

Malzeme Akış Maliyet Muhasebesi ve İş ve İnşaat Makineleri Sektörü Üzerine Uygulama

Material Flow Cost Accounting and Its Application on Heavy and Construction Machinery Industry

Gökhan KILIÇ^a Nalan AKDOĞAN^b

^aBaşkent Üniversitesi, Ticari Bilimler Fakültesi, Muhasebe ve Finans Yönetimi, Ankara, Türkiye. gokhankilic@baskent.edu.tr

^bBaşkent Üniversitesi, Ticari Bilimler Fakültesi, Muhasebe ve Finans Yönetimi, Ankara, Türkiye. nakdogan@baskent.edu.tr

MAKALE BİLGİSİ

ÖZET

Anahtar Kelimeler:

Çevre
Çevresel Performans
Malzeme Akış Dengesi
Malzeme Akış Maliyet
Muhasebesi

Amaç – Araştırma, işletmelerin ekonomik performanslarını artırırken aynı zamanda evresel performanslarını artırabilmelerinin mümkün olduğunu bir maliyet muhasebesi yöntemi ile ortaya koymayı amaçlamaktadır.

Yöntem – Araştırma örnek olay çalışması olarak SET MAKİNE işletmesinin ürettiği Tiger Drill Makinesinin üretim süreci ele alınarak gerçekleştirilmiştir. Araştırmada ISO 14051:2011 Malzeme Akış Maliyet Muhasebesi standardında anlatılan yöntem Tiger Drill Makinesinin üretim sürecine uygulanmıştır.

Bulgular – Yapılan analizlerin sonucunda işletmenin bu makineyi üretmek için üretim süreçlerine dâhil ettiği girdilerin %48,3'lük kısmının ürün olmayan çıktı olarak sistemi terk ettiği belirlenmiştir. Malzeme Akış Maliyet Muhasebesi yöntemine göre bu çıktı atık ve emisyon olarak sistemi terk etmektedir. Bu üretim sürecinde yapılacak iyileştirmeler sonucunda üretim daha verimli hale gelecek ve malzeme kaybı azalacaktır. Bu da hem ekonomik hem de çevresel olarak performans artışı olacaktır.

Gönderilme Tarihi 10 Mayıs 2023

Revizyon Tarihi 12 Ağustos 2023

Kabul Tarihi 20 Ağustos 2023

Tartışma – Literatürde özellikle Japonya ve Almanya'da yapılan örnek olay çalışmaları da bu araştırma sonuçları ile benzer şekilde ortaya çıkmıştır. Asıl problem bu yöntemin işletmelere nasıl uygulattırılacağıdır. Bu konuda teşvik edici uygulamalar ve projeler yapılmalıdır. Projeler kapsamında işletmelere danışmanlık hizmetleri verilmesinin desteklenmesi gerekmektedir. Ayrıca bu araştırmada üzerinde durulan İş ve İnşaat Makineleri sektörü dışında kalan sektörlerde de bu yöntem uygulanmalıdır. Bu yöntemin uygulanması hem genel işletmelerin kalkınmasına hem de çevresel olarak daha temiz bir gelecek bırakmaya hizmet etmektedir.

Makale Kategorisi:

Araştırma Makalesi

ARTICLE INFO

ABSTRACT

Keywords:

Environment
Environmental Performance
Material Flow Balance
Material Flow Cost
Accounting

Purpose – The research aims to demonstrate with a cost accounting method that it is possible for businesses to increase their environmental performance while increasing their economic performance.

Design/methodology/approach – The research was carried out by considering the production process of the Tiger Drill Machine produced by SET MAKİNE as a case study. In the research, the method described in the ISO 14051:2011 Material Flow Cost Accounting standard was applied to the production process of the Tiger Drill Machine.

Findings – As a result of the analyzes, it was determined that 48.3% of the inputs included in the production processes to produce this machine leave the system as non-product output. According to the Material Flow Cost Accounting method, this output leaves the system as waste and emissions. As a result of improvements to be made in this production process, production will become more efficient and material loss will decrease. This will increase performance both economically and environmentally.

Discussion – Case studies in the literature, especially in Japan and Germany, have emerged similarly to the results of this research. The main problem is how to apply this method to businesses. Encouraging practices and projects should be carried out in this regard. It is necessary to support the provision of consultancy services to businesses within the scope of the projects. In addition, this method should be applied in sectors other than the Business and Construction Machinery sector, which is emphasized in this research. The application of this method serves both for the development of general businesses and to leave a cleaner future environmentally.

Received 10 May 2023

Revised 12 August 2023

Accepted 15 August 2023

Article Classification:

Research Article

*Bu makale, Malzeme Akış Maliyet Muhasebesi ve İş ve İnşaat Makineleri Sektörü Üzerine Bir Uygulama isimli tezden üretilmiştir.

Önerilen Atıf/Suggested Citation

Kılıç, G., Akdoğan, N. (2023). Malzeme Akış Maliyet Muhasebesi ve İş ve İnşaat Makineleri Sektörü Üzerine Uygulama, *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 15 (3), 1944-1956.

1. GİRİŞ

Buhar gücüyle çalışan makinelerin bulunması sonucunda başlayan sanayi devrimi ile işletmelerin eko sisteme olan olumsuz etkileri artmaya başlamıştır. Ticaret hayatının küreselleşmesiyle birlikte işletmelerin eko sisteme verdikleri zararlar daha fazla fark edilmeye başlanmıştır. Bu durum sonucunda ülkelerin katılımı ile eko sistemin korunması amacıyla çeşitli düzenlemeler gerçekleştirilmiş ve kanunlaştırılarak işletmelerin uyması sağlanmaya çalışılmıştır. Bu düzenlemelerle işletmelerin eko sisteme verdikleri zararların tamamen ortadan kaldırılması ya da kabul edilebilir düzeylere indirilmesi amaçlanmaktadır.

İşletmelerin kâr güdüsüyle faaliyetlerini tasarlamaları günümüzde çevresel sorunların temel sebebi olarak görülmektedir. Bu nedenle günümüzde işletmelerin kısa vadede “yüksek kâr” elde etmek yerine sürekliliklerini dikkate alarak uzun vadede “sürdürülebilir kâr” elde etmeyi hedeflemeleri gerekmektedir. 1987 yılında yayınlanan Brutland raporunda sürdürülebilir kalkınma “*Gelecek kuşakların kendi ihtiyaçlarını karşılayabilmelerini tehlikeye sokmaksızın bugünkü kuşaklarının ihtiyaçlarını karşılayabilecek kalkınma*” olarak tanımlanmıştır. Bu tanımdan yola çıkarak mevcut kaynakların, atalarımızdan miras değil, gelecek nesillerin bize emaneti olduğunu dikkate alarak faaliyetlere devam edilmesi önem taşımaktadır. Bu hem çevrenin hem de işletmelerin kendi sürdürülebilirlikleri için önemlidir.

Çevresel performansı artırırken, ekonomik performansın da göz ardı edilmemesi gerekmektedir. İşletmelerin temel varoluş amacı tüketicilerin ihtiyaçlarını karşılarken kâr elde etmektir. Günümüzde ise Endüstri 1.0, 2.0 ve 3.0’ın aksine Endüstri 4.0 ile işletmelerin temel amacı toplumsal fayda sağlayarak değer maksimizasyonunu sağlamak olmalıdır. İşletmeler bu amacını yerine getirirken çevresel performanslarını da artırma yollarını bulmakla sorumludur.

İşletmeler genel olarak kârları maksimum yapabilmek için maliyetleri minimuma indirmeye çalışırlar. Bu da işletmenin üretim performansının artmasıyla mümkündür. Üretim performanslarını artırmak için işletmeler en az iş gücü ve hammadde ile en çok ürünü üretmeyi amaçlamaktadır. Bu amacı gerçekleştirmek için işletmeler bazen yeni teknolojilere yönelirler bazen de az işçi çalıştırma politikasını çok sıkı bağlı olarak onlardan en iyi performansı bekler ya da hammaddeyi ucuza elde etmeye çalışırlar.

Ancak verimli bir üretimin en önemli unsurlarından birisi fire ve atıklardır. Üretim süreçleri sonucunda oluşan fireler ve atıklar işletme için çok önemli maliyet kalemlerini oluşturmaktadırlar. Ayrıca bu fire ve atıkların çevreye olan etkileri göz ardı edilmemelidir. Dolayısıyla işletmelerin hem çevresel hem de ekonomik performanslarını artırmaları için fire ve atık yönetimi büyük önem taşımaktadır.

Bu konuda yapılan çalışmalar sonucunda Uluslararası Standartlar Teşkilatı (ISO) 2008 yılında ISO 14051 Malzeme Akış Maliyet Muhasebesi (çalışmanın devamında MAMM olarak kullanılacaktır) standardını yayınlamıştır. İşletmelerin hem çevresel hem de ekonomik performanslarını geliştireceği düşünülen bir yöntem önermiştir.

MAMM yöntemi gider merkezi kavramı yerine miktar merkezi kavramını ön plana çıkarmıştır. Yöntemin uygulama sürecinde öncelikle miktar merkezleri belirlenerek her bir miktar merkezinde gerçekleşen fiziksel kayıplar belirlenmektedir. Bunların tamamı ürün olmayan çıktı olarak kaydedilmektedir. Sonrasında bu maliyetler parasal bilgiler ile ilişkilendirilmektedir. MAMM yöntemine benzer bir uygulama Türkiye’de de uygulanmıştır. Randıman hesaplanması adını almış bu yöntem işletmenin üretim sürecinin fiziksel bilgilerini MAMM ile benzer olarak raporlamaktadır.

MAMM yönteminin geleneksel maliyet muhasebesinden en büyük farkı ürün olmayan çıktıya dönüşen malzeme, enerji, sistem ve atık yönetim maliyetlerini ayrı bir hesapta raporluyor olmasıdır. Böylelikle ürün ile ilgili olmayan maliyetler üründen ayrı raporlanmaktadır. Bu ürün ile ilgili olmayan maliyetler ürün olmayan çıktıya dönüştüğü kabul edilmektedir. Ürün olmayan çıktıların da atığa dönüştüğü kabul edilecek olursa, bu maliyetler çevresel maliyetler olarak değerlendirilmektedir.

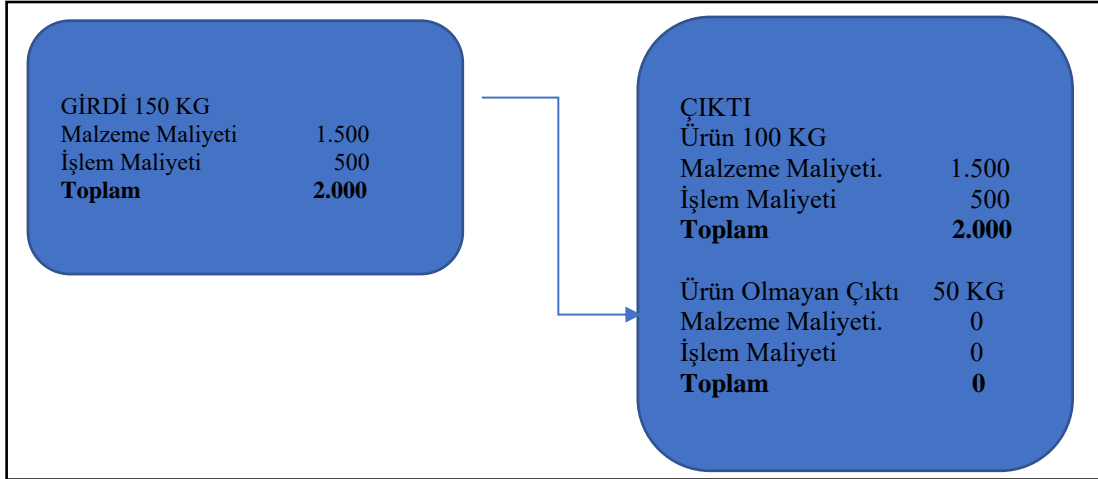
MAMM yönteminin uygulaması ile işletmeler çevresel maliyetlerini daha doğru bir şekilde raporlama imkânı bulmaktadır. Bu da işletmelerin muhasebenin temel ilkelerinden şeffaflık ve hesap verilebilirlik ilkelerini yerine getirmelerine katkı sağlamaktadır. Çevresel sürdürülebilirliğin öneminin gittikçe arttığı bu günlerde MAMM yönteminin yaygınlaşması ve işletmelerin ürün maliyeti ve atık maliyetlerini doğru olarak takip edebilmeleri açısından önem arz etmektedir.

MAMM, bir şirket, bir üretim süreci veya ürün için malzeme akışlarını ve stoklarını hem fiziksel hem de parasal birimlerle ölçmek için bir araç olarak tanımlanabilir. Bu yöntem malzeme akışlarının girdi-çıkı analizine dayanmakta ancak maliyet dağıtım sürecine ilişkin uygulamasıyla klasik yöntemlerden farklılaşmaktadır. Çevre Koruma Ajansı'na göre (1995) MAMM, "ilgili miktar merkezlerini maliyet toplayıcıları olarak görür ve bu nedenle şirketin üretim operasyonlarının maliyetlerini bu miktar merkezlerine dağıtan bir yaklaşım" olarak tanımlanmaktadır.

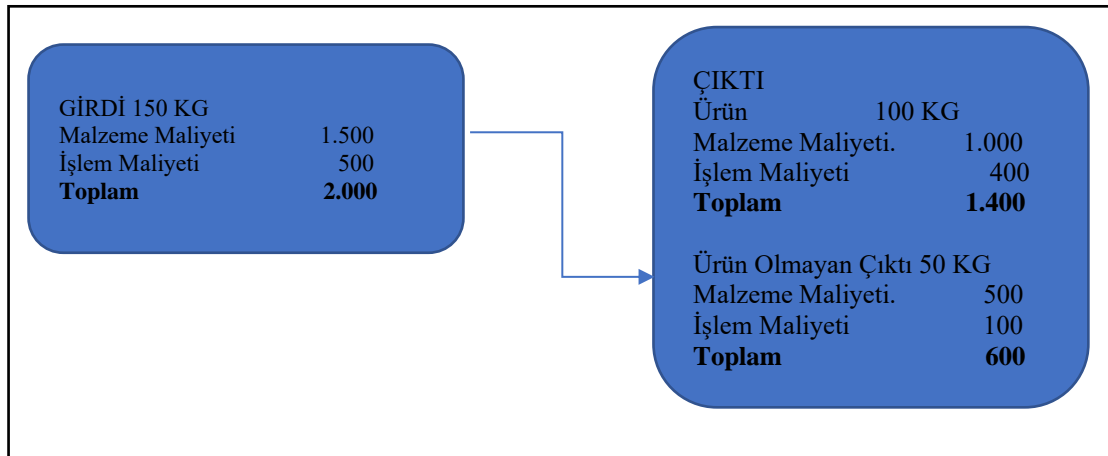
MAMM, enerji ve malzeme verimliliğindeki artışları güçlü bir şekilde desteklemektedir (Fichter vd., 1999). MAMM'da tüm girdi malzemeleri "ürün" veya "ürün dışı" (malzeme kaybı) olarak izlenir ve sınıflandırılır. Satılan ürünler "pozitif ürün", atık ve emisyonlara ise "negatif ürün" olarak ifade edilmektedir (ISO 14051, 2011).

Jasch (2008)'e göre çevresel muhasebe yaklaşımında ürün olmayan çıktı, malzeme satın alma değeri ile hesaplanır. Ayrıca, çoğunlukla kalitesiz olduğu iddia edilen ve bu nedenle de israfa yol açan ürünler için yapılan ürün olmayan çıktı için üretim maliyetleri hesaplanabilir. MAMM yönteminin odak noktası, tüm üretim maliyetlerinin malzeme akışlarına dağıtılmasıdır. Diğer taraftan, MAMM çevresel maliyetleri veya atık ve emisyon arıtmasını veya entegre önleme ve çevre yönetimini hesaplamaz. Ürün ve ürün dışı çıktı maliyetlerine odaklanır.

MAMM yönteminde atık ayrı bir negatif ürün olarak ele alınmakta ve ürün ve ürün dışı çıktının ağırlıklarına göre uygun miktarlarda maliyetlere dağıtılmaktadır. Bu nedenle, negatif ürün olarak atık maliyeti Şekil 1'deki gibi 600 TL olarak hesaplanmıştır. Bu bilgi, bu maliyetleri azaltmak için yönetime bir motivasyon kaynağı olmaktadır. İyi geliştirilmiş MAMM sistemlerinde bu maliyet dağıtımı, her üretim aşaması için gerçekleştirilir. Böylece işletmeler negatif ürün maliyetlerini belirleyerek takip edebilirler.



Şekil 1. Geleneksel Maliyet Muhasebesinde Atıkların Maliyeti



Şekil 2. Malzeme Akış Maliyet Muhasebesinde Atıkların Maliyeti

MAMM, özellikle imalat şirketlerinin maliyetlerini takip edebilmeleri için faydalı bir yöntemdir, ancak birincil ve hizmet endüstrileri dâhil olmak üzere diğer sektörlerde de uygulanmıştır. Yöntem, enerji dâhil malzemeleri işleyen veya tüketen tüm kuruluşlar için yararlı ve uygulanabilir. Bunlarla birlikte, MAMM, tüm tedarik zinciri boyunca kaynak verimliliğini iyileştirmeleri için tek bir şirketin sınırlarının ötesine de genişletilebilir. Girdi-çıkıtı dengesi malzeme girdileri tüm malzemeleri, suyu ve enerjiyi içerir, ancak belirli bir proje için, örneğin ürün tasarımının iyileştirilmesi ile ilgili olarak, odak sadece hammaddeler veya diğer malzeme grupları olabilir.

Çevresel muhasebe genellikle şirket veya tesis düzeyinde kalırken, MAMM, maliyet merkezleri ve üretim süreçleri boyunca malzeme akışlarının haritalanmasını gerektirir. Ayrıca yalnızca belirli ürün üretim adımlarına da uygulanabilir. Kuruluş, tanımlanmış sistem sınırları boyunca malzeme akışlarını sayısallaştırırken, miktarları, değerleri ve maliyetleri içeren tutarlı bir veri tabanı oluşturur. Veri tabanı miktarları (sayılar, kg, m³, kWh vb. gibi fiziksel birimlerde), değerler (= fiziksel miktar × girdi fiyatı) ve malzeme akışlarına atıfta bulunan maliyetleri (örneğin malzeme maliyetleri, envanter değerleri ve atık hacimleri) ilişkilendirir. Ayrıca, malzeme akış sistemini sürdürmek için kuruluşun maruz kaldığı diğer tüm maliyetler (örneğin, personel maliyetleri, amortisman) ilgili malzeme akışlarına atfedilir.

Böylece kurum içi malzeme akışları, maliyet analizi ve verimlilik iyileştirmelerinin temel odak noktası haline gelir. MAMM, bir üretim sisteminde verimliliği artırmak için tasarlanmış bir önlemin, yalnızca daha düşük malzeme girdileriyle değil, aynı zamanda malzeme işleme ve atık yönetimi için daha düşük maliyetlerle sonuçlandırabileceğini ortaya çıkarabilir. Örneğin, yeni bir renklendiriciye geçiş, yalnızca farklı absorpsiyon seviyeleriyle değil, aynı zamanda su arıtma maliyetlerinin düşmesiyle de sonuçlanabilir.

MAMM bu nedenle aşağıdaki maliyet kategorilerinde raporlama yapmaktadır (ISO 14051, 2011):

- Malzeme maliyetleri,
- Sistem maliyetleri ve
- Atık yönetim maliyetleri.

Malzeme maliyetleri; Çeşitli üretim süreçlerinde ve envanterlerde yer alan malzemelerin fiziksel miktarlarının toplanmasıyla başlamaktadır. Hacimler malzeme satın alma fiyatları ile bağlantılıdır. Çıktı, pozitif ve negatif ürün çıktısı olarak ayrılmaktadır.

Sistem maliyetleri; Çeşitli üretim süreçlerine giren malzeme girdileri, ek işletme maliyetlerini üstlenmesi gereken maliyet faktörleri olarak kabul edilmektedir. "Sistem maliyetleri", tanım gereği, malzemelerin şirket içinde işlenmesi sırasında ortaya çıkan tüm maliyetlerdir (ISO 14051, 2011). Sistem maliyetleri, ürün akışlarına dağıtılmakta ve daha sonra miktar merkezlerine ve stoklara aktarılmaktadır.

Atık yönetim maliyetleri; Tüm çıktılar ya teslimat ya da elden çıkarma maliyetlerinden oluşmaktadır. Pozitif ve negatif ürünlerin şirketten çıkmasını sağlamak için katlanılan tüm maliyetleri kapsamaktadır (nakliye maliyetleri, atıkların bertaraf edilmesi maliyetleri ve atık su ve atık kontrol ücretleri gibi)

MAMM yöntemi malzeme akışlarının miktarlarını, değerlerini ve maliyetlerini, "malzeme", "sistem" ve "atık yönetim" olmak üzere üç kategoriye ayırarak göstermektedir. Başta Almanya (Stroble, 2000; Strobel ve Redmann, 2002; Wagner ve Enzler, 2005) ve Japonya'daki (Kokubu ve Nakajima, 2004; Kokubu/Nashioka, 2005) projelerde MAMM uygulaması ile elde edilen deneyimler, yöntemin maliyet belirleme ve maliyetleri yönetme konusunda köklü değişiklikler getirebileceğini göstermektedir. Bir şirkette geleneksel maliyet muhasebesi uyguladığında, ara ürünün hesaplandığı ilk işlem aşamasından sonra, malzeme maliyetleri ve sistem maliyetleri birbirine karışmaktadır. Bu nedenle, malzeme hareketleri veya stoklar için maliyetleri üç kategoriye göre ayrı ayrı sınıflandırmak imkânsız hale gelir.

Rapor edilen deneyimler (Stroble, 2000), bir şirketin mevcut veri tabanının, malzeme yönetim sisteminin ve üretim planlama ve kontrol sisteminin genellikle ihtiyaç duyulan verilerin çoğunu içereceğini göstermektedir. Akış maliyet muhasebesinin uygulanmasıyla ilgili ekstra çaba ve masraf, ek verilerin sürekli izlenmesinden çok, sistemin kurulumu aşamasında katlanılan maliyetlerdir.

MAMM yönteminin faydaları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- İyileştirilmiş malzeme ve enerji verimliliğinin bir sonucu olarak maliyetler ve çevresel etkiler azalır,
- Yeni ürünler, teknolojiler ve prosedürler geliştirmeye teşvik edici bir yaklaşım olduğu söylenebilir,

- Kurumsal bilgi sistemlerinin kalitesi ve tutarlılığını geliştirerek fiziksel ve parasal veriler arasında bağlantılar kurulmasını desteklemektedir,
- Malzeme akış sisteminin uygulanması sonucu üretim sistemlerinin organizasyonu ve süreçlerin iyileştirilmesine katkı sağlamaktadır,
- Kapsamlı uygulamalarla ilgili olarak personel ve yönetimde artan motivasyon malzeme akışlarının yapılandırılmasını desteklemektedir,
- Malzeme ve enerji verimliliğini artırılmasına odaklanılmaktadır.

MAMM ile ilgili literatürde yapılan öncü çalışmalara aşağıda değinilmiştir;

- Mario Schmidt (2015) çalışmasında işletmelerin MAMM yaklaşımını kullanarak çevresel ve ekonomik performanslarını arttırabileceklerini vurgulamıştır. Malzeme akış ile ilgili ölçümler sonucunda hem maliyetlerden tasarruf sağlamanın hem de çevresel etkilerin azaltılmasını mümkün olduğunu belirtmiştir.
- Wan ve diğer. (2015) çalışmasında süreç akışlarında gizlenen maliyetlerin atık geri dönüşümünün önceliklendirilmesi için MAMM yöntemini temel alan bir yaklaşım geliştirmiştir. Bu yaklaşımı geliştirirken iki ayrı vak'a çalışması yapmışlardır. Bu çalışmalar sonucunda gizlenen maliyetlerin belirlenmesiyle işletmelerin çevresel ve ekonomik performanslarını iyileştirebileceklerini ortaya koymuşlardır.
- Sahu ve diğer. (2021) çalışmalarında KOBİ'lerde MAMM yöntemini uygulayarak, KOBİ'lerin çevresel ve finansal performanslarının geliştirilmesini örneklendirmeyi amaçlamışlardır. Çalışmada Hindistan'da faaliyet gösteren demir çubuk üretimi yapan bir firmaya MAMM yöntemini uygulanmış ve çalışmanın sonucunda bu işletmenin ROE'sinin %30 artacağını ve malzeme kullanım maliyelerinin %27 oranında azalacağını ortaya koymuşlardır.
- Wagner (2015) çalışmasında MAMM yönteminin 1990'lerden günümüze tarihsel gelişimini ele alarak yöntemin daha iyi anlaşılması için örneklerle açıklamalarda bulunmuştur.
- Yagi ve Kokubu (2018) çalışmalarında malzeme akış yönetiminin MAMM yöntemi ile nasıl geliştirilebileceğini incelemişlerdir. Çalışmaya katılan işletmelerden toplanan veriler doğrultusunda Tayland'da faaliyet gösteren işletmelerin kaynak kullanımının etkinliğinde çok tehlikeli atıkların yönetimine önem verdikleri ortaya çıkmıştır. Tehlikeli atık yönetiminin etkin olarak yapılabilmesi için MAMM yönteminin kullanılması yazarlar tarafından önerilmiştir.
- Schaltegger ve Zvezdov (2015) çalışmalarında MAMM yönteminin literatür yapısını inceleyerek yöntemin potansiyel uygulamalarının karşılaştırılmasıyla, yöntemin uygulama limitlerinin tanımlamasını yapmışlardır.
- Schmit ve diğer. (2015) çalışmalarında alüminyum sektöründeki MAMM yönteminin kısıtlarını ortaya çıkarmışlardır. Bu kısıtlara yönelik MAMM yönteminin kapsamının genişletilmesini önermişlerdir.

2. Yöntem

2.1 Araştırmanın Amacı

Çalışmanın amacı işletmelerin hem çevresel hem de ekonomik performanslarının aynı anda artmasının mümkün olup olmadığının araştırılmasıdır. Bu konuya odaklanılarak Malzeme Akış Maliyet Muhasebesi yöntemi bir örnek olay çalışması kapsamında uygulanmıştır. Bu yöntemin uygulanması ile elde edilecek sonuçlarda ürüne dönüşen ve dönüşmeyen çıktılarının hem fiziksel hem de parasal olarak ortaya konulması sonucunda verimlilik artırıcı alınacak önlemler daha az atığın ortaya çıkmasını da beraberinde getirecektir. Bu durum çalışmada örnek bir şirket seçilerek ortaya konulmuştur.

2.2 Araştırmanın Kapsamı

Bu yöntemi uygulamak üzere yerli literatür incelendiğinde Türkiye odaklı çalışmalarda İş ve İnşaat Makineleri sektörüne ilişkin bir çalışmaya rastlanılmadığı için bu sektör örneklem olarak seçilmiştir. Bu sektörde faaliyet gösteren bir KOBİ'ye ulaşılarak üretimini yaptığı bir makinenin tüm süreçlerine MAMM yönteminin uygulanmasına karar verilmiştir. Bu sektörde faaliyet gösteren ve makine üreten bütün işletmelerin üretim süreçleri benzer özellikler taşımaktadır. Dolayısıyla bu çalışmada elde edilen bulgular ile

yöntemin bu sektörde faaliyet gösteren diğer işletmelerde uygulandığında elde edilecek sonuçların benzer olması beklenmektedir.

2.3 Veri

Çalışmada kullanılan veriler işletmenin genel müdürü, mali müşaviri, üretim müdürü ve araştırmacıdan oluşan grubun ortak çalışması sonucu belirlenmiştir. MAMM yönteminin uygulanacağı sürecin seçimi için yapılan toplantılarda işletmenin özellikle İtalya'ya ihracatını yaptığı Tiger Drill makinesinin üretim süreci seçilmiştir. Bu makinenin bazı parçaları işletmede üretilirken bazı parçaları dışarda üretilmekte veya hazır olarak alınmaktadır.

Tiger Drill makinesini oluşturan yedi adet alt ürün bulunmaktadır. Üretim sürecinde öncelikle bu alt ürünler üretilmektedir. Tiger Drill makinesini oluşturan alt ürünler aşağıda listelenmiştir;

- Rostasyon tedüktörü,
- Rostasyon tahrik başlığı,
- Zincir motoru,
- Zincir redüktörü,
- Kumanda sehpası,
- Kısa şase ve
- Rotasyon motorudur.

Makinenin yukarıda listelenen parçalarından kumanda sehpası dışındaki parçaları birbirine monte edilmektedir. Tiger Drill makinesinin parça ayrıntıları Tablo1'de verilmiştir.

Tablo 1. Tiger Drill Makinesi Parçaları

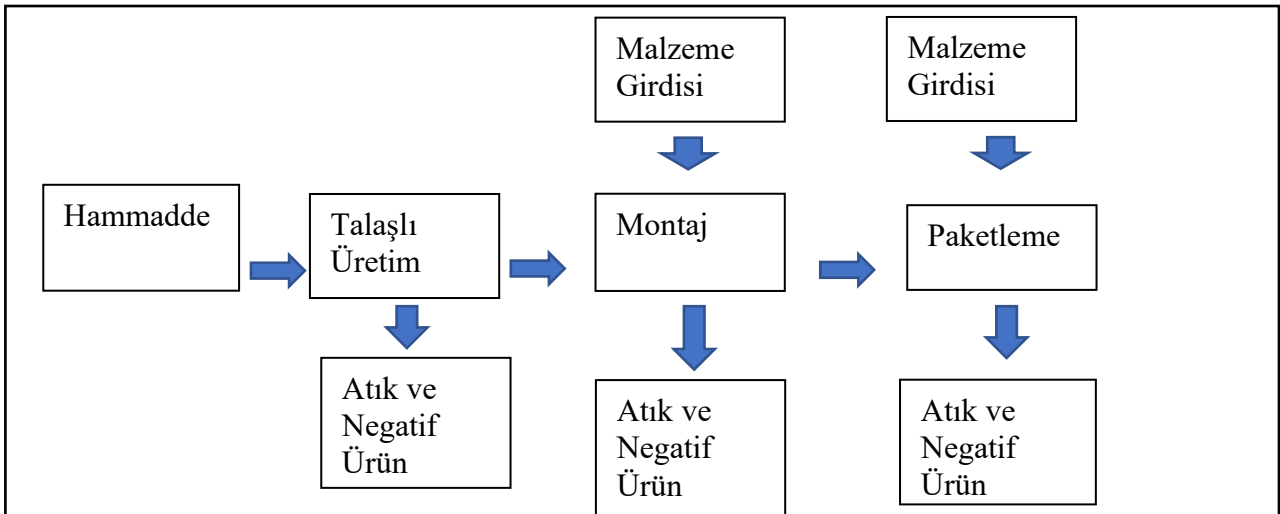
	PARÇA NO	PARÇA TANIMI	ADET
1.	DACH-1090	M16X50 AB Cıvata	2
2.	DG10-1020	Düz Kolon (2M)	1
3.	DG10-1030	M20 Fiberli Somun	4
4.	DG10-1031	M20 Pul	5
5.	DG10-1040	Tampon (Zincir Gerdirme)	1
6.	DG10-1050	Zincir Gerdirme Aparatı	1
7.	DG10-1051	Makara Yatağı	1
8.	DG10-1052	Makara Pimi	1
9.	DG10-1053	Gerdirme Cıvatası	1
10.	DG10-1054	Makara	1
11.	DG10-1055	Rulman HK2212	2
12.	DG10-1060	Üst Kapak	1
13.	DG10-1090	Amortisör Mekanizması	1
14.	DG10-1100	Kızak - Düz Şase	1
15.	DG10-1101	Kızak (Tabanca)	1
16.	DG10-1102	Kızak (Amortisör)	1
17.	DG10-1103	Kızak Paleti	6
18.	DG10-1110	RM Kelepçesi Ø138 Üst	1
19.	DG10-1111	RM Kelepçesi Ø140 Alt	1
20.	DG10-1120	M8X45 İmbus Cıvata	4
21.	DG10-1130	Tespit Laması	2
22.	DG10-1150	Rot Yatağı SETJET 1.8	1
23.	DG10-1151	Rot Yatağı SETJET 2.1	1
24.	DG10-1152	Rot Yatağı JWD80	1
25.	DG10-1170	M16 Somun	2
26.	DG10-1200	Stop Sacı Üst	1

27.	DG10-1205	M10X100 AB Cıvata	1
28.	DG10-1220	Rot Yatağı Pimi	2
29.	DG10-1230	5lik R Kopilya	2
30.	DG10-1240	M10 Fiberli Somun	1
31.	DG10-1250	Trapez Saplama	6
32.	DG10-1260	Kelebek Somun TR30 Sağ	6
33.	DG10-1270	Taşıma Ayağı	1
34.	DG10-1280	M20X100 AB Cıvata	2
35.	DG10-1300	Zincir Dişli Yatağı	1
36.	DG10-1340	Kama (Şase Tespit)	1
37.	DG10-1370	M20X200 AB Cıvata	2
38.	DG10-1390	Kısa TIJ 1.8	1
39.	DG10-1410	Kısa TIJ 2.1	1
40.	DG10-1450	Mafsal Yatağı Kapağı	1
41.	EX10-1151	Rot Yatak Kapağı	1
42.	EX10-1152	Rot Yatak Gövdesi	1
43.	EX10-1154	Rot Yatağı	2
44.	EX10-1155	M10x20 İmbus Cıvata	1
45.	EX10-1156	M10x16 İmbus Cıvata	1
46.	HG10-1120	M10 Rondela	10
47.	RM10-1000	Rotasyon Motoru	1
48.	RM10-1130	M5x10 İmbus Cıvata	2
49.	RM10-1260	M6X16 İmbus Cıvata	4
50.	RR10-1000	Rotasyon Redüktörü	1
51.	RT10-1000	Rotasyon Tahrik Başlığı	1
52.	SF10-1415	M8X25 AB Cıvata	3
53.	SF10-1620	M10X25 AB Cıvata	2
54.	SF10-2270	M10X70 İmbus Cıvata	10
55.	SF10-1265	M20X90 AB Cıvata	1
56.	ZM10-1000	Zincir Motoru	1
57.	ZR10-1000	Zincir Redüktörü	1
58.	ZR10-1200	Gresörlük, M8	1

3. Bulgular

3.1 Malzeme Akış Şeması

İşletmenin Tiger Drill makinesinin üretimi için malzeme akış şeması aşağıdaki gibi oluşturulmuştur.



Şekil 3. Üretici A İşletmesi Malzeme Akış Modeli

Malzeme akış modeli uygulamasında Talaşlı Üretim, Montaj ve Paketleme süreçleri miktar merkezleri olarak tanımlanmıştır. Yönteme göre, her miktar merkezindeki süreç sonucunda fiziki girdi ve çıktılar birbirine eşit olması gerekmektedir. Tiger Drill makinasını oluşturan parçaların üretimi talaşlı üretim miktar merkezinde gerçekleşmektedir.

MAMM yönteminin uygulanması için seçilen üretim sürecinde, CNC FREZE, CNC TORNA, CNC TAŞLAMA ve UNIVERSAL MATKAP olmak üzere dört adet tezgah kullanılmaktadır. Bu tezgahlarda üretim yapılırken enerjinin yanı sıra su ve yağ da kullanılmaktadır. MAMM yöntemine göre yapılan sınıflandırmada bu maliyetler enerji maliyetlerinin içerisinde raporlanmaktadır.

3.2 Malzeme Maliyetleri

Yukarıda verilen tabloda üretimi yapılan parçaların her birinin miktar merkezlerine giriş ve çıkış ağırlığı belirlenmiştir. Bu ağırlıklara göre miktar kayıpları hesaplanmıştır. Her bir miktar merkezi için gerçekleşen kayıplar Tablo 2’de özetlenmiştir. Tablo 2’de yer alan bilgilerde işletme içerisinde üretimi gerçekleştirilmeyen malzemeler yer almamaktadır.

Tablo 2. Miktar Merkezleri Fiziksel Malzeme Hareketleri

Miktar Merkezleri	Girdi(Gr)	Çıktı(Gr)	Ağırlık Farkı(Gr)	Kayıp Yüzdesi
Talaşlı Üretim	88124,05	38248,70	49875,35	57
Montaj	-	-	-	-
Paketleme	44800	44800	44800	100

Malzemelerin fiziksel akışı belirlendikten sonra parasal bilgilerle fiziksel bilgilerin eşleştirilmesi gerekmektedir. İşletmenin tabloda görüldüğü üzere hammadde işlenmesi sonucu atığa dönüşen hammadde kaybı %57’dir. Paketleme girdileri ise tanımı gereği ürünün bir parçası olmadığı için doğrudan atık olarak değerlendirilmekte ve atık maliyetleri arasında yer almaktadır.

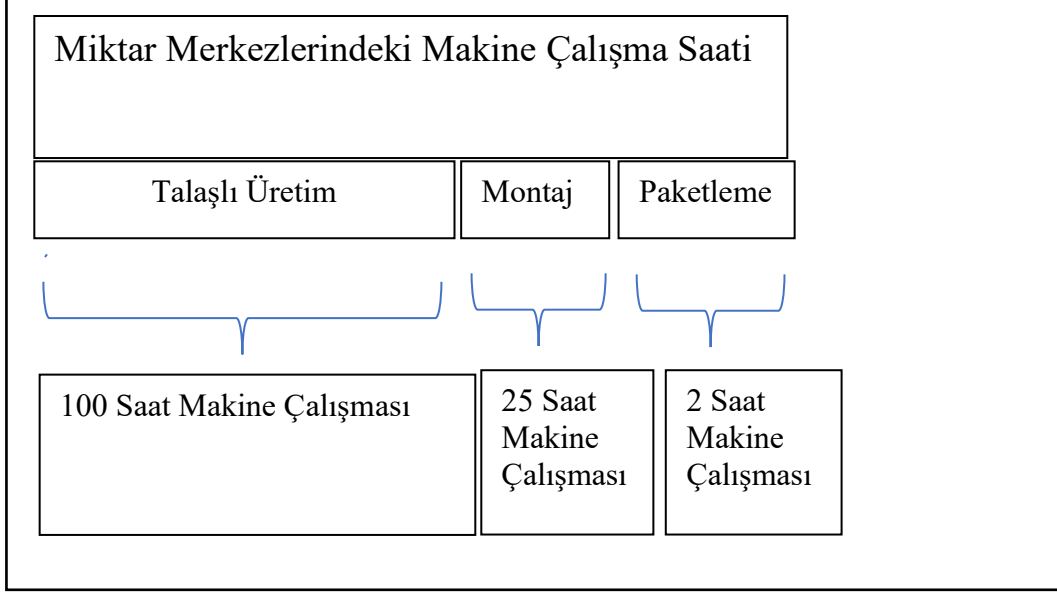
Tablo 3’de görüldüğü üzere bir adet Tiger Drill makinesi üretiminde üretilen parçaların sonucunda oluşan atıkların toplam maliyeti 9.773,72 TL olarak gerçekleşmektedir. Parasal olarak gerçekleşen kayıp oranı ise %51’dir.

Tablo 3. Malzeme Girdi-Çıktı Sonucunda Oluşan Maliyet Ve Atık Maliyeti (TL)

	Üretimi Yapılan Parçaların Maliyeti	Kayıp Oranı (%)	Pozitif Ürün Maliyeti	Atık Maliyeti
Kısa Şase	1609,12	36	1029,82	579,30
Kumanda Sehpası	644,26	25	483,20	161,06
Rotasyon Motoru	5448,04	55	2451,62	2996,42
Rotasyon Tedüktörü	3192,57	64	1149,33	2043,24
Rotasyon Tahrik Başlığı	2156,84	54	992,15	1164,69
Zincir Motoru	2891,21	58	1214,31	1676,9
Zincir Redüktörü	2984,82	52	1832,71	1152,11
Toplam	18926,86	51	9153,14	9773,72

3.3 Enerji maliyetleri

Makinenin üretilmesinde 100 saatlik makine çalışmasına ve 4 ayrı tezgâha ihtiyaç duyulmaktadır. Bu tezgâhlar mesai başlangıcında çalıştırılmakta ve mesai bitiminde kapatılmaktadır. Günde 8 saat çalışan tezgâhlarda bu ürünün üretilmesi için gereken zaman 12 gün 4 saattir. Ürünün montajında ise elektrik tüketimi gerektiren işlem süresi yaklaşık 25 saat olarak bildirilmiştir. Son olarak ürünün paketlenmesi sürecinde 2 saatlik bir enerji kullanımı söz konusu olmaktadır. Bu süreç Şekil 4’de gösterildiği gibi özetlenebilir. Bu süre içerisinde tezgahlar yaklaşık olarak %20 oranında ürün olmadan çalışır halde bulunmaktadır.



Şekil 4. Miktar merkezleri makine çalışma saatleri

İşletme 2022 Nisan ayında üretim binalarında toplamda 7719,64 KWS enerji tüketmiştir. İşletmede 2022 Nisan ayında toplam makine çalışma saati ise 1516 olarak belirtilmiştir. Makine saati başına düşen KWS $7719,64/1516$ 'dan 5,09 KWS'tir. Tiger Drill makinesinin üretilmesi için 127 saat makine çalışmasına ihtiyaç olduğu Şekil 4’de belirtilmiştir. Böylelikle Tiger Drill makinesinin üretilmesi için gerekli KWS toplam 646,69 KWS ($127 \times 5,09$) olarak tespit edilmiştir. KWS birim maliyeti yine 2022 Nisan ayına göre 1,77 TL'dir. Sonuç olarak Tiger Drill makinesinin üretilmesi için gereken elektrik maliyeti toplam 1.144,65 TL ($646,69 \times 1,77$) olarak tespit edilmiştir.

Üretimde kullanılan tezgâhlarda ayrıca su ve yağ kullanılmaktadır. Tezgâhların her birinde aylık ortalama 1 m³ su tüketildiği belirtilmiştir. Ayrıca aylık olarak Tiger Drill makinesinin üretiminde kullanılan makinelerde 10,19 lt kızak yağı ve 10,33 lt hidrolik yağ tüketilmektedir. Tüketilen suyun tamamı buhar olarak ürün olmayan çıktıya dönüşmektedir. Yağlarda ise yıllık belirli miktarda kayıp gerçekleşmekte ve belirli miktarda atık yağ çıkmaktadır. Makinelere göre su ve yağ tüketimi Tablo 4’de gösterildiği gibidir.

Tablo 4. Tezgâhlarda Kullanılan Aylık Su ve Yağ Miktarı

	CNC TORNA	CNC FREZE	CNC TAŞLAMA	UNIVERSAL MATKAP	TOPLAM
SU (m ³)	1	1	1	1	4
KIZAK YAĞI (lt)	3,12	4,16	1,66	1,25	10,19
HİDROLİK YAĞ (lt)	3,83	3,83	1,33	1,33	10,33

İşletmenin aylık ortalama su tüketimi 8 m^3 'tür. Bu tüketimin yaklaşık % 50'si Tiger Drill makinesinin üretiminde kullanılmaktadır. Suyun m^3 fiyatı ise 2022 Nisan ayında 25,17 TL'dir. Bu durumda Tiger Drill makinesine dağıtılacak tutar toplam 100,69 TL'dir ($4 \times 25,17$).

Piyasadan alınan bilgilere göre 1 lt kızak yağı 65,61 TL'dir. Bu durumda yukarıdaki tabloda gösterilen makineler için aylık kızak yağı maliyeti toplam 668,64 TL'dir ($10,19 \times 65,61$).

Piyasadan alınan bilgilere göre 1 lt hidrolik yağı 45,27 TL'dir. Bu durumda yukarıdaki tabloda gösterilen makineler için aylık kızak yağı maliyeti toplam 467,73 TL'dir ($10,33 \times 45,27$).

3.4 Sistem Maliyetleri

İşletmeden alınan bilgilere göre bir Tiger Drill makinesinin yapımı için gereken süre 140 saat/işçi'dir. İşletmenin işçisine ödediği saatlik ücret ise 25 TL olarak belirtilmiştir. Dolayısıyla bir Tiger Drill makinesinin yapımı için katlanılan direkt işçilik gideri 3.500 TL'dir (25×140). Bu gider MAMM yönteminde sistem maliyetleri içerisinde yer almaktadır.

Makinelerin bakımları yıllık olarak yapılmaktadır. Yapılan bakım maliyeti makine çalışma saatine göre Tiger Drill makinesinin üretim sürecinde seçilen miktar merkezlerine dağıtılmaktadır.

İşletmenin Tiger Drill ürününü kargolamak için kullandığı malzemeler ve maliyetleri Tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 5. Paketleme Malzemeleri Miktar ve Maliyetleri

Malzemeler	Miktar	Birim Maliyet	Toplam Maliyet
Streç Film	100 m	1 TL	100 TL
Sandık	532,5 m ²	5,63 TL	3.000 TL
Çivi	10 adet	1 TL	10 TL

Tabloya göre sistem maliyetlerine eklenecek malzemelerin maliyeti 3.110 TL olarak belirlenmiştir. Daha önce tanımlandığı gibi paketleme maliyetleri atık maliyeti olarak raporlanacaktır.

Paketleme sırasında iki personel çalışmaktadır. İki personelin bir ürünü paketleme süreleri yaklaşık 60 dakika olarak belirtilmiştir. Paketleme için atık maliyetine iki işçi için 50 TL eklenmesi gerekmektedir.

3.5 Atık Yönetim Maliyetleri

İşletmede üretim kaynaklı oluşan atıklar yetkili bir firmaya verilerek işletme dışına çıkarılmaktadır. Yetkili işletmeye atıkların teslim edilmesi sırasında bir işçinin bir saati gerekmektedir. İşletmede atıkların toplandığı alan ise 7 m^2 olarak belirtilmiştir.

İşletmenin işçisine saatlik ödediği ücret 25 TL'dir. İşletmenin aylık kirası ise 10.000 TL'dir. İşletmenin kiraladığı atölyenin toplam metrekaresi 350 m^2 'dir. Dolayısıyla m^2 başına düşen kira gideri $10.000/350=28,57$ TL'dir. Atıkların toplandığı alan 7 m^2 olduğu için $7 \times 28,57=200$ TL atık yönetim maliyetlerine eklenmelidir. Bu bilgilere göre Tiger Drill makinesi ile ilişkilendirilebilen atık yönetim maliyeti toplamı 225 TL olarak belirlenmiştir.

3.6 MAMM Analizi Sonucunda Elde Edilen Bulguların Yorumlaması

Tiger Drill makinesinin üretilmesi için gereken malzeme, enerji, sistem ve atık yönetim maliyetleri belirlendikten sonra Tablo 6'da gösterildiği gibi maliyet tablosu oluşturulmuştur.

Tablo 6. MAMM Yöntemine Göre Maliyet Bilgileri

	Malzeme Maliyeti	Enerji Maliyeti	Sistem Maliyeti	Atık Yönetim Maliyeti	Toplam
Maliyet	18.926,86	2.381,71	6.660	225	28.193,57
Yüzde	%67,6	%8,3	%23,4	%0,7	%100

Tablo 7’de görüldüğü üzere girdi tarafındaki toplam maliyetlerin %51’lik kısmı ürün maliyetine doğrudan eklenebilmiştir. Malzeme kaybı olarak girdilerin % 47,7’lik kısmı ürün olmayan çıktı olarak bulunmuştur. Burada malzemenin içine enerji ve su da girmektedir. Standart bu unsurları da malzeme olarak tanımlamıştır. Atıklar bir bölgede toplandıktan sonra doğrudan geri dönüştürülmek veya bertaraf edilmek üzere özel yetkili bir işletme tarafından üretim binasından alınmaktadır.

Tablo 7. MAMM Yöntemine Göre Maliyet Sınıflandırılması

	Malzeme Maliyeti	Enerji Maliyeti	Sistem Maliyeti	Atık Yönetim Maliyeti	Toplam
Ürün	9.153,14	1.905,36	3.500	-	14.558,50
	%32,7	%6,6	%12,3	-	%51,6
Malzeme Kaybı	9.773,72	476,35	3.160	-	13.410,07
	%34,9	%1,7	%11,1	-	%47,7
Bertaraf Edilen/Geri Dönüştürülen	-	-	-	225	225
	-	-	-	%0,7	%0,7
Ara Toplam	18.926,86	2381,71	6660	225	28.193,57
	%67,6	%8,3	%23,4	%0,7	%100

Geleneksel maliyet muhasebesine göre bir raporlama yapıldığında ürünün maliyeti 28.193,57 TL olarak görülecektir. Ancak MAMM yöntemine göre bu raporlamayı yaptığımızda ek olarak tanımı gereği atığa dönüşen malzeme kayıplarını ayrı olarak raporlanacaktır.

Tablo 8. MAMM Yöntemine Göre Gelir Tablosu Formatı

MAMM Yöntemine Göre Gelir Tablosu		Geleneksel Maliyet Muhasebesine Göre Gelir Tablosu	
Hasılat	100.000	Hasılat	100.000
Satışların Maliyeti	14.558,50	Satışların Maliyeti	28.193,57
Malzeme Kaybı Maliyeti	13.635,07		
Brüt Kâr	71.806,43	Brüt Kâr	71.806,43

MAMM yöntemine göre yapılan raporlamada malzeme kayıplarının ayrı bir hesapta raporlanması sonucu yöneticilerin dikkatini çekeceği düşünülmektedir. Yapılan bu örnek olay araştırmasının sonuçlarının ortaya koyduğu gibi birçok işletmede böyle sonuçlarla karşılaşmak olasıdır. Maliyetlerin yarısına yakını ürün olmayan çıktıdan kaynaklanmıştır. Bu sonuca göre işletme ürün olmayan çıktıya dönüşen girdileri azaltmaya yönelik birtakım önlemler almak zorunda hissedecektir.

Bu da işletmenin ekonomik performansını artırırken atık miktarının da azalmasıyla çevresel performansı da artmış olacaktır. MAMM yönteminin ortaya çıkış amacı da bunu sağlamaktır.

5. Sonuç ve Tartışma

Küreselleşmenin artması ve özellikle ticarete sınırların büyük ölçüde ortadan kalkmasıyla işletmelerin faaliyet hacimleri genişlemiştir. Daha büyük kitlelere ulaşan işletmeler buna paralel olarak daha fazla üretim yapmanın yollarını aramışlardır. Bu yüksek hacimli üretimleri sağlamak için gereken malzeme, enerji ve sistem girdilerini sağlamak amacıyla çevreye verilen zararların boyutu katlanarak artmaya başlamıştır. Buna ek olarak işletmelerin sürekli kârlarını maksimize etme amaçları çevreye olan zararlı etkileri de artırmıştır. Bununla birlikte şu sorunun sorulması önem arz etmiştir; İşletmelerin ekonomik performanslarını artırırken aynı anda çevresel performanslarını da artırması mümkün müdür?

2000’li yıllarda özellikle çalışılmaya başlanan malzeme akış muhasebesi çalışmaları sonucu ortaya malzeme akış maliyet muhasebesi yöntemi çıkmıştır. MAMM yönteminin ilk olarak 2008 yılında ISO tarafından standartlaştırılmasıyla birlikte bu konu hakkında yapılan makale çalışmaları artmıştır.

Bu çalışma kapsamında araştırma sorusunun en iyi yanıtı olarak MAMM yöntemi değerlendirilmiştir. Bu kapsamda çevre ve çevre sorunları ile ilgili giriş yapıldıktan sonra MAMM yöntemine odaklanılmıştır. Uygulamada, iş ve inşaat makineleri sektöründe faaliyet gösteren KOBİ niteliğindeki bir işletmenin seçilen bir sürecine MAMM yöntemi uygulanmıştır. Yöntem uygulanırken ilk aşamada muhasebe, üretim ve satın alma departmanları ile bir toplantı gerçekleştirilmiştir. Bu toplantıda uygulama için seçilen Tiger Drill makinesinin üretim süreçleri ele alınarak miktar merkezleri tespit edilmiştir.

Miktar merkezlerinin tespitiyle birlikte malzeme akış modeli oluşturularak miktar merkezlerinde hangi aşamalarda malzeme girdisi ve çıktısı olduğu tespit edilmiştir. Model oluşturulduktan sonra Tiger Drill makinesinin üretilmesi için gereken fiziksel girdiler tespit edilmiştir. Sonrasında bu bilgiler parasal bilgilerle eşleştirilmiş ve malzeme kaybı maliyeti tespit edilmiştir. Yapılan analiz sonucuna göre işletmenin toplam girdilerinin %48,3’ü ürün olmayan çıktı olarak miktar merkezlerini terk etmektedir.

Bu sonuç ile işletme katlandığı maliyetin yarısına yakını ürün olmayan çıktı olarak kaybetmektedir. Bu şekilde yapılan bir raporlama sonucunda işletmeler bu maliyetleri açıkça görebilmektedir. Geleneksel maliyet muhasebesine göre yapılan raporlama birçok maliyet alt hesaplarda hatta ana hesaplarda kaybolmaktadır. Bunu önlemek amacıyla MAMM yönteminin uygulanması önem arz etmektedir.

Ürün olmayan çıktı tanımı gereği atık ve emisyon olarak işletmeyi terk etmektedir. Bu süreçte çevreye olan zararlı etkileri söz konusu olmaktadır. Ayrıca bunların bertaraf edilmesi veya yönetilmesi sırasında da işletme maliyetlere katlanmaktadır. Bu maliyetler bu şekilde raporlandığında somut olarak ölçülebilir hale geleceğinden yönetilmesi de mümkün olmaktadır.

Sonuç olarak elde edilen sonuçlar yurt dışında özellikle Almanya ve Japonya’da yapılan çalışmaları destekler niteliktedir. Yani hem çevresel hem de ekonomik performansı artırmak mümkündür ve işletmeler MAMM yöntemini uygulayarak hem üretim süreçlerini daha verimli hale getirirler hem de atık ve emisyonlarını azaltarak çevreye verdikleri zararlı etkileri azaltabilirler. Malzeme Akış Maliyet Muhasebesi yönteminin açıkça hem işletmelerin zararlı çevresel etkilerinin azalmasını hem de finansal performansını artırmasının ortaya koyulması sonucunda yöntemin uygulanmasının ülkemizde genişlemesi için akademik yayınlarda ve kongrelerde gündeme getirilmesi önem arz etmektedir.

KAYNAKÇA

- Fichter, K., Loew, T., & Clausen, J. (1999). Competitive advantages through voluntary environmental reporting. *International Environmental Management Benchmarks: Best Practice Experiences from America, Japan and Europe*, 173-185.
- ISO 14051 Material Flow Cost Accounting.
- Jasch, C. M. (2008). *Environmental and material flow cost accounting: principles and procedures (Vol. 25)*. Springer Science & Business Media.
- Kokubu, K., & Nakajima, M. (2004, July). Material flow cost accounting in Japan: A new trend of environmental management accounting practices. In *Fourth Asia Pacific Interdisciplinary Research in Accounting Conference (Vol. 4, pp. 1-16)*.
- Kokubu, K., & Nashioka, E. (2005). Environmental management accounting practices in Japan. *Implementing environmental management accounting: Status and Challenges*, 321-342.
- Sahu, A. K., Padhy, R. K., Das, D., ve Gautam, A. (2021). Improving financial and environmental performance through MFCA: A SME case study. *Journal of Cleaner Production*, 279, 123751.
- Schaltegger, S., ve Zvezdov, D. (2015). Expanding material flow cost accounting. Framework, review and potentials. *Journal of Cleaner Production*, 108, 1333-1341.

- Schmidt, M. (2015). The interpretation and extension of Material Flow Cost Accounting (MFCA) in the context of environmental material flow analysis. *Journal of Cleaner Production*, 108, 1310-1319.
- Strobel, M., & Redmann, C. (2002). 5. Flow Cost Accounting, an Accounting Approach Based on the Actual Flows. *Environmental Management Accounting: Informational and Institutional Developments*, 9, 67.
- Stroble, R. (2000). Flow Cost Accounting: Cutting costs and relieving stress on the environment by means of an accounting approach based on the actual flow of materials. *University of Augsburg*.
- United States. Environmental Protection Agency. Office of Pollution Prevention, & ICF Incorporated. (1995). An introduction to environmental accounting as a business management tool: key concepts and terms. US Environmental Protection Agency, Office of Pollution Prevention and Toxics.
- Wagner, B. (2015). A report on the origins of Material Flow Cost Accounting (MFCA) research activities. *Journal of Cleaner Production*, 108, 1255-1261.
- Wagner, B., & Enzler, S. (Eds.). (2005). Material flow management: Improving cost efficiency and environmental performance. *Springer Science & Business Media*.
- Wan, Y. K., Ng, R. T., Ng, D. K., ve Tan, R. R. (2015). Material flow cost accounting (MFCA)-based approach for prioritisation of waste recovery. *Journal of Cleaner Production*, 107, 602-614.
- Yagi, M., ve Kokubu, K. (2018). Corporate material flow management in Thailand: The way to material flow cost accounting. *Journal of Cleaner Production*, 198, 763-775.