

MALZEME AKIŞ MALİYET MUHASEBESİ: LİTERATÜRDEN UYGULAMA ÖRNEKLERİ

Material Flow Cost Accounting: Application Examples From The Literature

Dr. D. Ali KIZILYALÇIN¹

Cite As: Kızılyalçın, D.A. (2021). "Malzeme Akış Maliyet Muhasebesi: Literatürden Uygulama Örnekleri", International Journal of Disciplines Economics & Administrative Sciences Studies, (e-ISSN:2587-2168), Vol:7, Issue:28, pp:207-225.

ÖZET

Malzeme akış maliyet muhasebesi çevre yönetim muhasebesinin önemli araçlarından biri olarak ortaya çıkmış olup 1990'lı yıllardan beri dünyada artan bir şekilde uygulanmaktadır.

Çalışmada konu teorik olarak ele alınmış ve malzeme akış maliyet muhasebesi yönteminin genel esasları açıklanmıştır. Ayrıca çalışmada, bu konuda yapılan farklı sektörlerdeki uygulama örnekleri ele alınmıştır. Uygulamalı çalışmaların belirlenmesinde Google Scholar arama motoru kullanılmıştır. 2012 yılı ve sonrası için belirlenen çalışmalar incelenip uygulamalı olanlar tespit edilmiştir. Bu çalışmalar içinde de sadece işletmelerde gerçek örnekler ile yapılan araştırmalar çalışmaya alınmıştır. Böylece 50 adet çalışma değerlendirmeye alınmıştır. Bu çalışmalardan sadece bir tanesi Türkiye'de gerçekleştirilmiş olup diğer çalışmalar genellikle uzak doğu ülkelerinde gerçekleştirilen çalışmalardır.

Yapılan analiz, araştırmacıların malzeme akış maliyet muhasebesini, 12 gıda-içecek; 7 metal; 4 kauçuk-plastik; 3 arıtma, rafineri, seramik-çömlek, elektrik-elektronik, ahşap, tekstil; 2 otomotiv işletmesinde ve 7 tanesini de farklı işletmelerde uyguladıklarını ortaya koymuştur. Çalışmalara bakıldığında; çevresel etkiler, maliyetler, üretim parti büyüklüğünün belirlenmesi, üretim sisteminin maksimizasyonu vb. gibi amaçların söz konusu olduğu görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Malzeme Akış Maliyet Muhasebesi, Pozitif Ürün, Negatif Ürün, Üretim Kayıpları

ABSTRACT

Material flow cost accounting has emerged as one of the important tools of environmental management accounting and has been increasingly applied in the world since the 1990s.

In the study, the subject was discussed theoretically and the general principles of material flow cost accounting method were explained. In addition, application examples in different sectors on this subject were discussed in the study. Google Scholar search engine was used to determine the applied studies. The studies determined for 2012 and after were examined and applied ones were determined.

Within these studies, only the researches made with real examples in the enterprises were included in the study. Thus, 50 studies were evaluated. Other studies have been carried out in Turkey is only one of the studies performed in this study are generally far eastern countries. The analysis made includes the material flow cost accounting of the researchers, 12 food and beverage; 7 metals; 4 rubber-plastic; 3 refineries, refinery, ceramics-pottery, electrical-electronics, wood, textiles; It has revealed that they have implemented 2 automotive enterprises and 8 in different enterprises. Looking at the studies; it is seen that there are objectives such as environmental impacts, costs, determination of production batch size, maximization of the production system etc.

Key words: Material Flow Cost Accounting, Positive Product, Negative Product, Production Losses

1. GİRİŞ

Günümüzde yaşanmakta olan yoğun sanayileşme beraberinde bazı çevre sorunlarını da gündeme getirmiştir. Özellikle son yıllarda çevre konusunda tartışılan sorunlardan biri küresel ısınma kavramıdır. Bunun yanında su kirliliği, çevre kirliliği, insan ve çevre açısından zararlı atıklar gibi unsurlar da dünya kamuoyunun gündeminde olan sanayileşme sorunlarından.

Dünyanın daha yaşanabilir bir çevreye sahip olması anlamında ülke yönetimleri kadar bireyler de hassasiyet göstermektedirler. Sorumluluk bilincinin artması, tüketicilerin çevreye verdikleri önem, sosyal medyanın yoğun kullanımı ve yasal düzenlemeler gibi unsurlar, işletmelerin çevre konusunda hassasiyet geliştirmelerine neden olmaktadır. Özellikle günümüzde sosyal medya bu konuda oldukça etkin olarak kullanılmaktadır. Öyle ki çevre konusundaki herhangi bir duyarsızlık anında bütün sosyal medya kullanıcılarının dikkatine sunulabilmektedir. İşletmeler tüketici istek ve beklentileri ve sosyal sorumluluk kavramı gereğince çevreye verilen zararın tamamen ortadan kaldırılamasa bile en azından azaltılması için çalışmaktadırlar.

Çevre konusunda muhasebe özelinde bu konuda karşımıza çevre yönetim muhasebesi ve çevre muhasebesi kavramları çıkmaktadır. Christ ve Burritt, (2015: 1379) kurumsal olarak çevresel yönetime daha bütünleşmiş

¹ Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Kuyucak Meslek Yüksekokulu, Yönetim ve Organizasyon Bölümü, dakizilyalcin@adu.edu.tr, Aydın/Türkiye

bir yaklaşıma duyulan ihtiyacın 1990'larda çevre yönetim muhasebesinin (ÇYM; EMA-Environment management accounting) gelişmesine yol açtığını belirtmişlerdir. Schaltegger ve Zvezdov (2015: 1333) çevre yönetim muhasebesini (ÇYM; EMA-Environment management accounting), çevresel konularla ilgilenen yönetim muhasebesinin alt kümesi olarak ifade etmişler ve çevresel etkiyi azaltma ve iyileştirilmiş eko-çevre sorunları için kararlar almak için gerekli bilgilerin toplanmasını, oluşturulmasını, analizini ve iletilmesini destekleyen muhasebe yöntemleri ve faaliyetleri grubu olarak tanımlamışlardır.

Çevre yönetim muhasebesi işletmeler tarafından kullanılan ve tüketilen; enerji, su, malzeme gibi girdilere ve sonuç olarak üretim süreci sonundaki atıklara yoğunlaşmaktadır. Çünkü bu sayılan unsurlar hem işletme açısından önemli bir maliyet kaynağı hem de özellikle atıklar konusunda bir çevre sorunudur (Christ ve Burrit, 2015: 1379).

Çevre yönetim muhasebesinin önemli unsurlarından biri de malzeme akış maliyet muhasebesidir. Dekamin ve Barmaki (2019: 460) Malzeme akış maliyet muhasebesini (MAMM; MFCA-Material flow cost accounting), çevre yönetimi için en iyi muhasebe araçlarından biri olarak ifade etmişlerdir. Çünkü bu yöntem, çevreye verilen atık ve emisyonları göz önünde bulundurmasının yanında bunlarla ilişkili maliyetleri de hesaba katmaktadır. Böylece işletmelere somut olarak atık ve çevresel emisyonların azaltılmasının önemini göstermektedir.

Çalışmada malzeme MAMM kavramı teorik olarak ele alınmıştır. Çalışmanın temel amacı Türkiye'de çok fazla uygulanmayan bu yöntem hakkında teorik bilgi verilmesi ve çevresel duyarlılığın artması hususunda işletmelerin dikkatinin bu yönetime çekilmesidir. MAMM yöntemi 1990'lı yılların başında ortaya çıkan bir kavram olmasına rağmen, geçen süre boyunca Türkiye'de araştırmacıların (akademik çevrenin) çok fazla dikkatini çekmediği söylenebilir. Bu çalışma ile yapılan az sayıdaki çalışmaya bir yenisini eklenmesi düşünülmüştür.

Çalışma giriş ve sonuç bölümleri hariç olmak üzere iki bölüm olarak planlanmıştır. Birinci bölümde MAMM yönteminin tanımı, özellikleri ve işletmelerde uygulama adımları, yöntemin geleneksel maliyet muhasebesi ile ilişkisine değinilmiş ve yöntemin avantaj-dezavantajları hakkında bilgi sunulmuştur. İkinci bölümde ise literatürden MAMM uygulamaları ile ilgili yapılan çalışmaların sonuçlarına değinilmiştir. Çalışma sonuç ve öneriler kısmı ile tamamlanmıştır.

2. MALZEME AKIŞ MALİYET MUHASEBESİ

Çalışmanın bu kısmında MAMM yönteminin teorik altyapısı ile ilgili bilgiler sunulacaktır. Bu amaçla yöntemin tanımı, işleyişi, maliyet muhasebesi ile olan ilişkisi ve avantajlı yönlerine değinilmiştir.

2.1. Tanımı ve Özellikleri

Azaltılmış çevresel etkilerle daha yüksek üretkenlik elde etme baskısının artmasıyla birlikte işletmeler, ekonomik ve çevresel performansı eşzamanlı olarak iyileştiren eko-verimli kararları desteklemek amacıyla faaliyetlerine ilişkin tüm girdi ve çıktılarını hesaba katmalarını sağlayan araçlara erişime ihtiyaç duymaktadır. MAMM, eko-verimli kararları destekleyebilecek böyle bir araç olarak önerilmiştir (Christ ve Burritt, 2015: 1378).

MAMM, 1990'ların sonunda Almanya'nın Augsburg kentindeki Yönetim ve Çevre Enstitüsü (IMU-Institut für Management und Umwelt) profesörlerinden Bernd Wagner tarafından "*akış maliyet muhasebesi*" adı ile geliştirilmiştir (Christ ve Burritt, 2015: 1380) ve o zamandan beri, temiz üretim, ekolojik ekonomi ve yönetim muhasebesi gibi çok çeşitli perspektifleri bir araya getirerek pratikte ve teoride büyük ilgi görmüştür (Tran ve Herzig, 2020: 2).

MAMM Almanya'da geliştirilmiş olmasına rağmen, asıl gelişimine Japonya'da ulaşmıştır. 2000 yılında ilk uygulamaların büyük başarısı nedeniyle MAMM daha sonra güçlü bir şekilde tanıtılmıştır (Schmidt vd., 2015: 1321). 2008'de Japon Endüstriyel Standartlar Komitesi, Uluslararası Standartlar Organizasyonu (ISO) tarafından gözden geçirilmek üzere MAMM'ye ilişkin bir dizi standart formüle etmiş, ISO-14051, 2011'de çevre yönetimi serisinin bir parçası olarak resmi olarak yayınlanmıştır (Tu ve Huang, 2019: 2). Schaltegger ve Zvezdov (2015: 1334)'a göre MAMM'nin Almanya ve Japonya'da ilgi görmesinin nedeni hem Almanya hem de Japonya'nın yöntemin geliştirilmesi ve yaygınlaşmasına zemin hazırlayan güçlü bir verimlilik ve teknoloji odaklı bir endüstriye sahip olmalarıdır.

ISO 14051 MAMM'yi hem fiziksel hem de parasal birimlerde süreçlerdeki veya üretim hatlarındaki malzeme akışlarını ve stoklarını ölçmek için bir araç olarak tanımlamıştır (Rieckhof vd., 2015: 1263; Christ

ve Burritt, 2015: 1379; Yagi ve Kokubu, 2018: 764; Schaltegger ve Zvezdov, 2015: 1334). Yöntem adından anlaşılmanın aksine, muhasebeden değil çevre yönetiminden gelişmiştir. Bu açıdan yöntem, muhasebe ve yönetim sistemlerini birbirine bağlayan bir yönetim kontrol aracı olarak sınıflandırılabilir. (Wagner, 2015: 1255)

MAMM, fiziğin “enerji ne yaratılabilir ne de yok edilebilir; ancak dönüştürülebilir” diyen temel ilkesi üzerinde çalışır. Benzer şekilde, üretim sürecine girdi olarak giren her şeyin, israfı veya ürün dışı çıktıları en aza indirerek faydalı çıktılar olması gerektiğini vurgulamaktadır (Khan ve Rasid, 2016: 3). Örneğin, bir restoran için satın alınan taze gıda, sonunda ya bir nihai ürününün parçası olarak (müşteri tarafından tüketilen yemek gibi) ya da MAMM literatüründe belirtilen ürün dışı çıktı ve atık olarak ayrılır (Christ ve Burritt, 2017: 603).

MAMM, malzeme ve enerji verimliliğini artırma kararlarını motive eder ve üretim israfından kaynaklanan verimsizlikleri azaltır (Walz ve Günther, 2020: 2). Yöntemde, analiz yoluyla malzeme girdisinin azaltılması amaçlanmaktadır. Tüm girdi malzemeleri = Ürünler (pozitif) + Malzeme Kayıpları şeklinde ifade edilen denklem, malzeme dengesinin tanımlanmasını temsil eder. Pozitif ürün sayısı sabit kaldığında negatif ürün sayısı azalır, bu da çevresel etkiyi ve üretilen atık miktarını azaltır (Huang vd., 2019: 4). MAMM’da girdi; temel hammaddeler, yardımcı maddeler, malzemeler, direkt işçilik, su, elektrik, makine gibi üretim süreci için gerekli tüm kaynakları içermektedir. Çıktı ise pozitif ürün ve negatif ürün olarak sınıflandırılır (Özçelik, 2017: 934). Pozitif ürünler, üretim sürecinden çıkan tamamlanmış ürünlerdir. Negatif ürünler ise eski standart malzemeler, kullanılmış yardımcı malzemeler, buharlaşan malzemeler ve satılamayacak olan ürünlerden oluşur (Yareli ve Yakın, 2009: 79).

MAMM, fiziksel ve parasal birimlerdeki atıkların yanı sıra malzeme ve enerji tüketimini de ölçen ekoloji odaklı bir maliyet muhasebesi aracıdır (Guenther vd., 2017: 6). Diğer bir deyişle çevresel ve ekonomik değerlendirme, MAMM’nin en önemli özelliğidir ve işletmelerde, süreçlerin performansını iyileştirmek ve kaynak kullanımını optimize etmek için malzeme atıklarını ve maliyetlerini etkin ve doğru bir şekilde tahminini sağlar (Mahmoudi vd., 2017: 531).

2.2. MAMM’ın Uygulama Aşamaları

MAMM’nin uygulama aşamalarına geçmeden önce yöntemin bir işletmede mevcut olan sisteme entegre edilmesi için gerekli ortamın sağlanması gereklidir. Yagi ve Kokubu (2018: 765) tarafından MAMM’nin kurumsal bir stratejiye entegre edilmesi için beş aşamalı bir model önerilmiştir.

- ✓ Etkinleştirme aşamasında, MAMM’nin işletmede uygulanıp uygulanmayacağına ilişkin karar vermenin maliyeti incelenir. Bu aşamada, maliyet türleri seçilir ve maliyetler ayrıntılı olarak değerlendirilir.
- ✓ Entegrasyon aşamasında, yöntemi bilgi sistemine ve geleneksel maliyet muhasebesine bağlayarak ve performans ölçümü için göstergeler türeterek operasyonel sorunlar ele alınır.
- ✓ İletişim aşamasında, hem işletme içinde (bölümler arası iletişim) hem de işletme dışında (raporlamayı geliştirerek) gerekli iletişim tesis edilir.
- ✓ Akış düşünme aşamasında, bütünleştirici akış yönetimi belirlenir.
- ✓ Öğrenme aşamasında, işletmenin bir öğrenen organizasyon olarak tanımlanması amaçlanır.

Yöntemin işletmeye entegre edilmesi için gerekli çalışmalar yapıldıktan sonra uygulama aşamasının süreçleri işletmede uygulanmalıdır. Huang vd. (2019: 7-9) MAMM’nin işletmede uygulanabilmesi için gerekli aşamaları beş başlıkta sıralanmışlardır.

2.2.1. Yönetimin Dahil Edilmesi-Rol ve Sorumlulukların Belirlenmesi

Genel anlamda, yönetim, MAMM uygulamasının tüm aşamalarında yer almalıdır. Yöntemin işletmede etkili bir şekilde uygulanabilmesi için üst yönetimin; proje uygulama ekibi kurma, kaynak sağlama, ilerlemeyi izleme, sonuçları gözden geçirme dahil olmak üzere rolleri ve sorumlulukları belirlemesi ve uygulamaya liderlik etmesi gerekir. MAMM’nin başarılı bir şekilde uygulanması farklı bilgi kaynaklarını gerektirdiğinden, işletmedeki farklı bölümler arasında iş birliğini gerektirir. İşletme yönetiminin uygulama sürecine dahil olması ile ilgili tüm alanlar arasında doğru bilgi akışı kolaylaştırılabilir.

2.2.2. Sürecin Kapsam ve Sınırının Belirlenmesi ve Bir Malzeme Akış Modeli Oluşturma

İşletmede uygulanacak MAMM faaliyetinin ölçeğini açıkça anlamak için yöntemin sınırlarının belirlenmesi gerekir. Bu konuda uygulamanın başlangıçta belirli ürün ya da süreçler üzerinde yapılması, daha sonra diğer ürün ve süreçlere doğru yayılması sağlanmalıdır. Bu şekilde yöntemin adım adım uygulanması sonucunda, analiz basitleştirilir ve daha iyi sonuçlar elde edilebilir.

Miktar merkezlerinin örnekleri olarak malzemelerin stoklandığı ve/veya dönüştürüldüğü noktalar; depo, atık yönetimi, sevkiyat noktaları verilebilir (Özçelik, 2017: 940).

İlk uygulama için belirlenen ürün ya da süreçlerin potansiyel olarak önemli çevresel ve ekonomik etkilere sahip olması önerilmektedir. Sınır belirlendikten sonra süreç, işlem bilgileri ve tedarik kayıtları kullanılarak miktar merkezlerinde sınıflandırılmalıdır. MAMM'de, miktar merkezi, girdi ve çıktılar ölçüldüğü sürecin bir parçasıdır ve genellikle, malzemelerin dönüştürüldüğü sürecin bölümlerini temsil eder.

Yöntemin sınırları ve miktar merkezlerinin belirlenmesinden sonra verilerin toplanması için bir zaman aralığının belirlenmesi gerekir. Yöntemde anlamlı verilerin toplanmasını sağlayabilecek ve verilerin güvenlik ve kullanılabilirliğini artırmak için sürenin yeterince uzun olması gerektiği ifade edilmiştir.

2.2.3. Maliyetlerin Dağıtılması

MAMM, işletmedeki maliyetleri; malzeme maliyeti, enerji maliyeti, sistem maliyeti ve atık yönetim maliyeti olarak dört başlıkta inceler.

Malzeme maliyetleri, bir miktar merkezine giren ve/veya çıkan her maddenin maliyetidir. Sabit bir malzeme fiyatı akış ve stok miktarları ile çarpılarak belirlenir ve MAMM'nin tek doğrudan maliyetini temsil eder (Schmidt vd., 2015: 1321).

Enerji maliyetleri, elektrik, yakıt, buhar, ısı, basınçlı hava vb. maliyetlerdir. Ölçülen veya tahmin edilen enerji kullanımı temelinde her bir miktar merkezi için enerji maliyetleri hesaplanır (Schmidt vd., 2015: 1321).

Sistem maliyetleri; malzeme, enerji ve atık yönetimi maliyetleri dışında, kurum içi malzeme akışlarıyla ilgili tüm maliyetleri temsil eder. Örneğin, amortisman, işçilik ve bakım maliyetleri gibi. Sistem maliyetleri, miktar merkezleri düzeyinde muhasebeleştirilir (Schmidt vd., 2015: 1321).

Atık yönetimi maliyetleri, bir miktar merkezinde oluşan malzeme kayıplarını işleme maliyetleridir. Atıkların yeniden işlenmesi ve geri dönüştürülmesi veya bertaraf edilmesi, atık su ve katı atıklar vb. gibi faaliyetleri ifade eder (Schmidt vd., 2015: 1321).

Malzeme maliyetleri, enerji maliyetleri ve sistem maliyetleri, ürüne akan malzeme girdisinin oranına ve malzeme kaybına bağlı olarak her bir miktar merkezinde ürünlere veya malzeme kayıplarına tahsis edilir. Her bir girdi ve çıktı akışı için malzeme maliyetleri, malzeme akışının fiziksel miktarı, analiz için seçilen süre boyunca malzemenin birim maliyeti ile çarpılarak ölçülür. Ürünler ve malzeme kayıpları için malzeme maliyetleri ölçülürken miktar merkezi içindeki malzeme envanterindeki herhangi bir değişiklik ilişkili malzeme maliyetleri de ölçülmelidir. Ürünlere ve orantılı olarak malzeme kayıplarına atanan malzeme, enerji ve sistem maliyetlerinin aksine, atık yönetimi maliyetlerinin tamamı malzeme kaybına atfedilir çünkü bunlar bu malzeme kaybını yönetmenin maliyetlerini temsil eder.

2.2.4. MAMM Sonuçlarının Yorumlanması ve İletilmesi

MAMM uygulaması, süreç boyunca malzeme kaybı, ürün haline gelmeyen malzemelerin kullanımı, toplam maliyetler ve malzeme kaybıyla ilişkili enerji ve sistem maliyetleri gibi bilgiler sağlar. Bu bilgi, şirketin faaliyetlerinin farkındalığını artırarak birden çok etkiye neden olur. Maddi kayıplarla ilişkili maliyetlerin farkında olan yöneticiler, malzeme kullanımında verimliliği artırmak ve süreç performansını iyileştirmek için fırsatları belirleyebilir.

2.2.5. Üretim Uygulamalarının İyileştirilmesi ve MAMM Sonuçları Yoluyla Malzeme Kaybının Azaltılması

MAMM analizi, bir kuruluşun malzeme kullanımı ve kaybının büyüklüğünü, sonuçlarını ve itici güçlerini anlamasına yardımcı olduktan sonra, kuruluş sağlanan verileri gözden geçirebilir ve çevresel ve finansal performansı iyileştirmek için fırsatlar arayabilir. Bu iyileştirmeleri sağlamak için alınan önlemler; malzemelerin ikame edilmesi, süreçlerin, üretim hatlarının veya ürünlerin modifikasyonu, malzeme ve enerji verimliliği ile ilgili yoğunlaştırılmış araştırma ve geliştirme faaliyetlerini içerebilir.

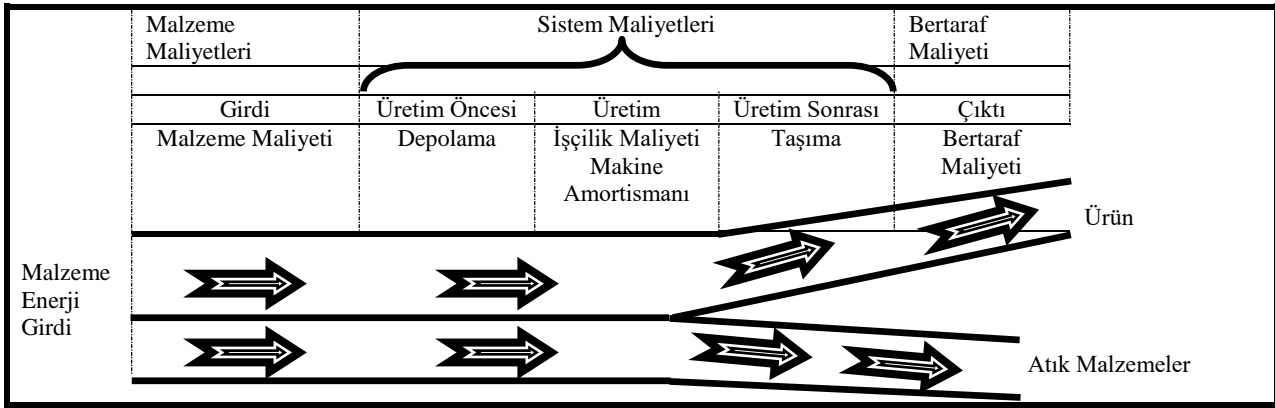
2.3. MAMM'ın Maliyet Muhasebesi ile İlişkisi ve Farkları

MAMM üretim sistemi içindeki kayıpların, atıkların ve negatif ürünlerin belirlenmesi konusunda oldukça yararları bilgileri sunan bir sistemdir. MAMM'nin bu avantajlarından yararlanabilmek için yöntemin işletmenin maliyet muhasebesi sistemine başarılı bir şekilde entegre edilmesi gerekir. Yani MAMM maliyet muhasebesini destekleyen bir araç olarak düşünülebilir. Bu konuda Guenther vd. (2017: 9) MAMM'nin, geleneksel maliyet muhasebesinin tamamlayıcısı olabileceğini ifade etmişlerdir. Çünkü özellikle ürün maliyeti, fiyat tahminleri, ürün karması planlaması ile kâr/zarar gibi işlevler MAMM'nin kaynak optimizasyonu amacı kapsamının dışında kalmaktadır.

Geleneksel maliyet muhasebesi ve MAMM birlikte uygulandıkları işletmelerde faydalı sonuçlar sağlayabileceklerdir. Ancak iki yaklaşım arasında bazı farklar bulunmakta olup bu bölümde kısaca bunların önemlilerine değinilecektir.

Geleneksel maliyet muhasebesi yöntemlerinde yöneticiler çoğunlukla, direkt malzemeler, işçilik ve genel üretim giderleri gibi üretim sürecinde ortaya çıkan ve ürünün maliyetini oluşturan üretim maliyetlerine odaklanırlar. Dolayısıyla bir ürünü üretirken ortaya çıkan tüm maliyetler, üretim sürecindeki kayıpların miktarına bakılmaksızın, ürünün maliyetini oluşturur. Böylece kayıpların maliyeti de ürün maliyetine tahsis edilmiş olur (Huang vd., 2019: 4).

Şekil 1 MAMM'nin arkasındaki temel fikri göstermektedir. MAMM'da malzeme maliyetleri, malzemelerin nereye gittiğine bağlı olarak ürün ve artık malzemeler arasında bölünür (Schmidt ve Nakajima, 2013: 361).



Şekil 1. Akışlardaki çeşitli maliyetlerin ürünlere ve atık malzemelere dağıtımı

Kaynak: Schmidt ve Nakajima, 2013: 361'den uyarlanmıştır.

MAMM çıktıyı amaçlanan ürün ve negatif ürün olmak üzere iki kategoriye ayırır. Bu negatif ürünlerin (atıkların) raporlanması, atık maliyetlerinin daha iyi izlenmesine ve ürün iyileştirme veya süreç iyileştirme yoluyla azaltılmasına yardımcı olur. Dolayısıyla MAMM'nin temel mantığı, "daha az atık, daha az girdiye yol açar, bu da maliyetleri ve çevresel tehlikeleri azaltır" şeklinde özetlenebilir (Khan ve Rasid, 2016: 3). Bir üretim sistemindeki tüm maliyetlerin yalnızca nihai ürüne değil, aynı zamanda adil varsayımlara dayalı olarak, ürün dışı çıktıya (üretim kayıpları, israf) dağıtılmasıyla karar vericiler açısından çok önemli maliyet tasarrufu potansiyelleri ortaya çıkarılabilir (May ve Guenther, 2020: 2). Örneğin bir işletmenin, değeri 10.000 TL olan 100 kg. hammaddeye sahip olduğunu ve işleme maliyeti olarak da 6.000 TL ödeyeceğini varsayalım. Hammadde üretim sürecinden geçtikten sonra işletme 80 kg. bitmiş ürün ve 20 kg. atığa sahip olacaktır. Geleneksel maliyet muhasebesi açısından, atığa bir değer verilmediği için ürün maliyeti 16.000 TL olarak belirlenecektir. MAMM yönteminde 20 kg. atığa da bir değer (20 kg, 3.200 TL) verilir ve bu değer toplam maliyetten düşülür. Böylece pozitif ürünün değeri (80 kg, 12.800 TL) olarak belirlenir. (Zhou vd., 2017: 110'dan uyarlanmıştır).

Geleneksel maliyet muhasebesi, üretim maliyetlerini ürünlere ve ara ürünlere tahsis etme öncülüne sahipken MAMM fiziksel veya kimyasal eylemlerin ve reaksiyonların bilimsel bağlantılarını, ideal olarak olmaları gerektiğinin aksine, olabildiğince gerçekçi bir şekilde yansıtabilir. Kontrol hesaplamaları dahilinde, MAMM akış özellikleri, mevcut maliyet muhasebesi ve bilgi sistemlerindeki yapıları ve tahsis yöntemlerini belirlemeye ve tutarlılık sorunlarını kontrol etmeye ve hata kaynaklarını belirlemeye yardımcı olabilir (Guenther vd, 2017: 9). Geleneksel maliyet muhasebesinde veriler, katlanılan maliyetlerin satışlardan geri kazanılıp kazanılmadığını belirlemek için kullanılır. Malzemenin ürüne dönüştürülüp dönüştürülmediğinin veya atık olarak bertaraf edilip edilmediğinin belirlenmesini gerektirmez (Huang vd., 2019: 5).

Malzeme akışları; çevresel açıdan işletmelerin doğrudan çevresel etkilerini yansıttığından ve üretim maliyetlerini düşürmeye ve böylece kurumsal finansal performansı artırmaya yardımcı olmasından dolayı yöneticiler açısından önemlidir (Rieckhof vd., 2015: 1263). Malzeme akış dengesinin amacı, sistemdeki girdilerin ne kadarının bir ürün haline geldiğini ve ne kadarının ürün dışı çıktı haline geldiğini tam olarak anlamaktır. Atık veya ürün dışı çıktı oluşumu verimsiz bir üretimin işareti olduğundan, çevre sorunlarını yönetmenin en iyi yolu ürün dışı çıktı kavramının tam olarak anlaşılmasıdır (Doorasamy, 2014: 56).

Geleneksel muhasebe uygulamaları yeterli çevresel bilgiyi içermez ve bu nedenle ticari faaliyetlerin çevresel etkileri konusunda farkındalığı destekleme yetenekleri çok sınırlıdır. MAMM ise tam olarak bu sorunu ele alır ve mal - hizmet üretimine odaklı işletmelerin hem çevresel hem de ekonomik performansını iyileştirmeyi amaçlar (May ve Guenther, 2020: 2). Malzeme akışları; çevresel açıdan işletmelerin doğrudan çevresel etkilerini yansıttığından ve üretim maliyetlerini düşürmeye ve böylece kurumsal finansal performansı artırmaya yardımcı olmasından dolayı yöneticiler açısından önemlidir (Rieckhof vd., 2015: 1263). Böylece, işletmeler MAMM uygulaması yolu ile hem çevrenin korunmasına katkıda bulunabilmekte hem de finansal faydalar sağlayabilmektedirler (Özçelik, 2017: 938).

2.4. MAMM'nin Güçlü Yönleri ve Uygulama Zorlukları

En temel çevresel yönetim muhasebesi araçlarından biri olan MAMM tarafından sağlanan veriler ayrıca, yatırım değerlendirmesi, çevresel etki değerlendirmesi ile kısa ve uzun vadeli çevresel bütçelemeyi de içeren daha ileri bir çevre yönetimi muhasebe faaliyetlerinin geliştirilmesi için bir temel sağlamaktadır (Christ ve Burritt, 2015: 1378). MAMM malzeme ile enerji kullanan ve çevresel yönetim sistemlerine sahip olan/olmayan tüm işletmelerde uygulanabilecek bir yöntemdir. Ürün ya da hizmet çeşidi, büyüklük ve yapı veya yerleşim gibi herhangi bir özel bir şart gerekli değildir (Özçelik, 2017: 937).

MAMM'nin başka bir önemli özelliği, malzeme ve atık maliyetlerine ek olarak işgücü ve sermaye maliyetleriyle de ilgili olmasıdır. Birçok endüstri ve işletmede çevresel etkinin azaltılması maliyetli bir strateji olarak kabul edilir ancak MAMM; atıkların, emisyonların ve negatif ürünleri takip etmeye odaklanır ve böylece ekonomik ve çevresel performansın artırılmasına katkı sağlar (Mahmoudi vd., 2017: 531). Ayrıca MAMM'yi geleneksel yöntemlerden ayıran önemli özelliklerden biri de tasarruf için olası potansiyelleri de ölçmesi ve değerlendirmesidir (Süklüm, 2019: 33). MAMM'nin işletmeler tarafından benimsenmesi, çevresel performanslarının iyileştirilmesine yardımcı olacak, mevzuata uygunluk açısından çevresel hesap verebilirliği artıracak ve bilinçli çevre ile atık azaltma kararları için destek sağlayacaktır. MAMM, karar vericilerin atıkları azaltmak için atık üretiminin kaynağına ilişkin bilinçli bir bakış açısına sahip olabilmelerini sağlayacağından; malzeme, işleme ve atık işlemenin miktar ve maliyetlerini belirlemelerini sağlayacaktır. (Fakoya, 2015: 1021).

MAMM uygulaması işletme içinde malzeme ve enerji ile ilgili koordinasyonu iletişimi geliştirmek için malzeme akışlarının ve enerji tüketiminin şeffaflığının iyileştirilmesi amaçlanmaktadır (Walz ve Günther, 2020: 2). Khan ve Rasid (2016: 3) MAMM yönteminin işletmelere sağlayabileceği faydaları aşağıdaki gibi sıralamışlardır:

- ✓ Verimsiz alanların doğru anlaşılması ve belirlenmesi,
- ✓ Atık üretim ve bertaraf maliyetlerinin azalması,
- ✓ Direkt malzemelerin maliyetinde azalmalar,
- ✓ Olumsuz çevresel etkilerin azaltılması,
- ✓ Yenilikçilik,
- ✓ Ürün maliyetlerinde sağlanacak doğruluk,
- ✓ Kaynakların kullanımına ilişkin bölümler arası iletişimde iyileştirme
- ✓ İç ve yönetim kontrolünde artış.

MAMM belirli konularda oldukça başarılı bir yöntem olarak geliştirilmiş olup çevre yönetim muhasebesi konusunda kullanılmaktadır. Ancak MAMM bu faydalarına karşın hızlı bir şekilde yayılmamıştır. Yagi ve Kokubu (2018: 763) bunun nedeni olarak MAMM'nin yeterince yayına konu olmamasını göstermekte olup ekonomik ve yönetsel faydalarının açık olmadığı ya da bilinmediği şeklinde örneklemektedirler.

Dierkes ve Siepelmeyer (2019: 484) bu konuda diğer bir neden olarak, MAMM'nin yaygın olarak kullanılmakta olan maliyet muhasebesi sistemlerinden önemli farklılıklarının olmasını öne sürmektedirler.

Örneğin MAMM, maliyet merkezleri yerine miktar merkezlerini ve maliyet türleri yerine maliyet kategorilerini kullanmaktadır. Ayrıca, malzeme akışı maliyet matrisi gibi diğer maliyet muhasebesi sistemlerinde hiç bulunmayan bazı unsurları da barındırmaktadır. Ayrıca MAMM'nin sınırlı kullanılmasının diğer bir nedeni de MAMM literatüründe açıklananın aksine uygulamada üretim süreçlerinin oldukça karmaşık olmasıdır. Bu konuda Walz ve Günther (2020: 2) çoğu üretim sürecinin zaten optimize edilmiş olduğunu, dolayısıyla çalışan bir sistemi değiştirmek gibi karmaşık bir işlemin, sadece küçük iyileştirmeler açısından yapılması konusunda yöneticilerin isteksiz olduklarını belirtmektedirler.

MAMM çevre dostu bir uygulama olarak değerlendirilmektedir. Khan ve Rasid (2016: 4) işletmelerin çevre dostu bir uygulamayı benimsemenin kârlılıkları üzerinde olumsuz etkileri olacağını düşünmelerinin, yöntemin benimsenmesi konusunda engel oluşturduğunu ifade etmişlerdir. Dierkes ve Siepelmeyer (2019: 484) MAMM'nin odak noktasının esas olarak miktar merkezlerindeki malzeme ve enerji akışı dönüşüm süreçleri olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca yöneticiler açısından maddi kayıplar ve verimsizlik faktörlerinin ürünlerin birim maliyetleri üzerindeki etkisinin önemli olduğunu, ancak MAMM tarafından bu bilgilerin sağlanamadığını vurgulamışlardır.

Özçelik (2017) de MAMM yönteminin işletmeler tarafından benimsenmesi ve uygulanması konusunda; çalışanların algıları, takım işbirliği, performans değerlendirme, teknik bilgi ve eğitim gibi bir takım engellerin olabileceğini ifade etmiştir.

3. MAMM UYGULAMASI HAKKINDA LİTERATÜRDEN ÖRNEKLER

Çalışmanın bu kısmında, Google Scholar veri tabanından sağlanan MAMM'a ilişkin farklı sektörde yapılan uygulamalardan örnekler verilmiştir. Değerlendirilen çalışmalar, Google Scholar arama ekranında Kasım ve Şubat aylarında "malzeme akış maliyetleme, malzeme akış maliyet muhasebesi, material cost flow accounting" anahtar kelimeleri yazılıp arama yapılmıştır. Arama sonucu belirlenen çalışmalar; işletmelerde uygulama yapılmış çalışmalar, teorik çalışmalar ve diğerleri şeklinde gruplandırılmıştır. Bu çalışmalardan ikincil veriler ile yapılmış çalışmalar, anket, görüşme vb. şeklinde yapılan çalışmalar alınmamış, sadece işletmelerde örnek olay çalışması gerçekleştirenler incelenmiştir. Bu şekilde MAMM'nin uygulandığı farklı işletmelerden elde edilen sonuçların ve MAMM'nin hangi tür işletmelerde başarılı bir şekilde uygulanabilir olduğunun görülmesi amaçlanmaktadır. Bu şekilde 50 adet çalışma belirlenmiş ve değerlendirilmiştir. Çalışmalarda uygulamaların yapıldığı işletmeler belirli özelliklerine göre (gıda, arıtma, metal işleme vb. gibi) gruplandırılarak analiz edilmiştir.

Değerlendirilen çalışmalardan 12 adedinde MAMM gıda işletmelerinde uygulanmıştır. Bunlardan üçü içecek (meyve suyu, bira, şarap), diğerleri gıda üreten/işleyen (nişasta, palmye yağı, soya üretimi, tofu, restoran, fast food, şeker kamışı, köfte üretimi) işletmelerde gerçekleştirilen çalışmalardır.

May ve Guenther (2020) Almanya'da bir meyve suyu işletmesinde MAMM'yi karbon ayak izi ve olasılıklı senaryo analizi ile birlikte uygulamışlardır. Çalışmada önceleri meyve suyu üretiminden elde edilen posanın, atık olarak yakıldığı ve ek değer yaratma potansiyelinin dikkate alınmadığı ifade edilmiştir. Uygulama sonucunda küresel ısınma potansiyeli açısından ana ürünün çevresel performansının prinanın (posa) pazarlanabilir bir ürüne geri dönüştürülmesinden fayda sağlandığı ortaya konulmuştur. Senaryo ve belirsizlik analizi ile kârda %13'lük bir artışa yol açabileceği vurgulanmıştır.

Fondevila vd. (2020) İspanya'daki büyük bir şarap imalathanesinde enerji kullanımı ve karbon emisyonu için 3 yıllık bir proje ile MAMM uygulaması gerçekleştirilmiştir. Çalışmada enerji kullanımı ve karbon emisyonları açısından MAMM yönteminin bir şirketin çevresel etkisinin yanı sıra enerji maliyetlerinin azaltılmasına yardımcı olup olmayacağı değerlendirilmiştir. MAMM uygulamasının işletmede hem yönetsel karar alma sürecine hem de işletmenin benimseyebileceği hesap verebilirlik girişimlerine katkıda bulunacağı tespiti yapılmıştır. Uygulama sonucunda; sadece enerji ve emisyon azaltımı konusunda değil, süreçlerin verimliliği, aşırı tüketimin tespiti, tedarikçilerle daha iyi iletişim sağlanması gibi yararlı sonuçları olduğu görülmüştür.

Fakoya (2015) Güney Afrika'da bulunan bir bira fabrikasında, atık azaltma kararlarının desteklenmesi için MAMM yöntemini uygulanmıştır. Yöntemin uygulamasıyla özellikle su kullanımı konusunda tasarruf sağlanmıştır. MAMM yönteminin, karmaşıklığına rağmen, mikro işletmelerde atık azaltma, çevresel maliyetlerin azaltılması ve çevre yönetim bilincinin yaratılmasında uygulanabileceği belirtilmiştir. Çalışmada MAMM yönteminin farklı organizasyonel koşullar altında uygulanabileceği tespiti de yapılmıştır.

Ho vd. (2021) Malezya’da bulunan bir nişasta değirmeninde, geliştirilmiş MAMM yöntemi uygulamıştır. Çalışmada, MAMM yönteminin yalnızca toplam işletme maliyetini en aza indirmekte değil, atık su arıtma teknolojisi yol seçimini daha az maliyetle sağlama yeteneğini de içerdiği ifade edilmiştir. Çalışmanın sürdürülebilir kalkınma açısından mühendislere, su döngüsü ve deşarj yönetmeliğine uygun düşük maliyetli bir karar verme aracı sağladığı belirtilmiştir.

Jakrawatana vd. (2016) Tayland’da nişasta ve etanol üretimi işletmesinde malzeme ve enerji kaybı maliyetlerinin belirlenmesi ve verimliliğin artırılması için MAMM yöntemini uygulamışlardır. İşletmede nişasta üretimine kıyasla etanol üretiminin daha yüksek bir kayıp maliyetine yol açtığı belirlenmiş ve bunun iyileştirilmesi için bir dizi yatırıma ihtiyaç olduğu tespiti yapılmıştır. İşletmede MAMM uygulamasıyla belirlenen kayıp maliyetinin azaltımı için devlet ve özel sektörde karar vericilere önemli bilgiler sağlandığına değinilmiştir. Ayrıca bu tür işletmelerde MAMM uygulamasının nasıl yapılacağı ile ilgili bilgiler sunulmuştur.

Kurniawan vd. (2020) palmye yağı üretimi sürecinde malzeme tüketiminin ve israfın azaltılması konusunda etkisinin görülebilmesi için MAMM yöntemini kullanmışlardır. MAMM uygulaması sonucunda; işletmede atıklar, tehlikeli atıklar ve hammaddeleri yönetme olasılığının malzeme verimliliğinden daha yüksek olduğu ifade edilmiştir. Organik atıkların değerlendirilmesi konusunda yapılacak işbirliği sayesinde sürdürülebilirlik ile ekonomik ve çevresel faktörler açısından işbirliği yapan iki işletme için de faydaların ortaya çıkabileceği belirtilmiştir.

Dekamin ve Barmaki (2019) soya üretiminin ekonomik ve çevresel performansının analizini gerçekleştirmek için MAMM yöntemini uygulamışlar ve sonuçları geleneksel hesaplamalar ile karşılaştırmışlardır. Yapılan uygulama sonucunda MAMM’de 695 dolar getiri hesaplanırken geleneksel hesaplamada aynı değer 373 dolar olarak belirlenmiştir. Aradaki 322 dolarlık farkın MAMM ile hesaplanan malzeme israfına eşit olduğu görülmüştür. Enerji verimliliği ile ilgili karşılaştırmada, enerji kullanımının MAMM yöntemi ile yapılan hesaplamada %25’lik azalış gösterdiği tespiti yapılmıştır.

Syarif ve Novita (2018) Endonezya’da otantik bir ürün olan tofu üretim tesisinde MAMM yöntemini uygulamışlardır. MAMM uygulaması ile hammadde maliyetlerinde %11,26; enerji maliyetlerinde %13,60; sistem maliyetlerinde %9,15 negatif çıktı olduğu tespit edilmiştir. Buna göre tofu üretim işletmelerinin hammadde ve enerjiden en iyi şekilde yararlanmadıkları belirtilmiştir. MAMM uygulamasının tofu üreticileri için hammadde, enerji ve üretim sürecini etkileyen sistemler ile malzeme akışındaki üretim uygulamalarının iyileştirilmesinde büyük faydalar sağlayabileceği sonucuna varılmıştır.

Wohlgemuth ve Lütje (2018) fast food restoranında enerji kullanımında endüstriyel organik atıkları ölçmek için yarı kurgusal bir vaka çalışması olarak MAMM yöntemini uygulamışlardır. Potansiyel olarak biyoenerji üretmek için kullanılabilirdiğinden, organik atık olarak kullanılmış yağ ve atıkların olası miktarı ve buna karşılık gelen fırsat maliyetleri veya daha doğrusu atık yönetimi maliyetlerinden tasarruf sağlanabileceği görülmüştür. Endüstriyel organik atıklarla ilgili MAMM sonuçlarına dayalı olarak, biyogaz ve biyoyakıt şeklindeki potansiyel olarak kullanılabilir biyoenerjinin yaklaşık olarak hesaplanabileceği belirtilmiştir.

Christ ve Burritt (2017) bir restoran işletmesinde MAMM yöntemini uygulamışlardır. MAMM uygulaması, restoran endüstrisinde doğrudan ve dolaylı maliyetlerin belirlenmesi konusunda ve daha fazla kaynak tasarrufu ve daha iyi finansal performans potansiyeli sunma yönlerinden yararlı sonuçlar vermiştir. Ayrıca gıda israfını azaltmaya da yardımcı olmaktadır.

Doorasamy ve Rhodes (2017) Güney Afrika şeker kamışı üretimi yapan bir işletmede MAMM yöntemini uygulamışlardır. Uygulama ile MAMM’nin atık maliyetlerinin tespit edilmesini sağladığı ve sonuçta kârlılığı ve organizasyonel verimliliği artırdığı için Güney Afrika endüstrilerindeki organizasyonlarda MAMM’nin yetkin bir şekilde kullanılmasını önermişlerdir.

Kasemset Boonmee (2015) MAMM yönteminin doğrudan ve dolaylı maliyet dağıtım yöntemleri üzerindeki etkisini görülebilmesi için köfte üretim işletmesinde uygulama yapmışlardır. Çalışma sonucunda farklı maliyet tahsis yöntemlerinin, farklı iyileştirme çözümleri ile sonuçlandığı görülmüştür. Çalışma ile atık miktarı çok büyük olduğunda, malzeme maliyetleri benzer olduğunda ve atık miktarının aynı ölçü birimi ile ölçülmesinin kolay olduğu işletmelerde doğrudan yöntemin tercih edilmesi önerilmiştir. Atık miktarı düşük ancak maliyeti çok yüksek olduğunda veya farklı ölçü birimleri olan çok sayıda malzeme türü olduğunda ise malzeme maliyetine dayalı dolaylı maliyet tahsisi yöntemi uygulanmalıdır.

MAMM yönteminin uygulandığı diğer bir alan metal-metal işlemedir. Bu işletmelerde 7 adet çalışmanın yapıldığı belirlenmiş ve çalışmaların önemli noktaları aşağıda vurgulanmıştır.

Sahu vd. (2021) Hindistan'da çelik boru ve tüp üreticisi bir KOBİ'de finansal ve çevresel performansın iyileştirilmesi için MAMM yöntemini uygulamışlardır. MAMM uygulamasının daha yüksek üretkenlik, daha iyi enerji verimliliği ve iyileştirilmiş çevresel performansa yol açtığı belirlenmiştir. Yöntemin uzun vadeli faydalarını görmek için 5 yıl boyunca sistem izlenmiş ve işletmede malzeme kullanım maliyetinin %26,58 azaldığı belirlenmiştir. Araştırmacılar yöntemin KOBİ niteliğindeki işletmelerde başarılı bir şekilde uygulanabileceğini yararlı sonuçlar sağlayabileceğini belirtmişlerdir.

Kawalla vd. (2018) MAMM yöntemini dişli üretim işletmesinde uygulamışlardır. Araştırmacılar malzeme ve enerji tüketiminin çevresel ve finansal etkilerinin anlaşılabilmesi için dört alt modelden oluşan bir model geliştirmişlerdir. Yapılan uygulama ile sistemin verimli ve ekonomik bir süreç olduğu belirlenmiştir. Ayrıca uygulama ile üretim hacmine göre maliyetlerdeki değişimlerin de görülebilmesi sağlanmıştır.

Zhou vd. (2017) demir-çelik endüstrisinde döngüsel ekonomi ile birleştirerek modifiye bir MAMM uygulaması yapmışlardır. Çalışmada modifiye edilmiş MAMM uygulaması ile kaynak girdisi, değer çıktısı, kaynakların uygun maliyetli kullanımı, atık kayıpları ve atığın neden olduğu çevresel zarar gibi konularda önemli verilerin sağlanabileceği ifade edilmiştir.

Chang vd. (2015) çalışmalarında metal işleme endüstrisinde faaliyet gösteren bir KOBİ'de MAMM uygulaması gerçekleştirmişlerdir. MAMM'nin işletmede uygulanmasının yöneticiler açısından; hatalı kararlar verme olasılığını, enerji veya malzeme israflarını azaltmada ve ürün maliyet bilgilerinin doğruluğunu artırmada etkili olabileceği ifade edilmiştir. Ayrıca MAMM uygulaması sadece maliyetler açısından değil aynı zamanda kurumsal sosyal sorumluluğu gerçekleştirme anlamında da yardımcı olabilecek bir araç olarak ifade edilmiştir.

Schmidt vd. (2015) MAMM uygulamasını bir alüminyum işleme işletmesinde gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada MAMM yönteminin genişletilmiş bir sürümü kullanılmıştır. Geliştirilmiş MAMM uygulamasının verimsizliklerin belirlenmesi ve maliyet tasarrufu sağlamada daha yararlı olacağı ifade edilmiştir. Çalışmaya göre MAMM genel olarak ekolojik hedeflere ulaşılmasına katkıda bulunmaktadır. Ayrıca kayıplara odaklanması ve maliyetlerin ayrı ayrı raporlanabilmesi ile yöneticilerin dikkatini kayıplara çekebilmektedir. Çalışmada MAMM yönteminin bazı zorluklar içerdiği ifade edilmiş ve bu zorlukların giderilmesi ve aşılması halinde yöntemin daha yararlı bir şekilde uygulanabileceğine değinilmiştir.

Takakuwa vd. (2014) Japonya'da bir dişli fabrikasında üretim faaliyetinden kaynaklanan atık miktarını azaltmak için MAMM yöntemi uygulamışlardır. İşletmede üretim parti büyüklüğünün belirlenmesinde çevresel etkileri incelemek için benzetim tabanlı MAMM yaklaşımı kullanılmıştır. MAMM ile önerilen yaklaşım uygulanarak, üretim parti büyüklüğünün yanlış belirlenmesinden kaynaklanan önemli, görünmez atıkların belirlenebileceği ifade edilmiştir. MAMM ile üretim verimliliğini artırmak için gerçekleştirilen statik bir analizin yanı sıra dinamik bir simülasyon analizinin de yapılabileceği gösterilmiştir.

Tang ve Takakuwa (2012) Japonya'da dişli üretimi yapan bir KOBİ'de MAMM yöntemi kullanılarak tedarik zinciri için AS-IS simülasyon modeli uygulanmışlardır. Çalışma ile MAMM yönteminin süreç içi yönetiminde etkinliği, MAMM kavramını kullanan bir benzetim modelinin oluşturulmasıyla doğrulanmıştır. İşletmede süreç yeniliği ile tedarik zinciri için dikkate değer bir azalış sağlanabileceği ve önemli çevresel iyileştirmelere yol açacağı tespiti yapılmıştır. Ayrıca yarı işlenmiş ürün envanteri önemli ölçüde azaltılabileceğinden, tüm tedarik zincirinin süresi kısaltılabilecektir. Bu değişiklik tedarik zincirinde yer alan iki işletmeye de çevresel ve ekonomik katkılar sağlayacaktır.

MAMM çevre yönetim muhasebesinin bir unsuru olduğundan yapılan uygulamalarda çevresel etkiler de yapılan uygulamalara konu olmuştur. Belirlenen üç çalışma atık su arıtma tesislerinde gerçekleştirilen uygulamalara aittir.

Fakoya ve Imuezerua (2021) bir su arıtma tesisinde, süreçteki verimsizlikleri vurgulamak ve etkili su yönetimi kararları için MAMM yöntemini uygulamışlardır. Araştırmacılar, tesisin fiziksel (su hacmi) ve parasal (ilgili maliyetler) verilerinin su arıtma sırasında uygun ve yeterli şekilde ilişkilendirilmediğini belirlemişlerdir. Bu önemli bağlantı, bu birikmiş maliyeti su arıtma işleminin bir sonraki sürecine aktarmadan önce, her işlemde işlenen ham su girdisini ilgili maliyetlere bağlayan MAMM modelinin uygulanmasıyla görünür hale getirilebilmiştir. İşletmede kullanılan mevcut girdi-çıkı ölçüm yaklaşımı,

arıtma sırasında su kaybının ve suyla ilgili maliyetlerin belirlenmesinde yetersiz olduğu için tesise MAMM yaklaşımının uygulanması önerilmiştir.

Behnami vd. (2019) atık su arıtma tesisinde MAMM uygulaması gerçekleştirmiştir. MAMM uygulamasından önce ölçüm hatalarını önlemek için veri mutabakatı tekniği ile ölçümlerin doğruluğu kesinleştirilmiştir. MAMM yöntemi hesaplamalarına veri mutabakatının dâhil edilmesi ile hesaplamalar için kilit bir unsur olan, doğru bir kütle dengesinin gerçekleştirilebileceği ifade edilmiştir. MAMM'nin aşamalı bir şekilde uygulanmasının, karar vericilerin hem finansal hem de çevresel performansları daha güvenli bir şekilde görebilmelerini ve uygun iyileştirme tedbirlerini geliştirebilmelerine yardımcı olacağı vurgulanmıştır.

Ho vd. (2019) atık suların arıtılması için, uygulamada bir matematiksel modelleme aracı geliştirmek için MAMM yönteminden yararlanmıştır. Yöntem daha sonra atık su arıtma işleminde uygulanmış ve sonuçta minimum atık üretim maliyeti ile optimize edilmiş atık su arıtmanın sermaye yatırımının %97,4'ünün geri kazanılabileceği ortaya konmuştur.

MAMM uygulamalarının gerçekleştirildiği bir başka alan kauçuk ve plastik üretim-işleme tesisleridir. Bu konuda belirlenen üç çalışmadan ikisi Dunuwila vd. (2018-2020) tarafından yapılmıştır. Diğer çalışma da Kasemset vd. diğerleri tarafından yapılan çalışmadır.

Dunuwila vd. (2018) yılında gerçekleştirdikleri çalışmada, Sri Lanka'da kauçuk üretimi yapan bir işletmede malzeme akış analizi, yaşam döngüsü analizi ve MAMM'ı birlikte uygulamışlardır. Yapılan uygulama sonucunda işletmede su, kimyasallar ve elektrik tüketimi iyileştirme seçenekleri olarak önerilmiştir. İşletmede maliyetlerde %4,5 tasarruf sağlanabileceği belirtilmiştir. Uygulama ile işletmedeki mevcut üretim sisteminin negatif ürün maliyetleri ve küresel ısınma potansiyelini azaltma yolunda iyileştirilebileceği ortaya konulmuştur. Uzun vadede bu iyileştirmelerin; önemli miktarda su, kimyasal, elektrik gibi maliyetler ile küresel ısınma potansiyelinin azaltılmasını sağlayacağı ve işletmenin sosyal imajını yükseltebileceği vurgulanmıştır.

Dunuwila vd. (2020) yılında konsantre lateks fabrikasında; malzeme akış analizi, çevresel yaşam döngüsü değerlemesi ve MAMM yöntemini birlikte uygulamışlardır. Ayrıca seçeneklerin değerlendirilmesi için Pareto analizinden yararlanılmıştır. Uygulama sonucunda mevcut lateks üretiminin, ekonomik ve çevresel performanslarının, uygulanabilir malzeme kayıplarının ve global ısınma potansiyelini artırma etki faktörlerinin çoğundan kaçınarak önemli ölçüde yükseltilebileceği vurgulanmıştır. Çalışmada ayrıca farklı yöntemlerin kombinasyonunun süreçlerin yeniden tasarlanması konusundaki faydaları ifade edilmiştir.

Kasemset vd. (2013) Tayland'da plastik su şişeleri üreten bir işletmede süreç iyileştirilmesi için MAMM yöntemi uygulamışlardır. MAMM uygulamasıyla işletmede öncelikle en yüksek negatif ürün maliyetinin şişirme işleminde gerçekleştiği tespiti yapılmıştır. Bu süreç hareket etüdü kullanılarak analiz edilmiş ve işletmeye iyileştirme önerileri sunulmuştur. Önerilerin uygulanmasıyla pozitif malzeme maliyetinin %49,62'den %49,81'e yükseldiği ve negatif malzeme maliyetinin de %25,52'den %25,24'e düştüğü tespiti yapılmıştır.

MAMM yönteminin yoğun olarak uygulandığı bir başka alan, rafineri ve petrol tesisleridir. Bilindiği gibi rafineri ve petrol üretimi-işlenmesi yoğun çevresel etkilere sahip endüstrilerdendir. Bu da bu tür tesislerde MAMM uygulanmasının yararlı sonuçlar sağlama potansiyelini taşımaktadır.

Karimi vd. bir rafinerinin damıtma ünitesinde, 2019 ve 2020 yıllarında iki çalışma yapmışlardır. Bunlardan ilkinde (2019) MAMM yöntemi ile pozitif ve negatif ürünlerin belirlenmesi ve ürünlerin gerçek değerlerinin görülmesi sağlanmıştır. Çalışmada farklı bölgelerden gelen petrol ve ham yağların karışımı incelenmiş ve alternatifler belirlenmiştir. Diğer çalışmada (2020) pozitif ve negatif ürünlerin belirlenmesi ve mevcut ürünlerin gerçek değerini belirlemek için MAMM yöntemini uygulamışlardır. Uygulama sonucunda en büyük maliyetin ham petrol ve enerji gibi maliyetler olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle rafinerinin mevcut koşullarının değiştirilmesinin, ilgili maliyetler üzerinde fazla bir etkiye neden olmayacağı ifade edilmiştir.

Mahmoudi vd. (2017) Tebriz Petrol Rafineri Tesisinin atık su arıtma ünitesinde MAMM yöntemini uygulamışlardır. Arıtma tesisinde miktar dengesi kurularak; kayıplar belirlenmiş, maliyet ve faydaların tespiti yapılmıştır. Çalışma ile tesiste pozitif ürün değerinin %58,92'den %90,76'ya yükseldiği ve negatif ürün maliyetinin de %41,08'den %9,23'e düştüğü belirlenmiştir. Ayrıca çalışmada ekonomik sorunlara ek olarak çevre sorunlarının önemli ölçüde azaltılabileceği de vurgulanmıştır.

Zotov vd. (2019) Rusya'daki bir petrol şirketinde MAMM yöntemi kullanılarak uygulama gerçekleştirmişlerdir. Benzin üretiminin önemli miktarda yan ürün ve atık ürettiği belirlenmiştir. MAMM

uygulamasını, maliyetlerin çoğunun geri dönüşüm ürünleri, atıklar vb. gibi maddi kayıplarla bağlantılı olduğunu göstermiştir. Genel olarak tedarik zincirinin farklı malzeme akış maliyetlerinin süreçlere tahsisine göre hesaba katılması gerektiği belirlenmiştir.

MAMM yönteminin uygulamasının yapıldığı işletmelerden üçü, elektrik-elektronik malzemeleri üreten işletmelerdir. Kluczek (2019), ısıtma cihazları üreten bir işletmede MAMM'yi, yaşam döngüsü değerlemesi ve malzeme akış analizi ile birleştiren hibrit bir metodun uygulaması yapılarak eko-verimlilik araştırılmıştır. Eko-verimlilik analizi, mevcut süreçlere nazaran, toplam malzeme kayıplarının maliyetinin %2 azaltılabileceğini ortaya çıkarmıştır. Uygulanan yöntemin, işletmelerin malzeme seçimine ilişkin kararlar alırken ve çevresel olarak yararlı teknolojileri daha fazla finansal faydayı göz önünde bulundurmaları için yararlı bir uygulama olduğu tespiti yapılmıştır.

Wang vd. (2017) baskılı devre kartı üretiminde gerçek atık akışlarını belirlemek ve maliyet-fayda analizi yapmak için MAMM uygulamasını gerçekleştirmişlerdir. İşletmede MAMM kullanıldığında süreç içindeki önlenemez malzeme kayıplarının ve atıkların tanımlanması nedeniyle atık azaltma potansiyelinin belirginleşeceği vurgulanmıştır. Ayrıca MAMM uygulanması yoluyla geleneksel yöntemlere göre daha yüksek oranda bir maliyet tasarrufu sağlanacağı da ifade edilmiştir.

Kasemset vd. (2016) Tayland'daki bir elektronik parça üretimi fabrikasında malzeme israfının azaltılmasındaki etkilerini görmek için MAMM yöntemini uygulamışlar ve negatif malzeme maliyeti, diğer maliyetlerle kıyaslandığında en büyük tutar olarak belirlenmiştir. Sorunun ana nedeninin belirlenmesi için Pareto grafiği kullanılmıştır. Bunun sonucunda üretim hattının ilk aşamasında en yüksek negatif malzeme maliyetinin olduğu tespit edilmiştir. Bunun için işletmeye ilgili süreçte maliyetlerin azaltımı öneriler getirilmiştir.

Değerlendirmeye alınan çalışmalardan üçü seramik ve çömlek üretimi ile ilgilidir. Zeng vd. (2019) yaşam döngüsü analizi ve MAMM'nin entegrasyonunu Çin'deki bir seramik işletmesinde uygulamışlardır. Çömlek üretiminde iki tür yakma sistemi karşılaştırılmıştır. MAMM değeri iki süreç arasında çok değişiklik göstermemiş, ancak çevreye verilen zararın %7 azaldığı tespiti yapılmıştır. Çevre üzerindeki yükün azaltılması ve ekonomik faydaların artırılması için yöntemin daha etkili olduğu ifade edilmiştir.

Laosiritaworn ve Bhuapirom (2016) seramik üreten bir işletmede MAMM uygulamasının bütün yönlerini gösterebilecek bir çalışma yapmışlardır. MAMM uygulaması ve iyileştirmelerden sonra işletmede malzeme girdi maliyetinde %1,37'lik bir azalma belirlenmiştir. Çıktı tarafında ise malzeme maliyetinin iyileştirmelerden sonra pozitif ürünlerde (%55,37'den %59,62'ye) artış görülmüş ve malzeme israf yüzdesinin de (%7,86'dan %4,24'e) düştüğü görülmüştür. Çalışmanın sonucunda MAMM'nin karar vericilerin daha iyi kararlar almasını sağlayacak bir araç olduğu ifade edilmiştir.

Chompu-inwai ve Apinun (2015) tarafından Tayland'da bulunan çömlek ve dekoratif seramikler üreten bir işletmede MAMM uygulaması yapılmıştır. Çalışmada MAMM uygulamasının üretimdeki kayıpları belirlemek açısından etkili bir araç olduğu, ancak kayıpları azaltmak için endüstri mühendisliği araçları ile birlikte kullanımının uygun olacağı belirtilmiştir. İşletmede bölümler açısından uygun araçların seçilmesi gerekmektedir. Araştırmacılar bunun için hareket ve zaman çalışması, ergonomi, altı sigma gibi yöntemlerin kullanılabilirliğini ifade etmişlerdir.

Ahşap ürünleri üreten, ahşap oyuncak üreten ve ormancılık alanında yapılan uygulamalar birleştirilmiş olup bu konuda üç çalışma belirlenmiştir.

Nakkiew ve Poolperm (2016) Tayland'da ahşap oyuncak üreticisi bir KOBİ'de MAMM uygulaması gerçekleştirmişlerdir. MAMM uygulamasından elde edilen sonuçlara göre atıkların maliyeti, toplam maliyetin %58,07'sini oluşturmaktadır. İşletmede olumsuz maliyetlerin ortaya çıktığı iki süreç belirlenmiştir. Süreçlerle ilgili iyileştirici önlemlerden sonra işçilik ve enerji maliyetlerinde tasarruf sağlandığı görülmüştür.

Chompu-inwai vd. (2015) malzeme tüketimini azaltmak ve atıkları en aza indirmek için ahşap ürünleri üreten bir işletmede MAMM ve deney tasarımı yöntemlerini uygulamıştır. İşletmenin üretim sürecinin analizinde, kullanılan hammaddenin yaklaşık %70'inin yonga, talaş ve kesilmiş kusurlu parça olarak israf edildiği belirlenmiştir. Uygulama sonucunda bu oran %54'e düşürülmüştür. MAMM ve deney tasarımı uygulaması işletmenin hem ürün kalitesini artırmaya hem de üretim sürecinin olumsuz çevresel etkilerini azaltmaya yardımcı olmuş ve maliyetleri düşürmüştür.

Papaspyropoulos vd. (2016) MAMM yöntemini ormancılık alanında uygulamışlardır. Çalışma MAMM'nin tomruklama işlemlerinin verimsizliklerini ortaya koymada güvenilir olduğunu göstermiştir. Genel olarak

ormancılıkta MAMM uygulamasının; kaynak verimliliği, maliyet tasarrufu, üretim sürecinin daha iyi yönetilmesi gibi konularda yararlı olacağı, ayrıca sürdürülebilirliğin de sağlanan kaynak verimliliği yoluyla artırılacağı ifade edilmiştir.

Otomotiv alanında Higashida ile Ichimura ve Takakuwa tarafından Japonya'da yapılmış iki çalışma bulunmaktadır. Higashida (2020) MAMM uygulamasının yeşil tedarik zinciri yönetimine katkısını göstermek amacıyla yaptığı çalışmada MAMM'nin malzeme akışlarını koordine etmede hem ekonomik hem de çevresel açıdan önemli etkileri olduğunu ortaya koymuştur. Çalışmada ayrıca tedarikçiler ile ilgili olarak ortaya çıkacak bazı sorunların çözülebileceği ve yönetimin tedarik zinciri boyunca malzeme akışlarına odaklanılabileceği belirtilmiştir. Ichimura ve Takakuwa (2013) işletmede MAMM uygulaması sonucunda, pozitif ürün maliyetinin %71,4 olduğunu ve bu durumda toplam girdi maliyetlerinin %28,6'sının ürün haline gelmediğini ve atık olarak değerlendirildiğini ortaya koymuşlardır. Araştırmacılara göre bu durum MAMM'nin en büyük avantajını, yani daha önce fark edilmeyen kayıpların tanınması ve bu tür kayıpların miktarının belirlenmesini sağladığını göstermektedir. Önerilen bu uygulama, ürün tasarımı aşamasında hammadde boyutuna karar verme, üretim planlama aşamasında ürün çeşitliliği kombinasyonu ve imalatın iyileştirilmesi için kullanılabileceği çalışmada belirtilmiştir.

Tekstil alanında yapılan üç çalışma; Kılı ve Gülmez, Kasemset ve Boonmee ve Kasemset vd. tarafından yapılan çalışmalardır. Kılı ve Gülmez (2020) küçük ölçekli bir tekstil işletmesinde erkek gömleği dikimini, hedef ürün olarak belirlemişler ve MAMM'yi uygulamışlardır. MAMM uygulaması ile süreçteki pozitif ve negatif ürünler belirlenmiş ve bunların en yüksek oranda gerçekleştiği süreç adımları tespit edilmiştir. Bu süreç adımlarının iyileştirilmesi için işletmeye çözüm önerileri sunulmuştur. Kasemset vd. (2015) Tayland'daki bir tekstil işletmesinde atıkların azaltılması konusundaki oynadığı rolün ortaya konulması amacıyla MAMM uygulanmışlardır. MAMM uygulamasıyla pozitif ürünler ve negatif ürünlerin maliyetlerinin sırasıyla %84,26 ve %15,74 olduğu belirlenmiştir. Negatif ürünlerin %80'lik kısmının kesim ve dikim işlemlerinden kaynaklandığı tespit edilmiştir. İşletmeye negatif ürün maliyetinin azaltılması için önerilerde bulunulmuş ve MAMM ile negatif ürün maliyetinin %11,27'ye düştüğü tespiti yapılmıştır. Diğer çalışmada Kasemset ve Boonmee (2017), MAMM'yi mevcut üretim hattı boyunca malzeme kayıplarını değerlendirmek ve iyileştirilmesi için gereken işlemleri belirlemek için bir tekstil şirketinde uygulamıştır. MAMM uygulaması sonucunda negatif ürünlerin en yüksek maliyeti, toplam negatif ürün maliyetinin %14,43'ü ile malzeme maliyetinden kaynaklandığı tespit edilmiştir. Bu konuda işletmeye önerilerde bulunulmuştur. Çalışmada MAMM, dinamik programlama ve çok kriterli karar verme yönteminin entegre edilmesinin işletmeler açısından uygun çözümün bulunmasında faydalı olacağı belirtilmiştir.

Bu noktadan itibaren farklı türde işletmelerde yapılan çalışmalar bulunmaktadır. Ohara ve Murata (2020) MAMM'yi bir kimya şirketinde damıtma sürecinin performansının iyileştirilmesi için uygulamıştır. MAMM uygulaması ile pozitif ürün ve negatif ürün oranları belirlenmiş ve negatif ürünü azaltmak için gerekli işlemler belirlenmiştir. Uygulama ile üç tür damıtma yapısı atık türüne göre sınıflandırılmıştır. Damıtmadaki ürünlerin bileşim oranı ve enerji performansı arasındaki ilişki belirlenmiştir. Sonuç olarak damıtmanın çalışma koşullarının değiştirilmesiyle iyileştirmenin sağlanabileceği ifade edilmiştir.

Huang vd. (2019) bir geri dönüştürülmüş cam işletmesinde MAMM yöntemi uygulamışlardır. Uygulama yapılan işletmede ürünlerin verim oranı %99,1 olduğundan negatif ürünlerin maliyetinin oldukça düşük olduğu belirtilmiştir. Analizde enerji maliyetinde %3,09'luk bir kayıp oranı belirlenmiş ve işletmeye bununla ilgili çözüm önerileri sunulmuştur. Çalışma ile ulaşılan sonuca göre MAMM, işletmenin hem iç süreçlerine dönük alanların iyileştirilmesi ilgili bilgi sağlamaktadır hem de çevresel sürdürülebilirlik anlamında yardımcı bir araçtır.

Morata (2017), tıbbi cihazlar ve hastane mobilyaları üreten bir işletmede MAMM yöntemini uygulamıştır. Uygulamada yeşil kavramları ve MAMM ile kurumsal sürdürülebilirliğin boyutları üzerindeki etkilerinin ölçülmesi için çoklu regresyon analizi kullanılmıştır. Çalışma sonucunda işletmeye katma değer yaratan faaliyetleri yönetmek ve katma değer yaratmayan faaliyetler için zamanın azaltılması için rekabetçi maliyet yönetimi enstrümanlarının kullanılması önerisi yapılmıştır.

Abedi ve Rahmatabadi (2014), malzeme, malzeme akışı ve enerji kaybını belirlemek için yangın söndürme köpük sıvısı üreticisi bir işletmede MAMM yöntemini uygulamışlardır. Çalışmanın sonucunda işletmedeki malzeme akışı ve enerji kaybı belirlenmiştir. MAMM uygulaması ile işletmede iki merkezde malzeme ve enerji kaybı en yüksek %29,8 ve en düşük %10,8 olarak belirlenmiştir. Malzeme ve enerji kayıplarının tamamen ortadan kaldırılmasının mümkün olmadığı ancak MAMM uygulaması yoluyla israfı azaltmak ve verimliliği artırmanın mümkün olduğu belirtilmiştir.

Doorasamy (2014), bir kâğıt ve kâğıt hamuru üretimi işletmesinde MAMM uygulaması gerçekleştirmiştir. Çalışmada mevcut üretim sürecinin verimsiz olduğu ve işletmenin çevresel ve ekonomik performansını olumsuz etkilediği belirtilmiştir. MAMM uygulaması yöneticilerin temiz üretim tekniklerini ve teknolojilerini benimsemesinin finansal ve çevresel faydaları değerlendirmesi açısından yararlı olacağını göstermiştir. Bu bilgiler işletmenin gelecekte temiz üretim teknolojilerine yatırım yapma konusunda alacağı stratejik kararlar için de bilgi sağlayacaktır. Çalışma sonucunda işletmenin gelecekte sürdürülebilirliğini sağlamak için MAMM'yi mevcut üretim sistemine entegre etmesi gerektiği ifade edilmiştir.

Ulhasanah ve Goto (2012), Endonezya'da bulunan bir çimento işletmesinde MAMM yöntemini, malzeme akış analizi ve yaşam döngüsü değerlendirilmesi birlikte uygulanmıştır. Çalışmada MAMM uygulaması ile çimento işletmesinde, malzeme, enerji ve paketleme gibi alanlarda maliyet kayıplarının tespiti yapılmıştır. Geliştirilecek yeni bir sistem ile bu kayıpların yaklaşık %8 oranında azaltılabileceği vurgulanmıştır.

Youngin ve Chattinnawat (2019) MAMM'yi işletmede süreç verimliliğini analiz etmek için hem fiziksel hem de parasal birimler cinsinden kullanılan malzeme ve enerjiyi belirlemek ve ardından toplamı maksimize eden parti büyüklüğünü ve kalite kontrolünü tasarlamak için uygulamıştır. MAMM analizinin sonuçları, negatif ürün maliyetinin en yüksek kısmının %78,54 oranında malzeme kullanımı ile ilgili olduğu ve bunu toplam ürün maliyetine kıyasla %7,61 ile sistem maliyetinin takip ettiğini göstermiştir. Analiz, parti büyüklüğüne bağlı olan süreç kalitesinin iyileştirilmesiyle kayıp maliyetinin azaltılabileceğini ortaya koymuştur.

Zhao vd. (2013), çok çeşitli stoklara sahip olan bir işletmede uygun parti büyüklüğünün belirlenmesini amaçlamıştır. MAMM yöntemi AS-IS-NC simülasyon modeli ile birlikte uygulanmıştır. Uygulamaya göre MAMM'nin, üretim yöneticilerine uygun parti büyüklüğünün belirlenmesinde ve hem ekonomik hem de çevresel faydaları dikkate alma konusunda yararlı bilgiler sağlayabileceği tespiti yapılmıştır.

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

MAMM çevre yönetim muhasebesinin bir aracı olarak geliştirilmiş ve özellikle işletmelerde üretim sürecindeki verimsizliklerinin belirlenmesi ve çevresel maliyetlerin azaltılması gibi konularda faydalı bir yöntem olarak kullanılmaktadır. MAMM'nin önemli üstünlüklerinden biri geleneksel maliyet hesaplamada bitmiş ürünlerin toplam maliyeti içinde değerlendirilen üretim kayıplarını ayrı olarak takip etmesi ve maliyetlerin bunlara da dağıtımını sağlamasıdır. Daha az üretim kaybı, daha az girdi kullanımı olarak ifade edilebilecek temel yaklaşımı ile MAMM, çevresel açıdan da çevresel maliyetlerin azaltılması yoluyla faydalı bir yöntemdir.

Çalışmada MAMM yönteminin uygulama sonuçlarının görülebilmesi amacıyla literatürden işletmelerde yapılan örnek uygulamalar ile ilgili belirlenen 50 çalışma değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmede ulaşılan sonuçlar kısaca aşağıdaki gibi açıklanabilir.

Çalışmalarda araştırmacıların malzeme akış maliyet muhasebesini; 12 adedi gıda içecek, 7 adedi metal, 3'er adedi; kauçuk-plastik, arıtma, rafineri, seramik-çömlek, elektrik-elektronik, ahşap, tekstil, 2 adedi otomotiv ve 8 adedi de farklı işletmelerde uyguladıklarını ortaya koymuştur. Bu tespite göre MAMM sadece belli bazı sektörlerde değil, üretimde verimsizliklerin ortaya çıkabildiği çok değişik sektörde uygulanabilecek bir yöntem olduğu görülmektedir. Ayrıca yapılan uygulama sonuçlarına göre MAMM yöntemi çalışmalarda belirlenen amaçlara ulaşma yolunda başarılı olduğu görülmektedir.

MAMM'nin uygulama yapılan işletmelerde gerçekleştirilme amacına bakıldığında ise farklı amaçlarla uygulamanın yapıldığı görülmektedir. Bu konuda en çok uygulamanın yapıldığı konu üretim kayıplarının belirlenmesine (çalışmalarda; malzeme kayıpları, negatif ürün miktarı, atıklar, üretim kayıpları vb. şeklinde ifade edilmiştir) dönüktür. Bu konu 25 adet çalışmaya konu olmuştur. İkinci sırada 12 adet çalışmada amaç, ele alınan üretim sürecindeki aksaklıkların belirlenmesi yoluyla üretim sürecinin iyileştirilmesi ile verimlilik ve üretkenliğin artırılmasıdır. Çevresel etkilerin değerlendirilmesi ve çevresel maliyetler 9 çalışmada MAMM yöntemi ile uygulanan konular olmuştur. Enerji verimsizlikleri, enerji yönetimi ve maliyet azaltımı 5'er çalışmada araştırılan konular olmuştur. Kurumsal sürdürülebilirlik, üretim parti büyüklüğünün belirlenmesi, geri dönüştürme maliyetleri, tedarik zincirinde MAMM uygulaması, uzun vadeli parasal etkilerin görülmesi, işletmelerde MAMM'nin uygulanabilirliğinin görülmesi, işletme kârlılığı üzerine etkileri, malzeme karışımı gibi konular MAMM uygulamasında değerlendirilen diğer konular olmuştur.

MAMM uygulaması işletmelerde uygulanırken diğer bazı tekniklerle desteklendiği ya da uygulamanın gücünün artırıldığı da görülmektedir. Bu teknikler arasında; yaşam döngüsü değerlemesi, malzeme akış

analizi, dinamik programlama, çok değişkenli karar verme, deney tasarımı, pareto, olasılıklı senaryo analizi yöntemi bunlardan bazılarıdır.

Bilindiği gibi MAMM Almanya'da ortaya çıkmış ancak gelişimini Japonya'da sürdürmüştür. Değerlendirilen çalışmaların daha çok Uzak Doğu ülkelerde gerçekleştirilmiş olması bu doğrulamaktadır. Uygulamalı çalışmaların gerçekleştirildiği ülkelere bakıldığında en fazla çalışılan ülke Tayland olmuştur. Tayland'ı Japonya, İran, Endonezya ve Güney Afrika izlemektedir. Çalışmada Türkiye'den sadece bir çalışmanın olduğu belirlenmiştir.

Çalışmalarda da görüldüğü gibi MAMM işletmelerde daha önceden fark edilmeyen ya da maliyet sistemi tarafından değerlendirilmeyen kayıpların ortaya çıkarılmasında önemli bir araçtır. Üretim süreci içindeki israf ve kayıpların belirlenmesi ile işletmeler maliyetlerinde önemli tasarruflar sağlama olanağına sahip olacaktır. Ayrıca üretim sürecindeki israfların ortadan kaldırılması ile daha az malzeme, işçilik, enerji vb. kullanımı olacak ve çevresel etkilerin azaltılması konusunda da yararlı olacaktır.

Bu avantajlarına karşın MAMM'nin ülkemizde araştırmacılar tarafından çok fazla çalışılan bir konu olmadığı görülmektedir. Literatüre bakıldığında bu konudaki çalışma sayısının oldukça az olduğu, işletmelerde uygulamalı yapılan çalışmanın ise sadece bir tane olduğu görülmektedir. Bu yöntem, işletmelere sağladığı maliyet avantajları ve pozitif çevresel etkiler nedeniyle ülkemizde de işletmeler tarafından uygulanması halinde hem işletmeler hem de ülke açısından yararlı sonuçlar ortaya koyabilecek bir potansiyel taşımaktadır.

Yeni bir yöntemin kabul edilmesi için belirli bir sürenin geçmesi, uygulama sonuçlarının görülmesi ve değerlendirilmesi gerekmektedir. MAMM yöntemi 1990'lı yıllardan beri literatürde teorik olarak tartışılan bir yöntemdir. Ancak pratik uygulama sayısının çok fazla oranda olduğu söylenemez. İşletmeler açısından bakıldığında yöntemin, maliyetlerin ve olumsuz çevresel etkilerin azaltılması konusundaki etkisi net bir şekilde görülmesinin sağlanması gereklidir. Yöntem mevcut maliyet sistemine entegre edilmesinin zor olması, yöntemin sağlayacağı net faydanın belirsiz olması, çevresel yatırımların kârlılığı olumsuz etkileyeceği endişesi, yöntemin kurulması ve işletilmesi konusundaki teknik bilgi ve bu konuda yetişmiş uzmanlara ihtiyaç göstermesi gibi dezavantajlı konular literatürde tartışılmaktadır.

Ülkemizdeki işletmelerin büyük bir çoğunluğunun KOBİ niteliğinde olması, yöntemin gerektirdiği altyapının sağlanması konusundaki en büyük engellerden biridir. Yöntemin üretim sistemindeki verimsizlikleri belirlemesi önemli olmakla birlikte işletmelerin bu verimsizlikleri ortadan kaldıracak yatırımları gerçekleştirebilecek finans kaynaklarına da sahip olması gerekmektedir. Yöntem ancak bu şekilde kendinden beklenen faydayı sağlayabilecektir. Bu nedenle bu tür işletmelerin teşvik edilmesi ve desteklenmesi gerekmektedir. Japonya Ekonomi, Ticaret ve Sanayi Bakanlığı (METI) Japonya'da yöntemin uygulanması için çeşitli şekillerde işletmelere öncülük etmiştir. Ülkemizde de aynı benzer uygulamaların gerçekleştirilmesi yöntemin benimsenmesi için yararlı olabileceği düşünülmektedir.

Yöntemin ülkemizde kabul görmesi ve uygulanmasının sağlanabilmesi için öncelikle bu konuda farklı sektörlerde araştırmacılar tarafından yapılacak uygulamalı çalışmaların artırılması gerekmektedir. Böylece yöntemin bilinirliği ve işletmeler tarafından benimsenme olasılığı da artacaktır. Bu nedenle sonraki çalışmalarda, yöntem farklı sektörlerde yer alan işletmelerde uygulanarak sonuçları paylaşılabılır ve pratik olarak işletmelerde uygulanabilirliği ortaya konulabilir.

KAYNAKÇA

Abedi, Z. & Rahmatbadi, Y. D. (2014). "Material Flow Cost Accounting: An Appropriate Tool for Achieving Sustainable Development in the Manufacturing Process, Case Study: Azar Kavin Co". 3rd Conference Emerging Trends in Energy Conservation. <http://faculty.srbiau.ac.ir/file/download/articlesInConferences/1546242557-en.pdf>

Behnami, A., Benis, K. Z., Shakerkhatibi, M., Fatehifar, E., Derafshi, S. & Chavoshbashi, M. M. (2019). "Integrating Data Reconciliation Into Material Flow Cost Accounting: The Case of A Petrochemical Wastewater Treatment Plant". *Journal of Cleaner Production*, Vol. 218, p. 616-628. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.218>

Chang, S. H., Chu, C. L., Wang, T. S. & Hsieh, S. I. (2015). "Material Flow Cost Accounting System for Decision Making: The Case of Taiwan SME in the Metal Processing Industry". *Asian Journal of Finance & Accounting*, Vol. 7, No. 1, p. 117-134. DOI:10.5296/ajfa.v7i1.7033

Christ, K. L. & Burritt, R. (2015). "Material Flow Cost Accounting: A Review and Agenda for Future Research". *Journal of Cleaner Production*, Volume, 108, p. 1378-1389.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.09.005>

Christ, K. L. & Burritt, R. (2017). "Material Flow Cost Accounting for Food Waste in the Restaurant Industry", *British Food Journal*, Vol. 119 No. 3, p. 600-612.

DOI 10.1108/BFJ-07-2016-0318

Chompu-inwai R. & Apinun, T. (2015). "The Application of Material Flow Cost Accounting for Loss Reduction in The Pottery and Decorative Ceramics Production Process". *International Conference on Logistics, Informatics and Service Sciences (LISS)*, Barcelona, Spain, 2015, p. 1-6,

DOI: 10.1109/LISS.2015.7369760

Chompu-inwai R., Jaimjit, B. & Premsurianunt, P. (2015). "A Combination of Material Flow Cost Accounting and Design of Experiments Techniques in an SME: The Case of a Wood Products Manufacturing Company in Northern Thailand". *Journal of Cleaner Production*, Vol. 108, p. 1352-1364. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.08.039>

Dekamin, M. & Barmaki, M. (2019). "Implementation of Material Flow Cost Accounting (MFCA) in Soybean Production". *Journal of Cleaner Production*, Volume. 210, p. 459-465. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.057>

Dierkes, S. & Siepelmeyer, D. (2019). "Production and Cost Theory-Based Material Flow Cost Accounting". *Journal of Cleaner Production*, Volume. 235 p. 483-492.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.212>

Doorasamy, M. (2014). "The Effectiveness of Material Flow Cost Accounting (MFCA) in Identifying Non-Product Output Costs and Its Impact on Environmental Performance in Paper Manufacturing Companies: A Case Study in Kwa-Zulu Natal". *Journal of Accounting and Management (JAM)*, Vol. 4, No. 3, p. 51-69.

Doorasamy, M. & Rhodes, B. (2017). "Effectiveness of MFCA as a Tool to Improving Sucrose Quality in Sugarcane Production". *Environmental Economics*, Volume 8, Issue 3, p. 102-110.

Dunuwila, P., Rodrigo, V. H. L. & Goto, N. (2017). "Sustainability Assessment in Natural Rubber Industry: Case of a Sri Lanakan Crepe Rubber Factory."

<https://www.researchgate.net/publication/325415554>

Dunuwila, P., Rodrigo, V. H. L. & Goto, N. (2018). "Financial and Environmental Sustainability in Manufacturing of Crepe Rubber in Terms of Material Flow Analysis, Material Flow Cost Accounting and Life Cycle Assessment". *Journal of Cleaner Production* 182, p. 587-599.

<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.01.202>

Dunuwila, P., Rodrigo, V. H. L. & Goto, N. (2020). "Improving Financial and Environmental Sustainability in Concentrated Latex Manufacture". *Journal of Cleaner Production*, Vol. 255, p. 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120202>

Fakoya, M. B. (2015). "Adopting Material Flow Cost Accounting Model for Improved Waste-Reduction Decisions in a Micro-Brewery". *Environ Development and Sustainability*, 17, p. 1017-1030. <https://doi.org/10.1007/s10668-014-9586-x>

Fakoya, M. B. & Imuezerua, E. O. (2021). "Improving Water Pricing Decisions Through Material Flow Cost Accounting Model: A Case Study of The Politsi Water Treatment Scheme in South Africa". *Environment, Development and Sustainability*, 23, p. 2243-2260.

<https://doi.org/10.1007/s10668-020-00672-7>

Fondevila, M. M., Moneva, J. M. & Macarulla, F. L. (2020). "Accounting for Carbon Footprint Flows in Wine Production Process. Case Study in Spanish Winery". *Appl. Sci.*, 10, 8381, p. 1-13. DOI:10.3390/app10238381. www.mdpi.com/journal/applsci

- Guenther, E., Jasch, C., Schmidt, M., Wagner, B. & Ilg, P. (2015). "Material Flow Cost Accounting-Looking Back and Ahead". *Journal of Cleaner Production* Volume. 108, p. 1249-1254. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.10.018>
- Guenther, E., Rieckhof, R., Walz, M. & Schrack, D. (2017). "Material Flow Cost Accounting in The Light of the Traditional Cost Accounting". *Sustainability Management Forum*, Springer, Vol. 25 (1), p. 5-14. DOI 10.1007/s00550-017-0446-7
- Higashida, A. (2020). "Supply Chain MFCA Implementation: Emphasizing Evidence on Coordination". *Sustainability Accounting, Management and Policy Journal*, DOI 10.1108/SAMPJ-03-2019-0104
- Ho, J. Y., Wan, Y.K., Andiappan, V. & Ng, D. K. S. (2019). "Material Flow Cost Account-Based Approach for Synthesis and Optimization of Wastewater Treatment Plant". *Chemical Engineering Transactions*, Vol. 76, p. 529-534. <https://doi.org/10.3303/CET1976089>
- Ho, J. Y., Ng, D. K. S., Wan, Y. K. & Andiappan, V. (2021). "Synthesis of Wastewater Treatment Plant Based on Minimal Waste Generation Cost: A Material Flow Cost Accounting (MFCA) Approach". *Process Safety and Environmental Protection*, Volume. 148, p. 559-578. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2020.10.013>
- Huang, S. Y., Chiu, A. A. & Chao, P. C. ve Wang, N. (2019). "The Application of Material Flow Cost Accounting in Waste Reduction". *Sustainability*, 11, 1270, s. 1-27. DOI:10.3390/su11051270
- Ichimura, H. & Takakuwa, S. (2013). "Decision Making On Manufacturing System from The Perspective of Material Flow Cost Accounting". *2013 Winter Simulations Conference (WSC)*, Washington, DC, USA, 2013, p. 1973-1983, DOI: 10.1109/WSC.2013.6721576.
- Jakrawatana, N., Pingmuangleka, P. & Gheewala, S. H. (2016). "Material Flow Management and Cleaner Production of Cassava Processing for Future Food Feed and Fuel in Thailand". *Journal of Cleaner Production*, Volume 134, p. 633-641. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.06.139>
- Karimi A., Fatehifar E., Shokri R. & Mahmoodi E. (2019). "Evaluating the Products Quality of the Vacuum Distillation Unit by Using MFCA Method". *Journal of Oil, Gas and Petrochemical Technology*, 6(1): 15-27. DOI: 10.22034/JOGPT
- Karimi, A., Mahmoudi, E., Fatehifar, E. & Motavalli, A. (2020). "Influence of Crude Oil Type on Products Quality of the Atmospheric Distillation Unit by Applying Material Flow Cost Accounting Simulation: Part A". *Iranian Journal of Chemistry and Chemical Engineering (IJCCCE)*, 39(6), 215-227. DOI: 10.30492/ijcce.2019.36239
- Kasemset C., Sasiopars, S. & Suwiphath, S. (2013). "The Application of MFCA Analysis in Process Improvement: A Case Study of Plastics Packaging Factory in Thailand". *Proceedings of the Institute of Industrial Engineers Asian Conference 2013*, p. 353-361. DOI: 10.1007/978-981-4451-98-7_43,
- Kasemset C. & Chernsupornchai, J. And Pala-ud, W. (2015). "Application of MFCA in Waste Reduction: Case Study on a Small Textile Factory in Thailand". *Journal of Cleaner Production*, Vol. 108, p. 1342-1351. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.09.071>
- Kasemset, C. & Boonmee, C. (2015). "Different Cost Allocation Methods in Material Flow Cost Accounting: A Case Study of Waste Reduction in Thai Meatball Production". *CMUJ NS Special Issue on Logistics and Supply Chain Systems*, Vol.14 (4), p. 379-388. DOI: 10.12982/cmujns.2015.0094
- Kasemset C. & Boonmee, C. (2017). "An Integration Method Of MFCA, Dynamic Programming, And Multiple Criteria Decision Making in Operations Improvement: A Case Study". *2017 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM)*, Singapore, 2017, pp. 745-749, DOI: 10.1109/IEEM.2017.8289990.
- Kasemset, C., Boonmee, C. & Khuntaporn, P. (2016). "Application of MFCA and ECRS in Waste Reduction: A Case Study of Electronic Parts Factory". *Proceedings of the 2016 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Kuala Lumpur, Malaysia, March 8-10*. <https://www.researchgate.net/publication/297735630>

- Kawalla, C., Berkel, W., Kawalla, R., Höck, M. & Ligarski, M. (2018). "Material Flow Cost Accounting Analysis of Twin-Roll Casting Magnesium Strips". 17th International Conference on Metal Forming, Metal Forming, Toyohashi, Japan. *Procedia Manufacturing*, 15, p. 193-200. 10.1016/j.promfg.2018.07.194.
- Khan, M. K. & Rasid, Z. A. (2016). "Material Flow Cost Accounting as a Useful Innovation". *International Journal of Innovation and Business Strategy (IJIBS)*, Vol. 6, No. 2, p. 1-9.
- Kıllı, M. & Gülmez, C. (2020). "Çevresel Performansı İyileştirmede ve Maliyet Tasarrufu Sağlama Aracı Olarak Malzeme Akış Maliyet Muhasebesi: Bir Tekstil İşletmesinde Örnek Uygulama". *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Cilt. 10, Sayı. 2, s. 71-90. DOI: 10.47147/ksuiibf.782978
- Kluczek, A. (2019). "Assessment of Manufacturing Processes Eco-Efficiency Based on MFA-LCA-MFCA Methods". *Environmental Engineering and Management Journal*, Vol.18, No. 2, p. 465-477. <http://www.eemj.icpm.tuiasi.ro/>; <http://www.eemj.eu>
- Kokubu, K. & Kitada, H. (2015). "Material Flow Cost Accounting and Existing Management Perspectives". *Journal of Cleaner Production*, Volume, 108, p. 1279-1288.
- Kurniawan, M. P., Guritno, A. D., Purwantana, B. & Supartono, W. (2020). "Production Cost Approach and Material Flow Cost Accounting as a Step Towards Increasing Responsibility, Efficiency, and Sustainability (RES): The Case of Palm Oil Mill in Banten Indonesia". *The 1st International Conference on Agriculture and Bio industry 2019*, IOP Publishing, IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 425, p. 1-10. DOI:10.1088/1755-1315/425/1/012042
- Laosiritaworn, W. S. & Bhuapirom, A. (2016). "Ceramics Process Improvement with Material Flow Cost Accounting". *International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, Kuala Lumpur, Malaysia, March 8-10.
http://ieomsociety.org/ieom_2016/pdfs/305.pdf
- Mahmoudi, E., Jodeiri, N. & Fatehifar, E. (2017). "Implementation of Material Flow Cost Accounting for Efficiency Improvement in Wastewater Treatment Unit of Tabriz Oil Refining Company". *Journal of Cleaner Production* Volume. 165, p. 530-536. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.07.137>
- May, N. & Guenther, E. (2020). "Shared Benefit By Material Flow Cost Accounting in The Food Supply Chain-The Case of Berry Pomace as Upcycled By-Product of A Black Currant Juice Production". *Journal of Cleaner Production*, Volume. 245, p. 1-17. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118946>
- Morata, R. (2017). "Green Concepts and Material Flow Cost Accounting Application for Company Sustainability". *Indonesian Journal of Business and Entrepreneurship*, Vol. 3 No. 1, p. 43-51. DOI number: 10.17358/IJBE.3.1.43
- Nakajima, M. & Tobita, K. (2019). "Reconstruction of The Management Accounting System Based On Material Flow Cost Accounting (MFCA) and Throughput Accounting (TA): Expansion of The Concept of Opportunity Cost". *Kansai University Review of Business and Commerce*, No. 18 (March 2019), p. 35-49.
- Nakkiew, W. & Poolperm, P. (2016). "Application of Material Flow Cost Accounting (MFCA) and Quality Control Tools in Wooden Toys Product". *Proceedings of the 2016 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management Kuala Lumpur, Malaysia, March 8-10*. <https://www.researchgate.net/publication/326506684>
- Ohara, R. & Murata, K. (2020). "Analyzing Structural Loss of Sustainable Distillation Process by Material Flow Cost Accounting". In *Proceedings of International Conference on Engineering and Information Technology for Sustainable Industry (ICONETSI 2020)*, September 28-29, Tangerang, Indonesia. <https://doi.org/10.1145/3429789.3429801>
- Özçelik, F. (2017). "Çevre Yönetim Muhasebesi Uygulamaları İçin Yeni Bir Yaklaşım: Malzeme Akış Maliyet Muhasebesi", *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, Cilt. 13, Sayı. 4, s. 927-944. <http://dx.doi.org/10.17130/ijmeh.2017433416>
- Rieckhof, R., Bergmann, A. & Guenther, E. (2015). "Interrelating Material Flow Cost Accounting with Management Control Systems To Introduce Resource Efficiency Into Strategy". *Journal of Cleaner Production*, Volume. 108, p. 1262-1278.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.10.040>

Rieckhof, R. & Guenther, E. (2018). "Integrating Life Cycle Assessment and Material Flow Cost Accounting to Account for Resource Productivity and Economic-Environmental Performance". *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 23, 1491-1506.

<https://doi.org/10.1007/s11367-018-1447-7>

Sahu, A. K., Padhy, R. K. Das, R. K. & Gautam, A. (2021). "Improving Financial and Environmental Performance Through MFCA: A SME Case Study". *Journal of Cleaner Production* 279 (2021) 123751, p. 1-19. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123751>

Schaltegger, S. & Zvezdov, D. (2015). "Expanding Material Flow Cost Accounting. Framework, Review and Potentials". *Journal of Cleaner Production*, Volume. 108, p. 1333-1341. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.08.040>

Schmidt, A., Götze, U. & Sygulla, R. (2015). "Extending The Scope of Material Flow Cost Accounting - Methodical Refinements And Use Case". *Journal of Cleaner Production*, Volume. 108, p. 1320-1332. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.10.039>

Schmidt, M. & Nakajima, M. (2013). "Material Flow Cost Accounting as an Approach to Improve Resource Efficiency in Manufacturing Companies". *Resources*, 2, s. 358-369.

[doi:10.3390/resources2030358](https://doi.org/10.3390/resources2030358)

Süklüm, N. (2019). "Bir Çevre Yönetim Muhasebesi Aracı: Malzeme Akış Maliyet Muhasebesi" *International Journal of Disciplines Economics & Administrative Sciences Studies*, Vol. 5, Issue. 10, p. 27-39. <http://dx.doi.org/10.26728/ideas.141>

Syarif, A. M. & Novita, (2018). "Environmental Management Accounting with Material Flow Cost Accounting: Strategy of Environmental Management in Small and Medium-Sized Enterprises Production Activities". *Indonesian Management and Accounting Research*, Volume 17, Number 02, p. 144-167. DOI: <http://dx.doi.org/10.25105/imar.v17i2.5313>

Takakuwa, S., Zhao, R. & Ichimura, H. (2014). "Analysis of Manufacturing Systems Using Simulations in Terms of Material Flow Cost Accounting". *International Journal of Computational Intelligence Systems*, Vol. 7, Supplement 2, p. 44-51

Tang, X. & Takakuwa, S. (2012). "MFCA-Based Simulation Analysis for Environment-Oriented SCM Optimization Conducted by SMEs". *Proceedings of the 2012 Winter Simulation Conference (WSC)*, Berlin, Germany, 2012, pp. 1-11, DOI: 10.1109/WSC.2012.6465038.

Tran, T. & Herzig, C. (2020). "Material Flow Cost Accounting in Developing Countries: A Systematic Review". *Sustainability*, 12, 5413, s. 1-18. DOI:10.3390/su12135413

Tu, H. C. & Huang, H. S. (2019). "Relationship between Green Design and Material Flow Cost Accounting in the Context of Effective Resource Utilization". *Sustainability*, 11, 1974, s. 1-15. doi:10.3390/su11071974

Ulhasanah, N. & Goto, N. (2012). "Sustainable Cement Production of Cement Industry by MFA, LCA and MFCA as a Preliminary Design of Eco-City in Indonesia". *2012 2nd International Conference on Biotechnology and Environment Management, IPCBEE Vol. 42*. DOI: 10.7763/PCBEE.2012.V42.10

Ulupaia, G. K. A., Murdayantia, Y., Marinia, A. C., Purwohedha, U. & Yanto, H. (2020). "Green Accounting, Material Flow Cost Accounting and Environmental Performance". *Accounting* 6, p. 743-752. doi: 10.5267/j.ac.2020.6.009

Papaspyropoulos, K. G., Karamanolis, D., Sokos, C. K. & Birtsas, P. K. (2016). "Enhancing Sustainability in Forestry Using Material Flow Cost Accounting". *Open Journal of Forestry*, 6, p. 324-336. <http://dx.doi.org/10.4236/ojf.2016.65026>

Wagner, B. (2015). "A Report on the Origins of Material Flow Cost Accounting (MFCA) Research Activities". *Journal of Cleaner Production*, Volume. 108, Part B, s. 1255-1261. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.10.020>

Walz, M. & Günther, E. (2020). "What Effects Does Material Flow Cost Accounting Have for Companies? Evidence From A Case Studies Analysis". *Journal of Industrial Ecology*, 1–21. DOI: 10.1111/jiec.13064

- Wang, Y. X., Kuo, C. H., Song, R., Hu, A. H. & Zhang, S. S. (2017). "Potentials for Improvement of Resource Efficiency in Printed Circuit Board Manufacturing: A Case Study Based on Material Flow Cost Accounting". *Sustainability*, 9(6), p. 1-16. DOI:<http://dx.doi.org/10.3390/su9060907>
- Wohlgemuth, V. & Lütje, A. A. (2018). "Using the Method of Material Flow Cost Accounting (MFCA) to Quantify Industrial Organic Waste Streams for Energetic Utilization".
<https://www.researchgate.net/publication/329118375>
- Yagi, M. & Kokubu, K. (2018). "Corporate Material Flow Management In Thailand: The Way to Material Flow Cost Accounting". *Journal of Cleaner Production* Volume. 198, p. 763-775
<https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.07.007>
- Yareli, A. N. & Yakın, V. (2009). "Çevresel Yönetim Muhasebesi Aracı Olarak Malzeme Akış Maliyet Muhasebesi Yöntemi". *Muhasebe ve Denetime Bakış*, Ocak, s. 69-90
- Youngin, A. & Chattinnawat, W. (2019). "Integrated Quality and Material Flow Cost Accounting (MFCA) Analysis of Production System". *Journal of Traffic and Logistics Engineering* Vol. 7, No. 2, p.59-63. DOI: 10.18178/jtle.7.2.59-63
- Zeng, H., Zhou, Z. & Xiao, X. (2019). "MFCA Extension from a Life Cycle Perspective: Methodical Refinements and Use Case". *Resources Policy*. <https://doi.org/10.1016/j.resourpol.2019.101507>
- Zhou, Z., Zhao, W., Chen, X. & Zeng, H. (2017). "MFCA Extension from a Circular Economy Perspective: Model Modifications and Case Study". *Journal of Cleaner Production*, Volume. 149, p. 110-125. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.02.049>
- Zhao, R., Ichimura, H. & Takakuwa, S. (2013). "MFCA-Based Simulation Analysis for Production Lot-Size Determination in a Multi-Variety and Small-Batch Production System". *WSC'13: Proceedings of the 2013 Winter Simulation Conference: Simulation: Making Decisions in a Complex World*. December 2013 Pages 1984–1995. DOI:10.1109/WSC.2013.6721577.
- Zotov, V. B., Demin, S. S. & Glazkova, I. Y. (2019). "Features of Material Flow Accounting for The Efficient Supply Chain Management". *Int. J Sup. Chain. Mgt.*, Vol. 8, No. 3, p. 483-492.