçlar sayısal ve görsel nitelikleri yardımı ile olayların kolay anlaşılmasını ve yorumlanmasını sağlarlar. Bu teknikler doğru ve yerinde kullanıldığında problemin çözümü kolaylaşır (MEB, 2011). Problem çözümede kullanılan birçok araç ve teknik vardır. Bu tekniklerden bazıları aşağıda verilmiştir:

4.1. Beyin Fırtınası

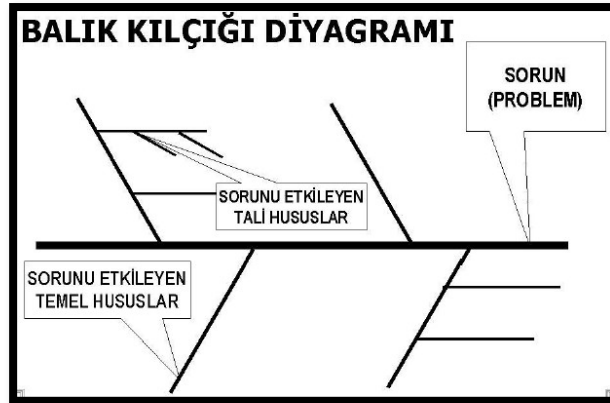
Beyin fırtınası, toplanacak veriler, ortak sorunlar, uygulama önerileri, çözüm önerileri ve karşılaşılabilecek engeller gibi konularda bir fikir listesi oluşturmak amacıyla uygulanır. Katılımı ve yaratıcılığı teşvik eder. Çok sayıda fikir üretilmesini sağlamak temel amaçtır.

4.2. Akış Diyagramı

Akış diyagramları, bir süreçteki tüm adımların görsel ifadesidir. Olayların sırasını açık olarak anlamamıza ve iyileştirme fırsatlarını belirlemeye yardım eder. Veri toplanacak alanları ve teknikleri tanımlamayı kolaylaştırır.

4.3. Sebep Sonuç Diyagramı (Balık Kılçığı Diyagramı)

Bir problemi oluşturan ya da etkileyen sebep ve faktörleri tespit etmek amacıyla oluşturulur. Problemlere daha geniş bir açıdan bakma olanağı sunar. Problemin teşhisini ve süreci iyileştirmeyi kolaylaştırır. Bu yöntemde öncelikle; problemi gösteren ana kılçık çizilir. Ana kılçığın üzerinde problemin olması muhtemel temel sebepleri gösterilir (MEB, 2011:91). Şekil 1'de de gösterildiği gibi temel sebeplere bağlı alt sebepler ise ana kılçıktan çıkan küçük kılçıklarla ifade edilir.



Şekil 1. Balık kılçığı diyagramı [Çözümvar Danışmanlık, 2009)

4.4. Çetele Diyagramı

Veri toplama araçlarından biri de çetele diyagramıdır. Süreç iyileştirme çalışmasında olasılıkları elemeye yardımcı bir araçtır. Veri kaydetmeyi kolaylaştıran bir tablo özelliği taşır.

Verilerin frekanslarının görüntülenmesinde kullanılan en kolay araçlardan biridir. Bir gözlemi yansıtmak için bir “√” ya da “/” işareti koymak yeterli olmaktadır.

4.5. Pareto Analizi

Süreç iyileştirme çalışmalarında belirli bir durum için neyin daha önemli olduğuna karar vermek amacıyla pareto analizi kullanılabilir. İlk olarak İtalyan ekonomist Pareto tarafından geliştirilmiş olup 80/20 kuralı da denilmektedir. Pareto kuralı, problemlerin büyük bir kısmının sayıca az ancak taşıdığı değerce önemli nedenlerden kaynaklandığını ifade eder. Bu kural problemlere yaklaşırken şu şekilde kullanılabilir: Problemin %80’lik kısmına %20’lik kısmın neden olduğu ve bu önemli %20’lik payın üzerinde yoğunlaşılması gerekmektedir.

4.6. Kuvvet Alan Analizi

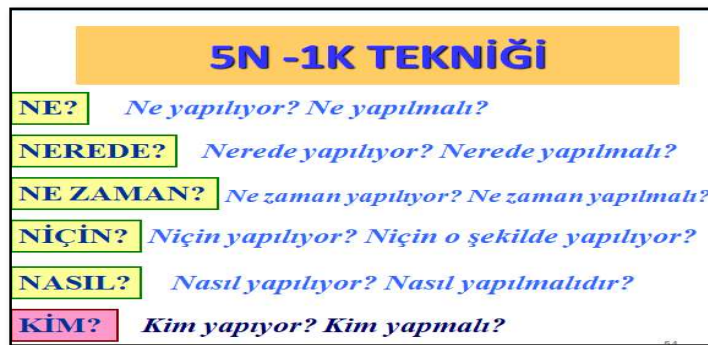
Bir amaca doğru ilerlemek veya iyileştirmek için iki farklı yol izlenebilir: İlki, performansı artırıcı kuvvetleri güçlendirmek, ikincisi ise performansı kötüye iten kuvvetleri zayıflatmak ya da ortadan kaldırmaktır. Kuvvet alan analizi bu kuvvetlerin ikisini birden tespit etmeye dayanır.

4.7. Ağaç Diyagramı

Belli bir hedefe ulaşmak amacıyla izlenmesi gereken yolların, sistematik bir şekilde giderek artan detaylarla grafik şeklindeki ifadesidir. Genel amaçların özel uygulama detayına indirgenmesi gerektiğinde, tüm uygulama seçeneklerinin belirlenmesi gerektiğinde, kök nedenleri tespit etmek için, (sebeup-sonuç diyagramına alternatif olarak), bir uygulama gerçekleşirken oluşabilecek aksaklıkların belirlenmesi ve bunların etkilerini azaltmak için neler yapılabileceğine karar verilmesi amacıyla kullanılabilir.

4.8. 5N- 1K Tekniği

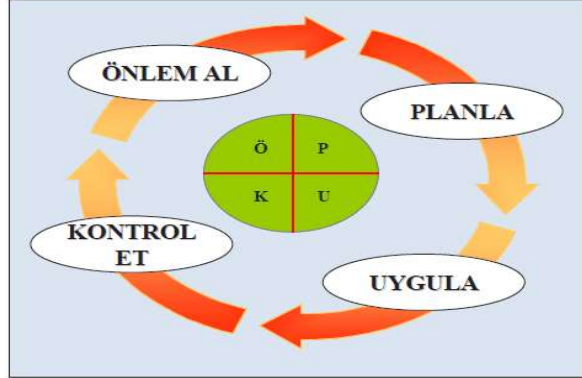
Bu teknik bir sürecin sorgulanması sırasında etkin bir biçimde kullanılabilir. Şekil 2’de yer alan soruları sorarak iyileştirme adımları atılabilir. Bu sorularla 5N -1K tekniği kullanımının pratik olması nedeniyle süreç iyileştirme çalışmalarında sürekli kullanılabilme özelliğine sahiptir.



Şekil 2. 5N- 1K tekniği (MEB, 2011:108).

4.9. PUKÖ Döngüsü

Süreç/kalite iyileştirmede en çok kullanılan tekniklerden biri de PUKÖ döngüsüdür. PUKÖ şu adımlardan oluşan bir tekniktir: Planla, Uygula, Kontrol et, Önlem al. Bu dördüne bir de standartlaştır adımı eklenmektedir (MEB, 2011).



Şekil 3. PUKO Döngüsü (MEB, 2011:109).

4.10. Gruplandırma (Tabakalandırma)

Gruplandırma veya tabakalandırma, verinin değişkenlik kaynaklarına göre gruplara ayrılarak kaydedilmesi ve işlenmesi olarak tanımlanabileceği gibi, kategorilere ve özelliklere göre bilgilerin sınıflandırılması süreci olarak da tanımlanabilir (Yücel, 2007).

HATA TÜRÜ	GÜNDÜZ VARDYS	GECE VARD.	TOPLAM	%
A	10	30	40	28,6
B	15	15	30	21,4
C	14	20	34	24,3
D	16	20	36	25,7
TOPLAM	55	85	140	100

Şekil 4. A, B, C, D hata tiplerinin hata türüne, vardiyaya göre gruplandırılması (Yücel, 2007:8)

4.11. İlişki Diyagramı

Birkaç fikir arasındaki sebep ve sonuç bağlarının grafiksel gösterimidir. Kök sebepler belirlenmek istendiğinde, daha iyi tanımlanması gereken, birbiri ile ilişkili çok fazla sayıda konu varsa, kök sebepleri belirlemek için yeterince veri olmadığında, kısıtlı kaynaklara dikkatlice odaklanmış bir gayret gerektirdiğinde kullanımı elverişlidir (MEB, 2011).

4.12. 8D

Tüm hata önleyici tedbirler alınmasına rağmen hatalı bir ürün üretildiğinde, hatanın giderilmesi ve tekrarının önlenmesi amacıyla çalışma yapılması zorunludur. Bunun için 8D adı verilen bir rapor hazırlanabilir. 8D tündengelim yaklaşımını kullanan bir problem çözme tekniğidir. 8D'nin amacı; kısa ve uzun vadede müşteriyi korumak ve hatanın tekrarlanmasını önlemektir. 8 farklı adımdan oluşmaktadır ve bir takım çalışması gerektirmektedir (Avdallar, 2009:104).

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Enerji maliyetlerinin çok yüksek olduğu günümüzde, ülkemizin tükettiği enerjinin %70 oranlarında dışa bağımlı olması nedeniyle enerji yönetimi oldukça önemli bir konudur (Karyeyen vd., 2012:2). Sanayi sektörü, bir yandan ülkemiz nihai enerji tüketimi içinde gittikçe artan önemli bir paya, diğer yandan da yüksek enerji tasarruf potansiyeline sahiptir. Bu durum, sanayi sektöründe yürütülecek olan enerji yönetimi çalışmalarının öncelikle ele alınmasını gerektirmektedir.

Enerji yönetimi ve tasarrufu çalışmaları sadece belli bir alanda faaliyet gösteren firmalar için geçerli değildir. Farklı sektörlerdeki tüm firmalar için uygulanabilecek enerji yönetimi ve tasarrufu çalışmaları mevcuttur. Literatür taranmış ve enerji yönetimi ile ilgili olarak bugüne kadar yapılmış çalışmalar incelenmiştir. Literatürde sunulan çok yararlı çalışmalara rağmen, ele alınması gereken boşluklar vardır. Öne çıkanlar aşağıda belirtilmiştir:

- Araştırmaların çoğu, kuruluş veya makine seviyesinde enerji verimliliği üzerine odaklanmıştır. Enerji verimliliğini süreçler düzeyinde ele alan çalışmalar oldukça azdır.
- Literatürde enerji performansının sürekli iyileştirilmesi için sistematik bir yaklaşım bulunmamaktadır [Madan vd., 2015:160].
- Kalite iyileştirme araçlarının enerji yönetiminde kullanılmasıyla ilgili çalışmalar oldukça sınırlıdır. Endüstriyel kuruluşlarda, ürün başına tüketilen enerjiyi azaltacak, kayıpların önüne geçerek faturaları aşağıya çekecek, firmalara çevreye daha duyarlı üretim yapma imkânı verecek enerji iyileştirme uygulamaları üzerine çalışmalar yapılması gerekmektedir. Bu doğrultuda; sadece doğrudan enerji tüketen aygıtlar değil enerjinin kullanıldığı bütün alanlar tek tek saptanarak tüm üretim ortamı bütüncül olarak ele alınmalıdır. Enerjinin verimsiz kullanılmasına neden olabilecek durumların ve bunlara ait çözüm önerilerinin belirlenmesinde kalite iyileştirme araçlarının kullanımı araştırılmalıdır. Enerji iyileştirme çalışmaları yürütülürken bu araçlardan yararlanılması çalışmaların etkinliğini artıracaktır. İncelenecek tesislerde öngörülen enerji kayıplarının azaltılması ve tasarruf edilmesi halinde doğal olarak önemli ekonomik ve çevresel kazançlar sağlanacaktır. Önerilen iyileştirme uygulama ve metotları ürün odaklı olmayıp enerji odaklı olduğu için enerji kullanan tüm sanayi kuruluşlarına rahatlıkla uygulanabilir olacaktır ve bu anlamda örnek teşkil edecektir.

KAYNAKÇA

- Karyeyen S., Aksoy M. H., Özgören M., Koçak S. (2012). “Konya Sanayisinde Enerji Verimliliği”, Mevlana Kalkınma Ajansı Bölgesel Araştırma raporları Serisi, No:5.
- Mumlu G. (2008). Enerji yönetim sistemi ve bir sanayi tesisinde enerji yönetimi uygulaması. (Yüksek lisans tezi). Sakarya Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya.
- Bulgurcu H., İlten N., Caner İ, Kon C. (2014, Temmuz/Ağustos). Bir endüstriyel pvc kalıp soğutma sisteminin enerji analizi ve iyileştirilmesi, *Tesisat Mühendisliği*, Sayı 142.
- Çarkacı E. (2014). EÜAŞ Ambarlı Fuel Oil ve Doğalgaz Kombine Çevrim Santralinde Kalite Yönetim Sisteminin Uygulaması ve Enerji Verimliliği Üzerine Etkisinin İncelenmesi. (Yüksek lisans tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi/Enerji Enstitüsü, İstanbul.
- Özbakır P. (2006). Enerji Yönetimi. (Yüksek lisans tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yılmaz E. (2011). Enerji Yönetim Sisteminin Örnek Bir İşletmede Uygulanması. (Yüksek lisans tezi). Niğde Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde.

- Teke A., Timur O., Zor K. (2015, Haziran). Bir üniversite hastanesinde enerji verimliliğini artıran uygulamaların geri dönüşüm sürelerinin hesaplanması, *Çukurova University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture*, 30(1), 41-56.
- MEB (2011). Okullarda Süreç Yönetimi. Ankara: MEB Yayınları.
- ÇözümVar Danışmanlık (2009). Kalite Çemberleri El Kitabı. İstanbul: ÇözümVar Danışmanlık
- Yücel M. (2007). “Toplam Kalite Kontrolü Açısından İstatistiksel Süreç Kontrol Tekniklerinin Önemi”, 8. Türkiye Ekonometri ve İstatistik Kongresi, İnönü Üniversitesi, 24-25 Mayıs.
- Avdallar V. (2009). Otomotiv Endüstrisi İçin Kalite Yönetim Sistemleri. (Yüksek lisans tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi/Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Madan J., Mani M., Lee J., Lyons K.W. (2015). Energy performance evaluation and improvement of unit-manufacturing processes: injection molding case study, *Journal of Cleaner Production*, 105, 157-170.