

Malzeme Akış Maliyet Muhasebesi: Bir Gıda İşletmesinde Uygulama

Material Flow Cost Accounting: Application in a Food Business

ÖZET

Son yıllarda bütün dünyada çevre ile ilgili hassasiyet artmaktadır. Hammadde kaynaklarında azalma, iklim değişikliğinin olumsuz etkileri ve atıkların yol açtığı kirlilik gibi unsurlar yerelden küresel her kesimde dikkat çekmektedir. Bu olumsuzlukların önlenmesi için işletmeler ve politika yapıcılar artan oranda baskı ile karşılaşmaktadır. Bu konuda işletmelerin bütünü için olduğu gibi muhasebe fonksiyonuna da görev düşmektedir. Geleneksel olarak uygulanmakta olan maliyetleme sistemleri işletmelere ürün maliyetleri konusunda bilgi sağlamaktadır. Ancak çevresel konularda bilgi sağlamaması ya da yetersiz bilgi sağlaması nedeniyle eleştirilmektedir. Geleneksel maliyetleme sistemlerindeki bu yetersizlik, yeni yöntemlerin ortaya çıkışını gerektirmiştir.

Çevre yönetim muhasebesi hem fiziksel hem de parasal konularda bilgi sağlayan bir yöntem olarak ortaya çıkmıştır. Malzeme akış maliyet muhasebesi de çevre yönetim muhasebesinin bir unsuru olarak 1990'lı yıllarda Almanya'da geliştirilmiştir. Malzeme akış maliyet muhasebesi üretim sürecindeki malzeme akışlarının girdi-çıkış ilişkilerini kütle dengesine göre analiz etmektedir. Yöntem, malzeme, enerji, sistem ve atık yönetimi maliyetleri olarak sınıflandırdığı maliyetlerin analizi yoluyla pozitif ve negatif çıktı oranının belirlenmesini sağlamaktadır.

Çalışmada malzeme akış maliyet muhasebesinin bir gıda işletmesinde uygulanabilirliğinin görülmesi amaçlanmıştır. Bu bağlamda yöntem orta ölçekli bir incir işleme tesisinde uygulanmıştır. Uygulama ile işletmenin üretim süreci analiz edilmiş ve negatif ve pozitif çıktıların oranları belirlenmeye çalışılmıştır. İşletmede negatif ürün maliyeti %18,86, pozitif ürünlerin maliyeti %80,74 olarak belirlenmiştir. Atık yönetim maliyeti ise %0,40 olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Çevre Yönetim Muhasebesi, Malzeme Akış Maliyet Muhasebesi, Atık, Negatif Ürün, Pozitif Ürün

ABSTRACT

In recent years, environmental sensibility has been increasing worldwide. Factors such as the depletion of raw material resources, the negative effects of climate change, and pollution caused by waste are attracting attention at all levels, from local to global. Businesses and policymakers are facing increasing pressure to prevent these negative impacts. In this regard, the accounting function has a role to play, as it does for businesses as a whole. Traditional costing systems provide businesses with information on product costs. However, they are criticized for not providing information on environmental issues or for providing insufficient information. This inadequacy in traditional costing systems has necessitated the emergence of new methods.

Environmental management accounting has emerged as a method that provides information on both physical and monetary issues. Material flow cost accounting was also developed in Germany in the 1990s as an element of environmental management accounting. Material flow cost accounting is a system of analyzing the input-output relationships of material flows in the production process according to mass balance. The method determines the positive and negative output ratio by analyzing costs classified as material, energy, system, and waste management costs.

The study aimed to examine the applicability of material flow cost accounting in a food business. In this context, the method was applied in a medium-sized fig processing plant. The application analyzed the production process of the business and attempted to determine the ratios of negative and positive outputs. The negative product cost in the business was determined to be 18.86%, while the cost of positive products was determined to be 80.74%. The cost of waste management has been set at 0.40%.

Keywords: Environmental Management Accounting, Material Flow Cost Accounting, Waste, Negative Product, Positive Product

D. Ali Kızılyalçın¹

How to Cite This Article

Kızılyalçın, D. A. (2025).
“Malzeme Akış Maliyet Muhasebesi: Bir Gıda İşletmesinde Uygulama” International Social Sciences Studies Journal, (e-ISSN:2587-1587) Vol:11, Issue:10; pp:1907-1922. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.17441309>

Arrival: 29 August 2025

Published: 25 October 2025

Social Sciences Studies Journal is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Nazilli Meslek Yüksekokulu, Finans, Bankacılık ve Sigortacılık Bölümü, Aydın, Türkiye. ORCID: orcid.org/0000-0002-9979-8264

GİRİŞ

“Küresel ekonominin büyümesi ve yaşam standartlarının yükselmesiyle birlikte dünyadaki hammadde tüketiminin 2060 yılına kadar neredeyse iki katına çıkması bekleniyor. Bu durum çevre üzerinde bugün gördüğümüz baskının iki katı büyüklüğünde bir baskı oluşturuyor” (OECD, 2018).

OECD’nin bu tahmini dünyadaki hammadde tüketimine gerek bireylerin gerekse de özellikle işletmelerin ve politika yapıcılarının yaklaşımları üzerinde etkili olmalıdır. Dünyada sanayileşme ile birlikte nüfusun da artışı hammadde kaynaklarının giderek azalmasına yol açmaktadır. Bu nedenle elimizdeki hammadde kaynaklarını etkili ve verimli bir şekilde kullanmak, sürdürülebilirliğin sağlanması konusunda da bir çözüm olabilecektir. Hammadde tüketiminin fazlalığının temelde iki önemli sonucu olduğu söylenebilir. Bunlardan birincisi, fazla miktarda hammadde kullanımı nedeniyle ortaya çıkan israf, ikincisi de bu israfın yol açacağı atıklar nedeniyle çevresel kirlenmedir. Doğaya salınan hem katı hem de sıvı ve gaz halindeki atıklar çevrenin gün geçtikçe daha fazla kirlenmesine neden olmaktadır. Bu atıkların önlenmesi için öncelikle bunların ölçülebilmesi gerekmektedir.

Geleneksel maliyet muhasebesi uygulamaları işletmelerin çevresel etkileri hakkında yeterli bilgi sağlamamaktadır. Bu nedenle gerek hammadde kaynaklarının etkin kullanımı gerekse de oluşan çevresel kirlenmenin önlenmesi için farklı yöntemler geliştirilmiş, geliştirilmektedir. Bu yöntemlerden birisi 1990’larda geliştirilen çevre yönetim muhasebesidir. Christ ve Burritt, (2015: 1379)’e göre çevre yönetim muhasebesi geleneksel yönetim muhasebesi ile ilişkili olarak sıklıkla dile getirilen eksiklikleri gidermek için bir başlangıç noktası sunmaktadır. 1990’lı yıllarda Almanya’da geliştirilen ve Japonya’daki uygulamalar sonucu yaygınlaşan malzeme akış maliyet muhasebesi (çalışmanın devamında MAMM olarak kısaltılacaktır) çevre yönetim muhasebesinin bir unsurudur. Papaspypoulos vd. (2016: 325) göre MAMM çevre yönetim muhasebesinin bir adım ilerisidir ve istenen çıktılar yanı sıra, ürün dışı çıktılar veya basitçe atıklar olarak nitelendirilen istenmeyen çıktılar için de maddi ve parasal akışları ortaya koymaktadır. MAMM, daha iyi çevre yönetimini desteklemek, işletmelerin rekabet gücünü artırmak ve daha gelişmiş üretim teknikleri geliştirmek için tasarlanmış bir yönetim aracı olarak tanımlanmaktadır (Syarif ve Novita, 2018: 147).

Uluslararası Standardizasyon Örgütü’ne (International Organization for Standardization-ISO) (2011) göre işletmelerin faaliyetlerinin her aşamasında çevresel etkilerini göz önünde bulundurmaları gerekmektedir. Temizlik için en önemli prensiplerinden biri temizlemek istemiyorsan kirlenme prensibidir. MAMM’da da kaynak kullanımını ve maliyet verimliliğini artırmak için atık oluşumunun azaltılması esastır. Rieckhof vd. (2015: 1263)’ne göre MAMM ile işletmeler verimsizlikleri ve gizli maliyetleri belirleyebilecek böylece israfları en aza indirerek, çevresel ve finansal performanslarını iyileştirebilecektir.

MAMM ile ilgili olarak Türkçe literatüre bakıldığında konu ile ilgili olarak çok fazla çalışmaya rastlanmamıştır. Çalışma ile çevresel konulara ilginin giderek arttığı günümüzde MAMM literatürüne katkı sağlanması amaçlanmıştır. Bu bağlamda çalışmada MAMM’ın, bölge ve ülke ekonomisi açısından önemli bir tarımsal ürün olan incirin işlenmesi ile ilgili faaliyet gösteren bir işletmede uygulanması gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen uygulama ile işletmenin pozitif ve negatif çıktılarının ölçümü yapılmış ve negatif çıktılar azaltılabildiği için gerekli önlemler tartışılmıştır.

Çalışma giriş ve sonuç bölümleri hariç olmak üzere üç bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüm MAMM yönteminin açıklanmasına ayrılmıştır. Öncelikle MAMM kavramı açıklanmış, geleneksel maliyet muhasebesi ile olan ilişkisi ele alınarak uygulama adımlarına yer verilmiştir. İkinci bölümde literatüre yer verilmiş ve yöntem ile ilgili olarak daha önce yapılmış vaka temelli çalışmalara değinilmiştir. Üçüncü ve son bölümde MAMM yönteminin bir incir işletmesinde uygulanmasına yer verilmiş ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Sonuç ve öneriler bölümü ile çalışma tamamlanmıştır.

MALZEME AKIŞ MALİYET MUHASEBESİ

Rieckhof vd. (2015: 1263)’ne göre işletmelerde malzeme akışları; çevresel bir bakış açısıyla işletmelerin doğrudan çevresel etkilerini yansıtmaları ve ekonomik açıdan da üretim maliyetlerini düşürüp performansı artırmaya yardımcı olmaları nedeniyle önemlidir. Schaltegger ve Zvezdov (2015: 1332)’a göre de üretim sektöründe malzeme kullanımları toplam harcamaların %40-%80’ini oluşturmaktadır. Ayrıca çok sayıda kaynağa erişimin azalması ile atık işleme, depolama ve bertaraf maliyetlerinin artması nedenleriyle malzemenin verimli kullanılması önemli hale gelmiştir.

Bu nedenlerden dolayı işletmelerde malzemelerin doğru kullanılması, israfın önlenmesi, atıkların azaltılması hem işletmenin kârlılığı üzerinde olumlu yönde etkili olacak hem de çevresel kirlenmenin önüne geçilmesi için fayda sağlayacaktır. Bu amaçların çevresel yönetim muhasebesinin bir aracı olan MAMM’ın ortaya çıkmasında etkili olduğu söylenebilir.

MAMM, ilk olarak 1990'larda Almanya'nın Augsburg kentindeki Yönetim ve Çevre Enstitüsü tarafından “akış maliyet muhasebesi” adı altında geliştirilmiş bir çevre yönetim muhasebesi uygulamasıdır (Huang vd. 2019: 4). ISO 2011 yılında MAMM'ı, tüm kuruluşlara uygulanabilen yeni bir uluslararası standart olan ISO 14051 olarak yayınlamıştır. Standart daha sonra 2017 yılında ISO 14052 ile tedarik zincirlerini ve 2021 yılında da ISO 14053 ile küçük ve orta ölçekli işletmeleri kapsayacak şekilde genişletilmiştir (Tran vd. 2025: 288). ISO 14051 MAMM'ı “malzeme ve enerji tüketimini ve atıkları fiziksel ve parasal birimlerle ölçen ve malzeme akışlarının işletme içinde işlenmesine ilişkin sistem maliyetleriyle birlikte, bunları mümkün olduğunca nedene uygun olarak ürün ve ürün dışı çıktıya bağlayan ekoloji odaklı bir maliyet muhasebesi aracı” olarak tanımlamıştır (Guenther vd. 2017: 6). Standart MAMM'ı “ürünleri, hizmetleri, boyutu, yapısı, konumu ve mevcut yönetim ve muhasebe sistemleri ne olursa olsun, malzeme ve enerji kullanan herhangi bir organizasyona” uygulanabilen bir araç olarak savunmaktadır (Christ ve Burrit, 2016: 2). MAMM, bir şirketin israfı azaltma ve dolayısıyla kaynak verimliliğini, çevresel ve ekonomik performansı iyileştirme performansına ilişkin fiziksel ve parasal bilgileri bir araya getirir (Schaltegger ve Zvezdov, 2015: 1334). ISO 14051, MAMM'ın üç amacını belirtmiştir (Kokubu ve Kitada, 2015: 1280):

- ✓ Malzeme akışı ve enerji kullanımının şeffaflığı ile ilgili maliyetleri ve çevresel hususları artırmak
- ✓ Süreç mühendisliği, üretim planlama, kalite kontrol, ürün tasarımı ve tedarik zinciri yönetimi gibi alanlarda organizasyonel kararları desteklemek ve
- ✓ Organizasyondaki malzeme ve enerji konusunda koordinasyonu ve iletişimi geliştirmek.

Bu hedeflere ulaşmak için MAMM, süreçlerdeki malzeme akışlarını ve stoklarını hem fiziksel hem de parasal birimler cinsinden sayısallaştırır (Nishitani vd. 2022: 3). Guenther vd. (2017: 7)'e göre MAMM, kurumsal sürdürülebilirlik ve eko-verimlilik gibi kavramları da içerecek şekilde geleneksel muhasebenin kapsamını genişletmektedir ve malzeme akışlarının ve ilgili maliyetlerin geliştirilmiş şeffaflığı, malzeme ve enerji tüketiminin ve verimsizliklerin gösterilmesini kolaylaştırmaktadır. Schmidt vd. (2015: 1320) de özellikle, üretilen kayıpların ekonomik etkilerinin sayısallaştırılmasının, yöneticileri ve mühendisleri üretim süreçlerini yeniden düşünmeye ve üretim verimliliğini artırarak toplam malzeme ve enerji girdisini azaltmaya motive edeceğini belirtmektedirler. Buna bağlı olarak MAMM ayrıca, işletme içi malzeme kayıp maliyetlerini ortaya koymak yoluyla işletmelerin aynı anda çevresel etkileri azaltarak ve ekonomik performanslarını iyileştirerek sürdürülebilir faydalara ulaşmasına yardımcı olacaktır (Wang vd. 2017: 2). Ayrıca MAMM'ın sağladığı bilgiler, yerinde iyileştirme faaliyetleri yoluyla sermaye yatırımı, ürün tasarımı, hammadde değişiklikleri vb. dâhil olmak üzere işletmelerin karar alma süreçlerini destekleyebilecektir (Kokubu vd. 2023: 2784).

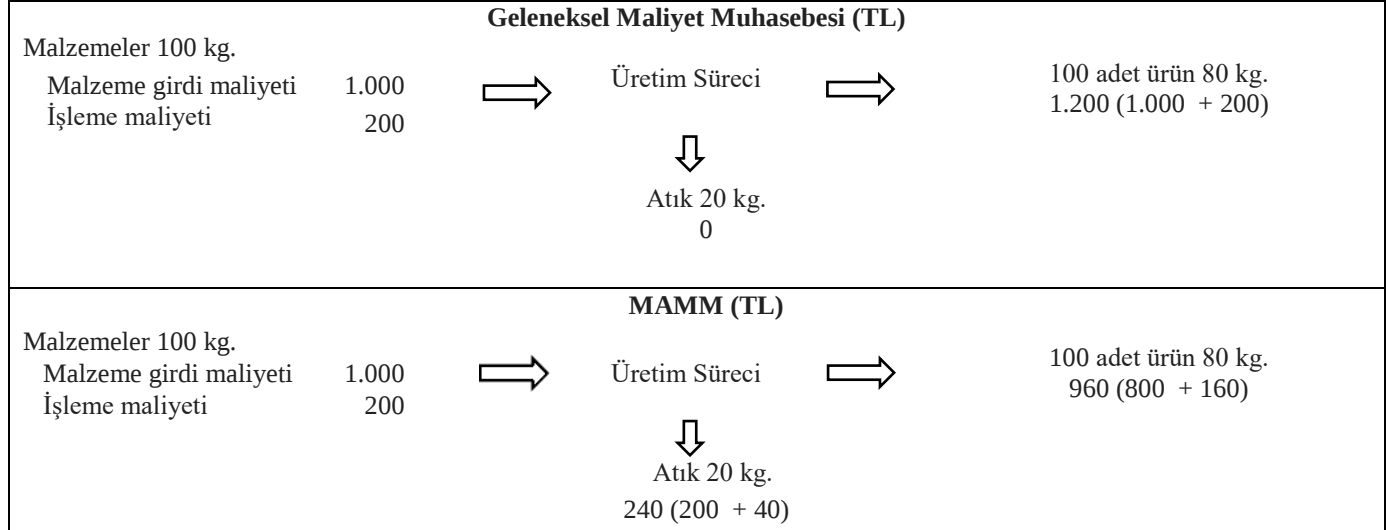
MAMM, bir sistem içindeki malzeme akışlarını, stoklarını, tüm girdi ve çıktıları karşılaştırmak yoluyla malzeme dengesini koruyarak izleyen bir yaklaşım olan malzeme akışı analizine dayanır. Bazen “girdi-çıkıtı dengesi”, “kütile dengesi”, “malzeme akışı dengesi” veya “eko-denge” olarak da adlandırılan malzeme dengesi, bir şirkete giren ve çıkan tüm enerji, su, malzeme ve atıkların izlenmesini içermektedir (Usul ve Olgun, 2025: 2). MAMM üretim süreçlerinde girdi ve çıktı arasındaki ilişkiye odaklanır ve kayıp, ağırlığa dayalı girdi ve çıktı arasındaki fark olarak tanımlanır. Üretim yönetiminde birçok standart ve tahmin bu varsayım üzerine kurulmuştur. MAMM'ın en göze çarpan özelliği, diğer üretim ve maliyet yönetiminin gözden kaçırdığı bu “kaçınılmaz kaybı” ölçmektir. MAMM uygulamasının başarısı veya başarısızlığı, bunları azaltmanın yollarını geliştirme olasılığına bağlıdır (Kokubu ve Kitada, 2015: 1281). 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 (Kılıç ve Akdoğan, 2023: 1947). Leiva vd. (2025: 3)'e göre MAMM ile işletmeler, temel malzeme/enerji akışları dâhil olmak üzere ele alınacak odak alanlarını belirleyebilir ve bu alanlarda hangi iyileştirmelerin ve tasarruf fırsatlarının mevcut olduğunu belirleyebilecektir.

Geleneksel Maliyet Muhasebesi MAMM İlişkisi

Usul ve Olgun (2025: 2)'a göre MAMM, atık ve ürün maliyetini hesaplamakla beraber, öncelikle bir çevre yönetimi muhasebesi aracıdır. Geleneksel maliyet muhasebesinin yerine geçmez, ancak geleneksel maliyet muhasebesiyle aynı bilgi kaynaklarını kullanır. MAMM maliyetleri geleneksel maliyet muhasebesinden farklı şekilde sınıflandırmaktadır. MAMM'da, maliyet dağıtım merkezleri yerine “miktar merkezleri” terimi kullanılır ve geleneksel maliyet sisteminde bulunmayan malzeme akış maliyet matrisi gibi yeni kavramlar kullanır. Bu nedenle MAMM maliyet muhasebesini destekleyen bir araç olarak düşünülebileceğinden, yöntemden etkili bir şekilde yararlanılabilmesi için işletmenin maliyet muhasebesi sistemine entegre edilmesi gerekmektedir.

MAMM, üretim sürecine giren tüm malzemeleri izler ve bunları pozitif ve negatif ürünler olarak iki kategoriye ayırır. Pozitif ürünler, üretim süreci sonunda rafa konulacak şekildeki tamamlanmış ürünlerden, negatif ürünler ise eski standart malzemeler, malzeme atıkları, kullanılmış yardımcı malzemeler, buharlaşan malzemeler ve satılması

mümkün olmayan ürünlerden oluşur (Yereli ve Yakın, 2009: 79). MAMM tekniğini kullanarak, büyük miktarda negatif ürün içeren süreçler tanımlanabilir ve verimliliği artırmaya ve negatif ürünleri azaltmaya yönelik çözümler sunulur (Behnami vd. 2019: 617). Geleneksel maliyet muhasebesinde, “malzeme kaybı” için katlanılan maliyet üretim maliyetlerinin bir parçası olarak kabul edilir (Syarif ve Novita, 2018: 148). Tüm maliyetler ürüne yüklenir ve malzeme kayıpları, ayrı olarak açıklanmadıkları için ürün veya genel gider maliyetlerinde gizli kalır. Ancak MAMM, malzeme maliyetlerinin yalnızca nihai ürünlere ve yan ürünlere değil, aynı zamanda malzeme kayıplarına da atanması nedeniyle farklıdır. MAMM mantığında, daha az atık, daha az girdiye ve dolayısıyla atık, atık su ve emisyonlar açısından daha az istenmeyen çıktıya yol açarken, ürün değişmeden kalmaktadır (Rieckhof vd. 2015: 1263). Şekil 1 geleneksel maliyet muhasebesi ile MAMM arasındaki farkı basit bir şekilde göstermektedir.



Şekil 1: Geleneksel Maliyet Muhasebesi ve MAMM

Kaynak: Nishitani vd. 2022: 3’den uyarlanmıştır.

Şekil 1’e göre her iki yöntemde de işletme 100 kg. ağırlığındaki girdi malzemelerinden 80 kg. ağırlığında, 100 ürün kalemini üretmek için ₺1.000 malzeme girdi maliyeti ve ₺200 işleme maliyetine katlanmaktadır. Ancak, geleneksel maliyet muhasebesinde, ₺1.200’nin (₺1000 + ₺200) tamamı ürünlere dağıtılırken atıkların üretilmesi için katlanılan maliyetler hesaplanmaz. Buna karşın MAMM’da malzeme girdi ve işleme maliyetleri ürünlere ve atıklara ağırlıklarına orantılı olarak dağıtıldığından, ₺1.200’nin yalnızca ₺960’si (₺800 + ₺160) ürünlere ve kalan ₺240 (₺200 + ₺40) israfa (atıklara) dağıtılır (Nishitani vd. 2022: 3).

MAMM’ın Uygulama Adımları

ISO 14051 standardına göre uygulamanın kolaylaştırılması açısından MAMM’ın uygulama süreci beş adımı içermektedir. Ancak yapılacak analizin ayrıntı ve karmaşıklık düzeyi, işletmenin büyüklüğüne, faaliyetlerinin ve ürünlerinin niteliğine, süreç sayısına ve analiz için seçilen miktar merkezleri ile diğer faktörlere bağlı olarak farklılık gösterebilecektir (ISO 14051: 2011: 11).

Uygulama Adımı 1: Yönetimin dâhil edilmesi, rol ve sorumlulukların belirlenmesi

MAMM’ın işletmelerde etkili bir şekilde uygulanabilmesi için, üst yönetimin sürece liderlik etmesi yöntemin başarısı için gereklidir. Ayrıca uygulama aşamalarında farklı bilgi kaynaklarına ihtiyaç duyulacağından işletme bölümleri arasında da işbirliği gerekmektedir. ISO 14051’de (2011: 12) MAMM’ın başarılı bir şekilde uygulanması için gereken uzmanlık örnekleri aşağıdaki gibi sıralanmıştır:

- ✓ Hedef süreç boyunca girdilerin akışı ve enerji kullanımı konusunda operasyonel uzmanlık,
- ✓ Yanma ve diğer kimyasal reaksiyonlar gibi süreçlerin malzemeye ilgili etkileri konusunda teknik uzmanlık,
- ✓ Ürün iade sıklığı, nedenleri, yeniden işleme faaliyetleri, bakım ve diğer kalite güvence verileri gibi çeşitli konularda kalite kontrol uzmanlığı,
- ✓ Çevresel etkiler konusunda çevre uzmanlığı ve
- ✓ Maliyet muhasebesi verileri konusunda muhasebe uzmanlığı.

Uygulama Adımı 2: Sürecin kapsam ve sınırının belirlenmesi ve malzeme akış modeli oluşturma

MAMM için sistem sınırı, her işletmenin karşılaştığı özel koşullara ve hesaplamaların yapılma nedenlerine bağlı olarak belirlenmektedir (Christ ve Burritt, 2017: 604). MAMM’da sınır, tek bir süreç, birden fazla süreç, tüm bir

tesis veya bir tedarik zinciri olabilir ve uygulamanın ölçeğinin net bir şekilde anlaşılması için sınırın belirlenmesi gereklidir (ISO 14051: 2011: 12).

MAMM, miktar merkezi kavramı üzerinde çalışır. Her miktar merkezinde, girdiler ve atıklar fiziksel ve parasal terimlerle ölçülür. Üretilen girdi ve atık miktarı önce fiziksel terimlerle belirlenir ve ardından ilgili parasal maliyetler her miktar merkezine atanır (Sahu vd. 2021: 2).

Yöntemin sınırları ve miktar merkezleri belirlendikten sonra, veri toplama için bir zaman aralığı belirlenmelidir. MAMM, verilerin analiz için toplanması gereken süreyi belirtmese de, anlamlı verilerin toplanmasına olanak sağlayacak ve mevsimsel dalgalanmalar gibi verilerin güvenilirliğini ve kullanılabilirliğini etkileyebilecek önemli süreç değişikliklerinin etkisini en aza indirecek kadar uzun olmalıdır (ISO 14051: 2011: 12). Bu işlemlerden sonra, ilk adım olarak “akış modeli” olarak adlandırılan görsel bir temsil yoluyla işletme genelinde malzeme ve enerji akışlarının temel bir anlayışını geliştirilmelidir (Christ & Burritt, 2015: 1381).

Uygulama Adımı 3: Maliyetlerin dağıtılması

MAMM yönteminde maliyetler; malzeme, enerji, sistem ve atık yönetimi maliyetleri olmak üzere dört kategoriye ayrılır (ISO 14051: 2011: 13).

Malzeme maliyeti, bir miktar merkezine giren ve/veya çıkan bir maddenin maliyetidir ve malzeme maliyeti olarak genellikle satın alma maliyeti kullanılır. Malzeme maliyetleri, akış ve stok bazında direkt olarak izlenebildiğinden MAMM’ın tek doğrudan yüklenebilen maliyetini temsil eder. Enerji maliyeti elektrik, yakıt, buhar, ısı, basınçlı hava gibi enerji kaynağının maliyeti olup her bir miktar merkezi için ölçülen veya tahmin edilen enerji kullanımına dayalı olarak hesaplanır (Özçelik, 2017: 935). Sistem maliyeti işçilik, amortisman, bakım ve nakliye maliyetidir. Sistem maliyetleri; malzemeler ve enerji ile ve atık yönetim maliyetleri dışındaki, işletme içindeki malzeme akışlarıyla ilgili tüm maliyetleri temsil eder ve miktar merkezleri düzeyinde muhasebeleştirilir. Atık yönetimi maliyeti bir miktar merkezinde oluşan atıkların işlenmesi maliyetidir. Bu maliyetler, atıkların yeniden işlenerek geri dönüştürülmesi ya da bertaraf edilmesi ile atık sular ve katı atık vb. gibi faaliyetleri temsil eder (Schmidt vd., 2015: 1321).

Malzeme maliyetleri, enerji maliyetleri ve sistem maliyetleri, her miktar merkezinde ürün veya malzeme kayıplarına, ürüne giren malzeme ve malzeme kaybına oranına göre atanır veya dağıtılır. Her girdi ve çıktı akışı için malzeme maliyetleri, malzeme akışının fiziksel miktarının analiz için seçilen zaman dilimindeki malzeme birim maliyetiyle çarpılmasıyla belirlenir. Ürünlere ve malzeme kayıplarına orantılı olarak atanan malzeme, enerji ve sistem maliyetlerinin aksine, atık yönetimi maliyetlerinin %100’ü malzeme kaybına yüklenir, çünkü maliyetler bu malzeme kaybını yönetme maliyetlerini temsil eder. Süreç veya tesis genelindeki maliyetler miktar merkezlerine dağıtılırken uygun dağıtım kriteri olarak; makine saatleri, üretim hacmi, çalışan sayısı, işçilik saatleri, gerçekleştirilen iş sayısı veya tesis alanı örnek verilebilir. İkinci adım olan, bir miktar merkezindeki maliyetlerin ürünlere ve malzeme kayıplarına dağıtımı için, maliyetler yaygın olarak malzeme dağıtım yüzdesine göre dağıtılır (ISO 14051: 2011: 13-14).

Uygulama Adımı 4: MAMM sonuçlarının yorumlanması ve iletilmesi

MAMM’nın uygulaması ile süreç boyunca malzeme kayıpları, ürüne dönüşmeyen malzemenin kullanımı, genel maliyetler ve malzeme kayıplarıyla ilgili enerji ve sistem maliyetleri vb. gibi bilgiler sağlanır. Malzeme akışının fiziksel ve parasal nicelikleri, her miktar merkezi için ayrı ayrı özetlenerek, bir malzeme akışı maliyet matrisinde gösterilir (ISO 14051: 2011: 14).

Malzeme kayıplarına neden olan MAMM sorunlarının belirlenmesi sayesinde işletmeler, yalnızca geleneksel maliyet muhasebesine güvendiklerinde genellikle göz ardı edilen ekonomik kayıpları tespit etme fırsatına sahip olurlar (Syarif ve Novita, 2018: 150).

Maddi kayıplar tespit edildikten sonra, kaynak israfını azaltmanın yenilikçi yolları belirlenebilir. İdeal olan, ürün dışı maliyetleri (malzeme kayıplarını) sıfıra indirmektir, ancak gerçekte bu her zaman mümkün değildir. Bu sonuca ulaşmak için yönetim, sonuçları özetlemeli, değerlendirmeli, yorumlamalı ve olası alternatifleri ilgili yöneticilere iletmelidir (Christ ve Burritt, 2017: 604).

Uygulama Adımı 5: MAMM sonuçlarıyla üretim uygulamalarını iyileştirme ve malzeme kaybını azaltma

MAMM sonuçlarının analiz edilmesi, bir işletmede malzeme kullanımı ve kayıplarının büyüklüğü ve sonuçlarının anlaşılmasına yardımcı olur. Ayrıca, işletme MAMM tarafından sağlanan verileri analiz ederek hem çevresel hem de finansal performansını iyileştirme olanağına sahip olabilir. Bu tür iyileştirmelerin sağlanabilmesi için malzemelerin ikamesi, süreç, üretim hatları veya ürünlerin farklılaştırılması, malzeme ve enerji verimliliği ile kapsamlı araştırma ve geliştirme faaliyetleri gerçekleştirilebilir (ISO, 2011: 14).

LİTERATÜR ÖZETİ

MAMM literatürüne bakıldığında yöntemin tanıtılmasından günümüze kadar geçen sürede farklı şekillerde ele alındığı ve araştırıldığı görülmektedir. Literatüre bir bütün olarak bakmak amacıyla Web of Science arama sayfasına “Material Flow Cost Accounting” anahtar kelimesi yazılmış ve arama yapılmıştır. Arama sonucunda 1982-2025 yılları arasında bu anahtar kelimeyi içeren 192 adet yayın olduğu görülmüştür. Bu dönemde en çok yayın yapan araştırmacı 7 yayın ile Kokubu olmuştur. Kokubu’yu 6 yayın ile Takakuwa, Van der Poll, Gunether, Burritt, 5 yayımla Kitada, Fakoya, Schmidt, Christ, Dekamin ve Xiao izlemektedir.

Zeng vd. (2021: 1) çalışmasında MAMM literatürünün; (i) MAMM’ın teorik yorumu, (ii) vaka çalışmaları veya uygulamalı çalışmalar ve (iii) MAMM’ın genişletilmesine yönelik çalışmalar olmak üzere üç kategoriye ayrılabilirliğini belirtmiştir. Çalışmada vaka çalışmaları ile MAMM’ın genişletilmesi ile çalışmalardan bir kısmına değinilmiştir.

Takakuwa vd. (2014) MAMM ile üretim parti büyüklüğünün yanlış belirlenmesi nedeniyle ortaya çıkan önemli ve gizli atıkların ortaya çıkarılabileceğini belirtirken, Kasemset vd. (2013), MAMM ile üretim sürecinde en yüksek negatif malzeme maliyetinin gerçekleştiği aşamanın belirlenerek iyileştirme önerileri ile işletmede negatif malzeme maliyetinin azaltılabileceğini bildirmişlerdir. Chang vd. (2015) yöntemin enerji ve malzeme israfının azaltılmasında ve daha doğru ürün maliyet bilgileri sağlamasının yanında kurumsal sosyal sorumluluğu gerçekleştirmede de yardımcı bir araç olabileceğini belirtmiştir. Chompu-inwai vd. (2015) MAMM’ın işletmenin hem ürün kalitesini artırarak hem de üretim sürecinin olumsuz çevresel etkilerini azaltarak maliyetleri düşürdüğü sonucuna ulaşmışlardır.

Jakrawatana vd. (2016) MAMM uygulamasının kayıpların önlenmesi konusunda işletme yönetimine önemli bilgiler sağladığını belirtirken Nakkiew ve Poolperm (2016) MAMM ile işletmede negatif maliyetlerin ortaya çıktığı süreçlerde iyileştirmeye dönük önlemler ile işçilik ve enerji maliyetlerinde tasarruf sağlandığını ifade etmişlerdir. Papaspyropoulos vd. (2016) ormancılık sektöründe MAMM’ın tomruklama işlemlerinin verimsizliklerini ortaya koymada güvenilir bir yöntem olduğunu belirtmişlerdir.

Christ ve Burritt (2017) MAMM’ın bir restoranın doğrudan ve dolaylı maliyetlerinin belirlenmesinde ve gıda israfının azaltılmasında faydalı olacağını belirtirken Doorasamy ve Rhodes (2017) MAMM’ın atıkların tespiti ve bunların maliyetlerinin azaltılmasının kârlılık ve verimlilik üzerinde olumlu etkilerinin olacağı tespitini yapmıştır. Mahmoudi vd. (2017) MAMM ile ekonomik sorunlar ve çevresel sorunların da önemli ölçüde azaltılabileceğini, uygulama ile atık su arıtma işletmesinde pozitif ürün değerinin arttığını ve negatif ürün maliyetinin de azaldığını tespit etmişlerdir. Wohlgemuth ve Lütje (2018) bir fast-food işletmesinde atık olarak ortaya çıkan yağların biyoenerji olarak kullanılabileceğini ve MAMM ile bunların yaklaşık olarak hesaplanabilmesi sonucu atık yönetim maliyetlerinden tasarruf sağlanabileceğini belirtmişlerdir.

Geleneksel hesaplamalar ile MAMM uygulamasını karşılaştıran Dekamin ve Bermaki (2019) enerji kullanımı verimliliğinin geleneksel hesaplamalarda, MAMM yaklaşımına göre daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Behnami vd. (2019) aşamalı bir şekilde gerçekleştirilen MAMM uygulamasının yöneticiler tarafından işletmenin finansal ve çevresel performanslarını daha güvenilir bir şekilde görebilmelerinin sağlanacağını ve dolayısıyla uygun iyileştirme çalışmalarının gerçekleştirilmesinde yardımcı olacağını vurgulamıştır. Ho vd. (2019) bir matematiksel modelleme aracı geliştirmek için MAMM’dan yararlanmışlar ve yapılan uygulama ile düşük atık üretim maliyeti ile en uygun atık su arıtma yatırımının büyük oranda geri kazanılabileceğini ortaya koymuşlardır. Karimi vd. (2019) de MAMM’ın pozitif ve negatif ürünlerin belirlenmesi ve ürünlerin gerçek değerlerinin görülmesini sağladığını belirtmişlerdir. Sahu vd. (2021) MAMM’ın sonuçları için beş yıllık bir gözlem sonucunda malzeme maliyetlerinde azalma ve çevresel performansta iyileştirme sağladığı bulgularını bildirmişler Fakoya ve Imuezerua (2021) MAMM’ın atık su arıtma tesisinde su kaybı ve su ile ilgili maliyetlerin belirlenmesinde fayda sağlandığını belirtmişlerdir. Dechampai vd. (2021) MAMM ile sağlanacak negatif ürün maliyetlerinde tasarruf yoluyla, malzeme israfının en aza indirilerek işletmenin rekabet gücünü artırabileceğini belirtmişlerdir.

Kitada vd. (2022) MAMM’ın işletmeler tarafından yaygın olarak kullanılmadığını ve akademide yararlılığı hakkındaki iddialar ile pratikte kullanımı arasında bir boşluk olduğunu belirttikleri çalışmalarında, yöntemi uygulayan işletmelerle anket yapmışlar ve az sayıda işletmenin MAMM’ı uzun bir süre kullandığı belirlenmiştir.

Amicarelli vd. (2022) çalışmalarında MAMM'ın işletme düzeyinde uygun malzeme ve finansal muhasebe sistemlerinin benimsenmesi ile hem iç tasarrufları hem de sürdürülebilir kaynaklar ve atık yönetimine yönelik kolektif faydaları artırabileceğini vurgulamıştır. 2024 yılında yapılan çalışmalardan Dekamin vd. (2025) geleneksel maliyet muhasebesi ile karşılaştırıldığında, çevresel maliyetleri de hesaba katan MAMM'ın, sürdürülebilirlik faktörleri göz önünde bulundurulduğunda daha iyi bir finansal performansa işaret ederek daha olumlu bir fayda-maliyet oranı sergilediğini belirtmişlerdir. Mohsin ve Mohammed (2025), MAMM'ın malzeme verimliliğindeki iyileştirmelere ve atık azaltımına odaklanarak işletmelerin çevresel zararı azaltmasını, operasyonel verimliliği artırmasını ve uzun vadeli sürdürülebilirliği destekleyen veri odaklı kararlar almasını sağlayabileceğini vurgulamışlardır.

MAMM'ın işletmelerde uygulanması sonucu elde edilen sonuçların paylaşıldığı, yukarıda belirtilen çalışmalarda MAMM uygulamasının, işletmeye ve çevreye sağlayacağı katkıların vurgulandığı görülmektedir. Çalışmalar ile MAMM'ın; atıkların ve israfın belirlenmesi, girdi maliyetlerinde azalma, negatif malzeme maliyetinin ölçülmesi ve atıkların nasıl değerlendirileceği gibi ekonomik katkıları vurgulanmıştır. Öte yandan yapılan çalışmalarda ayrıca; çevresel maliyetlerin azaltılması, çevresel performansın iyileştirilmesi ve sürdürülebilirliğe katkı gibi MAMM'ın sağlayacağı çevresel katkılara da değinilmiştir.

MAMM ile ilgili yapılan çalışmalara bakıldığında ikinci grubu MAMM'ın genişletilmesine dönük çalışmaların oluşturduğu görülmektedir. Bu çalışmalardan Schmidt vd. (2015) MAMM uygulamasının genişletilmiş bir sürümünü uygulamışlar ve yöntemin verimsizliklerin belirlenmesinde, maliyet tasarrufu sağlamada ve ekolojik hedeflere ulaşılmasına katkıda bulunabileceği vurgulanmıştır. Zhou vd. (2017) ve Nishitani vd. (2022) çalışmalarında MAMM'ı döngüsel ekonomi ile ilişkilendirerek ele almışlardır. Zhou vd. döngüsel ekonomi ile MAMM'ın birlikte değerlendirilmesi ile uygun maliyetli kaynak kullanımı, kayıplar ve atığın neden olduğu çevresel zararlar gibi konularda önemli verilerin sağlanabileceğini belirtmişlerdir. Nishitani vd. MAMM'ın döngüsel ekonomiye katkısını analiz ettikleri çalışmalarında üretilen atık miktarının azaltılarak işletmenin üretkenliğinin ve dolayısıyla kârının artırabileceğini ifade ederek MAMM'ın döngüsel ekonomiye katkı için etkili bir araç olduğu görüşünü paylaşmışlardır.

Yaşam döngüsü analizi ile MAMM'ı birlikte uygulayan çalışmalardan Dunuwila vd. (2018) işletmedeki üretim sisteminin negatif ürün maliyetleri ile küresel ısınma üzerindeki etkisinin azaltılması konusunda iyileştirilebileceği ve bunun uzun vadede maliyetler ile küresel ısınma potansiyelinin azaltılması konusunda yarar sağlayabileceğini ifade etmişlerdir. Kluczek (2019) yaşam döngüsü analizi ile malzeme akış analizini, MAMM analizini birleştiren hibrit bir yöntemin uygulanması ile toplam malzeme kayıp maliyetinin azaltılabileceğini belirtirken Zeng vd. (2021) de yaşam döngüsü analizi ve MAMM entegrasyonunu birlikte uyguladıkları çalışmalarında çevre üzerindeki yükün azaltılarak ekonomik faydaların artırılması için uygulamanın etkili olduğunu ifade etmişlerdir. Dunuwila vd. (2020) bu yöntemlerin kombinasyonunun süreçlerin yeniden tasarlanması konusunda yararlı olacağı sonucuna ulaşmışlardır. Kokubu vd. (2023) Birleşmiş Milletler Kalkınma hedeflerine katkısını değerlendirmek amacıyla MAMM ile yaşam döngüsü değerlendirmesini birlikte uygulamışlar ve entegre modelin uygulanması ile MAMM'ın yönetim karar süreçlerine entegre edilerek Birleşmiş Milletler Kalkınma hedeflerine katkıda bulunabileceğini belirtilmiştir. Dekamin vd. (2024) MAMM ile yaşam döngüsü analizini tarım sektöründe uygulamışlar ve iki yöntemin birleşiminin malzeme ve enerji tasarrufu yönünde adımlar atılmasını ve sabit girdilerle daha fazla ürün üretilmesini veya belirli miktarda ürün için daha az girdi kullanılmasını sağlayabileceğini belirtmişlerdir.

Wang vd. (2017) ve Leiva vd. (2025) MAMM ile fayda maliyet analizini entegre etmişlerdir. Bu çalışmalardan Wang vd. (2017) MAMM ile üretim sürecindeki önlenmesi mümkün malzeme kayıplarının ve atıklarının tanımlanması ile atık azaltma potansiyelinin belirginleşeceğini vurgularken, Leiva vd. (2025) entegrasyonun endüstriyel simbiyoz uygulamalarında karar alma süreçlerini iyileştirme potansiyeline sahip olduğunu ifade belirtmiştir.

May ve Guenther (2020) MAMM'ı karbon ayak izi ve olasılıklı senaryo analizi ile birlikte kullanmışlar ve meyve suyu üretiminde atık olarak yakılan meyve posalarının pazarlanabilir bir ürün olarak ek değer yaratma potansiyeli olduğu ve küresel ısınma konusunda da olumlu etkiye yol açacağını belirtmişlerdir. Higashida (2020) MAMM yöntemini tedarik zinciri üzerine genişlettikleri çalışmalarında yöntem ile malzeme akışlarının ekonomik ve çevresel açıdan koordine edilmesinde etkili olduğu ifade edilmiştir. Qu vd. (2022) MAMM ve faaliyet tabanlı bütçeleme modeli oluşturdukları çalışmalarında, uygulamanın üretimdeki her faaliyet için kaynak kullanım verimliliğinin tahmin edilmesi yoluyla işletme yöneticilerine alacakları kararlarda gerekli verileri sağlayarak daha iyi iş planları oluşturmalarına yardımcı olabileceğini belirtmişlerdir.

Sodkomkham vd. (2024) MAMM'ı yalın üretim prensipleri ve nesnelerin interneti ile birlikte uygulamışlardır. Uygulamanın üretim sürecinin verimliliğini çevre dostu bir şekilde artırarak maliyetlerde tasarruf sağlayabildiğinin görüldüğünü paylaşmışlardır. Son olarak Dierkes ve Siepelmeyer (2025) MAMM'ın varsayımlarını ve yapısını tam bir maliyet muhasebesi sistemi olarak tasarlamıştır. Uygulama, malzeme talebine göre maliyet giderleri ile sonuçlanan malzeme dağıtım anahtarının kullanımının sonuçlarını dikkate almak koşuluyla MAMM'ın sürdürülebilirlik yönetimine ilgili maliyet bilgilerini sağladığının görüldüğünü paylaşmışlardır.

MAMM'ın diğer yöntemlerle entegre edilerek uygulandığı çalışmalar sayıca çok fazla olmasa da yöntemin diğer yöntem ve uygulamalar ile de faydalı olacağını göstermektedir. Ayrıca bu uygulamaların sayısının son yıllarda artma eğiliminde olduğu da görülmektedir. Yöntemin özellikle yaşam döngüsü, döngüsel ekonomi ve endüstriyel simbiyoz konularında yararlı olduğunun ortaya konulmuş olması işletmeler açısından ekonomik faydalar yanında çevre konusunda da yararlı olacağını göstermektedir.

Daha önce de belirtildiği gibi MAMM Türkiye'de akademik literatürde çok fazla çalışılan bir konu olmamıştır. Aşağıda literatürde belirlenen çalışmaların özetine yer verilmiştir.

Bir tekstil işletmesinde erkek gömleği dikimini hedef ürün olarak belirledikleri çalışmalarında Kılılı ve Gülmez (2020) MAMM'ın uygulanması ile üretim sürecinde negatif ürünlerin yüksek oranda gerçekleştiği süreçlerin belirlenmesinin sağlandığını vurgulamışlardır. Usul ve Olgun (2025) MAMM'ı sipariş ve safha maliyetleme sistemini kullanan iki işletmede uygulamışlardır. Sipariş maliyetleme sistemini uygulayan işletmede, MAMM'ın üretim dönemi boyunca sipariş maliyet sistemi içinde dinamik olarak uygulanabileceğini belirtirken safha maliyetini uygulayan işletmede ise MAMM'ın yan ürünleri değerlendirmedeki eksikliklerini ortaya koymuşlardır. Kılıç ve Akdoğan (2023) iş ve inşaat sektöründe faaliyet gösteren bir işletmede MAMM'ı uygulamıştır. Çalışma ile işletmenin üretim sürecinde meydana gelen atık oranı belirlenmiş ve üretim sürecinde gerçekleştirilecek iyileştirmeler yoluyla malzeme kaybının azaltılıp, üretimin daha verimli hale gelebileceği vurgulanmıştır. Büyükarıkan (2021) MAMM yöntemini tarım makineleri üretimi yapan bir işletmede uygulamıştır. Çalışma ile MAMM'ın malzeme ve enerji akışlarını fiziksel ve ekonomik açıdan görselleştirmesi, işletmelerde kurumsal kaynak planlamasının ve kurumsal şeffaflığın geliştirilmesine katkıda bulunabileceği ifade edilmiştir. Ok (2024) Lüks kabartma PVC ürünü üreten bir işletmede uyguladığı MAMM yöntemi ile işletmede üretim kaybının yüksek oranda gerçekleştiği noktaları belirlemiştir. Çalışma ile yöntemin benimsenmesinin işletmeler açısından hem çevresel hem de ekonomik katkılar sunacağı belirtilmiştir.

Yereli ve Yakın (2009) MAMM konusunda Türkiye'de yapılan çalışmalardan belki de ilki olan çalışmalarında MAMM yöntemini teorik olarak açıklamışlar ve daha önce yapılmış olan bir çalışmanın sonuçlarını paylaşmışlardır. Çalışmaya göre MAMM yönteminin Türkiye'de hemen hemen hiç kullanılmadığı vurgulanmıştır. Özçelik (2017) çalışmasında MAMM yöntemini ayrıntısıyla ele alıp teorik açıklamıştır. Çalışmada MAMM'ın hammadde işleme ve atık bertaraf maliyetlerini azaltarak kâra katkı yapacağı belirtilmiş, ancak yöntemin akademik çalışmalarda çok fazla yer bulmadığı vurgulanmıştır. Albez (2022) çalışmasında MAMM ile geleneksel maliyet muhasebesini karşılaştırmış ve MAMM'ın uygulama adımlarını açıklamıştır. Süklüm (2019) MAMM yöntemini teorik olarak açıklamış ve Kızılyalçın (2021) MAMM yöntemini açıklayarak MAMM literatüründen uygulama örneklerine değinmiştir.

MAMM ile ilgili çalışmalara Türkiye açısından bakıldığında yöntemin muhasebe yazınında çok fazla ilgi görmediği söylenebilir. MAMM ile ilgili olarak yapılan hem tez hem de makale türü çalışmaların sayısı yurtdışındaki çalışmalarla kıyaslandığında oldukça azdır.

MALZEME AKIŞ MALİYET MUHASEBESİNİN KURU İNCİR İŞLEME İŞLETMESİNDE UYGULANMASI

Bu çalışmanın amacı, MAMM'ın bir gıda üretim işletmesinde uygulanabilirliğini analiz etmek ve uygulama sonucunda pozitif ürünler ve negatif ürünlerin belirlenmesi yoluyla, işletmenin ekonomik ve çevresel etkisini analiz etmektir.

Çalışmada Aydın ilinde faaliyet gösteren orta ölçekli bir incir işletmesine ait (bundan sonra A işletmesi olarak anılacaktır) veriler kullanılmıştır. İşletme sipariş üzerine üretim yapmakta, üreticiden dökme olarak satın aldığı kuru incirleri çeşitli süreçlerde işleyerek, paketlemekte ve yurtiçine ve yurtdışına pazarlamaktadır.

Çalışmada vaka çalışması yöntemi kullanılmıştır. Yin'e (2017) göre (akt. Sahu vd. 2021: 4) vaka çalışması, araştırmada "ne" ve "nasıl" sorularını yanıtlayarak nedensel bir bağ kurulmasını sağlamaktadır. Bu nedenle, vaka çalışması yöntemi MAMM uygulama sürecini ve işletmenin finansal ve çevresel performansı üzerindeki etkisini anlamak için ideal bir yöntemdir. Vaka çalışması yoluyla işletmede gözlem yapılabilmekte, süreç analiz edilebilmekte ve finansal ve finansal olmayan veriler ilk elden sağlanabilmektedir.

BULGULAR

Bu bölümde çalışmada MAMM uygulama sürecine uygun olarak uygulama yapılmış ve elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. Uygulama yapılırken sürecin her adımı için yapılan çalışmalar başlıklar halinde açıklanmıştır.

1. Adım: Yönetimin katılımı, rol ve sorumlulukların belirlenmesi

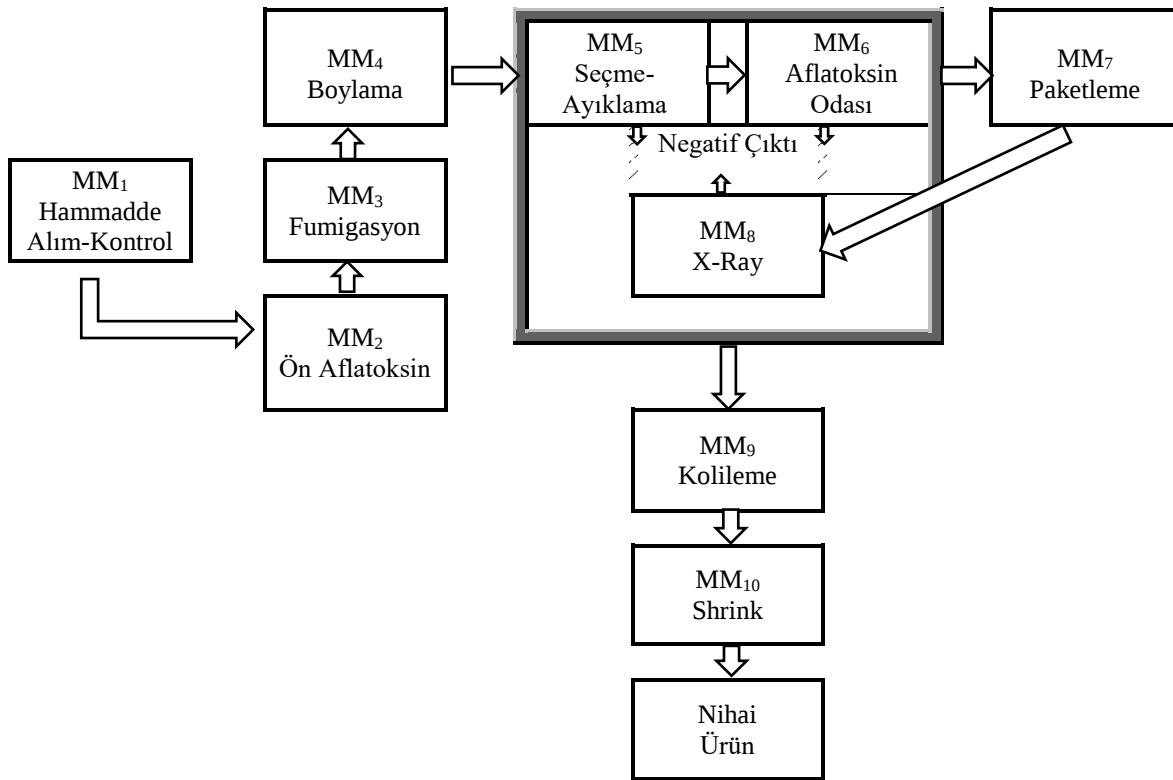
Bu aşama için işletme yöneticisi, muhasebe yetkilisi ve ustabaşı ile yapılan görüşmede kısaca yöntem anlatılmış ve uygulama sürecine katılımları sağlanmıştır.

2. Adım: Sürecin kapsamı - sınırları ve malzeme akış modelinin oluşturulması

Kuru incir, üreticiden satın alındıktan sonra farklı işlemlere tabi tutulmak yoluyla değişik türde (incir cipsi, kesilmiş incir, incir reçeli, tüketime hazır bütün incir vb. gibi) ürünlere dönüştürülmektedir. Çalışmanın yapıldığı dönem için işletmenin yurtdışı siparişi olan işlenmiş kuru incir üretimi uygulamaya dâhil edilmiştir.

Öncelikle uygulamanın yapılabilmesi için sistem sınırlarının belirlenmesi gerekmektedir. Çalışmada, üretimin ve ürünün özelliği gereği üretim kayıplarının yoğun olarak gerçekleştiği; seçme, aflatoksin ve x-ray merkezleri uygulamanın sınırları olarak belirlenmiştir.

Üretim sürecinin sınırı belirlendikten sonra malzeme akış modelinin oluşturulabilmesi için miktar merkezlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Daha önce de ifade edildiği gibi miktar merkezi hammaddelerin işlendiği sürecin bir parçası olarak kabul edilmektedir. Miktar merkezleri belirlenirken ürünün geçtiği üretim sürecinin analiz edilmesi gerekmektedir. İşletmede yapılan gözlemler ve alınan bilgiler doğrultusunda işletmede ürünün geçtiği aşamalar ve miktar merkezleri Şekil 2’de görüldüğü gibi belirlenmiştir.



Şekil 2: A İşletmesi İçin Kuru İncirin Üretim Akış Şeması ve Belirlenen Miktar Merkezleri

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

A İşletmesi’nde sürecin daha iyi anlaşılabilmesi için miktar merkezlerinde gerçekleştirilen faaliyetleri kısaca şu şekilde açıklayabiliriz. İşletmeye gelen kuru incirlerin kabulleri yapıldıktan sonra, bu incirler numune kontrolü için ön aflatoksin (aflatoksin, bazı küf türleri tarafından üretilen toksik ve kanserojen bir maddedir) kontrol odasına alınır. Daha sonra incirler sırasıyla, fumigasyon (zararlılara karşı ilaçlama) ve boylama (incirlerin büyüklüklerine göre ayrılması) işlemlerinden geçmekte ve daha sonra seçme tezgâhlarında işçiler tarafından seçilip ayıklanmaktadır. Seçme işleminde; yabancı madde, ekşi, küflü, güneş yanıklı, yarık, çatlak ve böcek hasarlı vb. gibi kusurlu incirler sağlam olanlardan ayrılır. Aflatoksin odasında UV ışık altında aflatoksinli incirler sağlam olanlardan ayrılır. Paketleme bölümünde incirler önce işçiler tarafından istenilen şekle getirilmekte ve daha sonra

da müşterinin istediği ağırlıktaki kutulara yerleştirilmektedir. X-ray bölümünde incirin içinde ve dış yüzeyinde göz ile görülemeyecek kadar küçük parçalar X-ray cihazı ile tespit edilir ve bu incirler ayıklanır. Son olarak kolileme ve shrinkleme işlemleri ile süreç tamamlanır.

3. Adım: Maliyetlerin atanması

Daha önce ifade edildiği gibi MAMM maliyetleri; malzeme, enerji, sistem ve atık maliyetleri olmak üzere dört gruba ayırır. Bu aşamada bu maliyetlerin ataması yapılmış ve negatif ve pozitif çıktılar belirlenmiştir.

a) Hammadde maliyetleri

İşletmede kullanılan ana hammadde kuru incirdir. Üretim aşamasında incirlerin doğal olarak kalabilmesi için kimyasal ve başka yabancı madde kullanımından kaçınılmaktadır. Üretimde sadece incir zararlıları vb. için fumigasyon aşamasında sülfürlü florit kullanılmaktadır. Çalışmada sülfürlü florit maliyeti ürüne dâhil edilmemiş, tamamen atık olarak kabul edilmiştir. Hammadde için negatif ve pozitif çıktı oranları hesaplanmış ve Tablo 1’de sunulmuştur.

Tablo 1: Malzeme Girişi, Pozitif Çıktıların ve Negatif Çıktıların Maliyet Dağılımı

Miktar Merkezi	Girdi		Çıktı (Pozitif Ürün)			Çıktı (Negatif Ürün)		
	Kg.	TL	%	Kg.	TL	%	Kg.	TL
Seçme	12.000,00	3.600.000	87,50	10.500,00	3.150.000	12,5	1.500,00	450.000
Aflatoksin Odası	10.500,00	3.150.000	98,50	10.342,50	3.102.750	1,50	157,50	47.250
X-Ray	10.342,50	3.102.750	99,00	10.239,08	3.071.724	1,00	103,42	31.026
Toplam		3.600.000	85,33		3.071.724	14,67		528.276

Tablo 1’den görülebileceği gibi sürece giren hammadde miktarı 12.000 kg. iken bunun 10.239,08 kg.’lık kısmı pozitif ürüne dönüşürken, 1.760,92 kg.’lık kısmı negatif çıktıdır. Buna göre A İşletmesi için pozitif çıktı oranı %85,33, negatif çıktı oranı da %14,67 olarak belirlenmiştir. Yine Tablo 2’den görülebileceği gibi en çok hammadde kaybı %12,5 ile seçme miktar merkezinde ortaya çıkmaktadır. Bunu %1,5 ile aflatoksin odası ve %1 ile x-ray merkezi izlemektedir.

b) Enerji Maliyetleri

İşletmede üretim için elektrik enerjisi kullanılmaktadır. Yapılan görüşmelerden ilgili dönem için süreçlerde kullanılan elektrik tüketiminin 4.780 kWh ve toplam enerji maliyetinin 29.211 TL olduğu belirlenmiştir. İşletme yöneticileriyle yapılan görüşmelerde ve yapılan gözlemler neticesinde malzemenin süreçler arasında taşınması ve işçilerden kaynaklı nedenlerle enerji kaybı olabilmektedir. Yöneticiler ile yapılan görüşmeler sonucu kayıp oranı %8 olarak alınmıştır. Dağıtım sonucu Tablo 2’de sunulmuştur.

Tablo 2: Enerji Maliyetleri, Pozitif ve Negatif Çıktı

Enerji Türü	Girdi		Çıktı (Pozitif Ürün)		Çıktı (Negatif Ürün)	
	kWh	TL	%	TL	%	TL
Elektirik	4.550	29.211	92	26.874,12	8	2.336,88
Toplam		29.211		26.874,12		2.336,88

Tablo 2’de görüldüğü gibi enerji maliyetlerinin 26.874,12’lik kısmı pozitif çıktı olarak hesaplanmışken, 2.336,88’lik kısmı negatif çıktı olarak hesaplanmıştır. İşletmede tüketilen su, ürünün işletmeye girişinden paketlenme aşamasına kadar ürünlerin taşınması amacıyla kullanılan plastik kasaların temizlenmesi için kullanılmaktadır. Dolayısıyla kullanılan su, ürünler ile temas etmemektedir. Bu nedenle ve işletmede su tüketiminin düşük düzeyde olması nedeniyle uygulama için su maliyeti ihmal edilmiştir.

d) Sistem Maliyetleri

İşletmede verilerin sağlandığı dönem için ilgili süreçlerde çalışan işçilerin bir aylık toplam çalışma süresi (işletmede pazar günleri üretim yapılmamaktadır), (18 x 24) 432 saattir. İşçiler yevmiye usulü çalışmakta olup, yevmiye 1.000 TL’dir. Sistem maliyetleri malzeme için hesaplanan oranlara göre dağıtılmıştır. Dağıtım sonuçları Tablo 3’te sunulmuştur.

Tablo 3’te görüldüğü gibi ilgili dönem için 483.075 TL’lik sistem maliyetinin 412.207,90 TL’si pozitif çıktı olarak hesaplanmış, 70.868,10 TL’si de negatif çıktı olarak hesaplanmıştır.

Tablo 3: Sistem Maliyetleri, Pozitif ve Negatif Çıktı

Gider Türü	Girdi (TL)	Pozitif Ürün		Negatif Ürün	
		TL	%	TL	%
İşçilik Gideri	432.000	368.625,60	85,33	63.374,40	14,67
Bakım-Onarım	4.200	3.583,90		616,10	

Kira	40.000	34.132,00		5.868,00	
Makine Amortismanı	6.875	5.866,40		1.008,60	
Toplam	483.075	412.207,90		70.867,10	

d) Paketleme malzemeleri miktar ve maliyetleri

Paketleme ve ambalajlama girdileri ürünün bir parçası olmadığı için doğrudan atık olarak değerlendirilmekte ve atık maliyetleri içerisinde yer almaktadır (Kılıç ve Akdoğan, 2023: 1951).

İşletmede üretim sürecinden çıkan incirler üç aşamada sevkiyata hazırlanmaktadır. İlk aşamada incirler paketleme tezgâhına alınmakta ve işçiler incirlere istenilen şekli verip, karton kutulara yerleştirmektedir. Daha sonra bu karton kutular havayla temaslarının kesilmesi için ambalaj içerisine yerleştirilmektedir. Ambalaj içerisine yerleştirilen karton kutular ebatlarına göre yine karton kolilere konmaktadır. Son aşamada ise karton koliler paletlere yerleştirilip shrink makinesinde ambalaj malzemesi ile sarılıp sevkiyata hazır hale getirilmektedir. Tablo 4'te ambalaj malzemeleri miktar ve maliyetleri görülmektedir.

Tablo 4: Ambalaj Malzemeleri, Miktar ve Maliyetleri

Malzemeler	Adet	Birim Maliyet (TL)	Toplam Maliyet
1 kg'lık karton kutu	4.000 adet	8,5	34.000
5 kg'lık karton kutu	1.200 adet	12,0	14.400
Karton Koli	560 adet	25,0	14.000
Palet	15 adet	110,0	1.650
Shrink Ambalaj	3 bobin	3.500,0	10.500
İşçilik*	6 adet	1.000,0	144.000
Toplam			218.550

* İşletmede ambalajlama faaliyetinde çalışan işçiler ve maliyetleri

Tablo 4'te görüldüğü gibi ürünlerin sevkiyata hazır hale getirilmesi için katılan toplam maliyet 218.550 TL olup, bu maliyet ürünün bir parçası olmadığı için atık olarak kabul edilmiştir.

e) Atık Yönetim Maliyetleri

İşletmede ürünle ilgili ortaya çıkan fiziksel atıklar iki grupta toplanabilir. Bunlardan ilki nitelikleri gereği bütün olarak yemeklik olarak kullanılamayacak olan incirlerdir. Bu incirler hurda incir olarak; kesmelik, reçellik, incir cipsi vb. başka işletmelerde hammadde olarak kullanılmaktadır. İşletmede bu incirler seçme ve x-ray miktar merkezlerinde ortaya çıkmaktadır. İkinci grup atıklar aflatoksinli incirlerdir. Aflatoksinli incirler ise imha edilmek üzere işletmeden gönderilmektedir. İşletmede seçme ve x-ray miktar merkezlerinden çıkan ve satılabilir haldeki incirler hurda incir olarak satılmak amacıyla depolanmaktadır. Aflatoksinli ve satılabilir olmayan incirler ise bulaş olmaması için imha edilmek üzere gönderilmektedir. Bu nitelikteki incirlerin depolanması ve nakliyesi için atık yönetim maliyeti olarak toplam 17.500 TL belirlenmiştir.

4.2. Bulguların Özetlenmesi

A İşletmesi'nde gerçekleştirilen MAMM yöntemi uygulaması sonucu ulaşılan sonuçların özetlenmesi için Tablo 5 oluşturulmuştur.

Tablo 5: MAMM Özet Tablosu

	Malzeme Maliyeti	Enerji Maliyeti	Sistem Maliyeti	Atık Yönetim Maliyeti	Toplam
Ürün	3.071.724	26.874,12	412.207,90	---	3.510.806,02
%	70,62	0,620	9,50	---	80,74
Malzeme Kaybı	528.276	2.336,88	289.417,10	---	820.029,98
%	12,15	0,050	6,66	---	18,86
Atık Yönetim Maliyeti	---	---	---	17.500	17.500,00
%	---	---	---	0,40	0,40
Ara Toplam	3.600.000	29.211,00	701.625,00	17.500	4.348.336,00
%	82,77	0,67	16,16	0,40	100

*Tablo 5'in hazırlanmasında ISO 2021; "MAMM-İşletmelerde aşamalı uygulamaya yönelik rehberlik" ve Kılıç ve Akdoğan (2023)'den yararlanılmıştır.

Tablo 5'e göre ilgili dönemde işletmenin katlandığı 4.348.336 TL'lik maliyetin 3.510.806,02 TL'lik yani %80,74'lük oranı üretilen ürünlerin maliyetine dağıtılmıştır. Malzeme kayıp oranı %18,86, atık yönetim maliyeti de %0,40 olmuştur.

Tablo 5'te görüldüğü gibi negatif ürünler %12,5 ile en fazla hammaddede gerçekleşmiştir. Sistem maliyetlerinde verimsizlik oranı %6,66 iken enerji maliyetlerinde oran 0,050 olmuştur. A İşletmesi ve genel olarak incir

işletmelerinde ağırlıklı olarak işçilik kullanılmakta olup, üretimde makine kullanımı nispeten daha azdır. Bu nedenle enerjide verimsizlik oranı düşüken, sistem maliyetlerindeki verimsizliğin işçilik kaynaklı olduğu söylenebilir.

4. Adım: Sonuçların yorumlanması ve iletilmesi

İşletmede MAMM uygulaması sonucu belirlenen süreç sırasındaki malzeme kayıpları, enerji maliyetleri ve sistem maliyetleri hakkında elde edilen bilgiler işletme yönetimine iletilecektir.

5. Adım: MAMM sonuçları ile üretim uygulamalarını iyileştirme ve malzeme kaybını azaltma

MAMM analizi sonucunda işletme yöneticileri malzeme kayıplarıyla ilişkili olan maliyetler konusunda bilgi sahibi olacaktır. Bu bilgilerin kullanılması yoluyla işletmede verimliliğin artırılması ve çevresel maliyetlerin azaltılması konularında gerekli önlemler alınabilecektir. Bu önlemlerden bir kısmına sonuç ve öneriler kısmında değinilmiştir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

İşletmeler faaliyetlerinin her aşamasında çevreye karşı sorumluluk duymalıdır. Bu sorumluluğun gereği olarak hem israftan kaçınılması hem de atıkların azaltılması konularında gerekli hassasiyetin gösterilmesi gerekmektedir. MAMM, işletmelerde hem hammaddenin verimli kullanımı hem de doğaya salınan katı ve gaz halindeki atıkların miktarlarının görünür hale getirilmesi gibi konularda fayda sağlamaktadır. Çalışma ile MAMM yönteminin orta ölçekli bir işletmede uygulanabilirliğinin görülmesi amaçlanmıştır.

Bu bağlamda çalışmada MAMM yöntemi bir incir işleme işletmesinde uygulanmıştır. Uygulamanın yapıldığı işletme üreticiden inciri dökme (genellikle plastik kasalarda) olarak satın almakta ve bunları farklı süreçlerden geçirmek suretiyle paketleyip satışa hazır hale getirmektedir.

İşletmede incirin işlenmiş ürün olarak sevkiate hazır hale gelmesi için geçmesi gereken aşamalar akış şeması üzerinde gösterilmiştir. Ancak işletmenin faaliyetinin gereği olarak bazı aşamalarda malzeme kaybı meydana gelmemekte ya da oldukça önemsiz olduğu için ihmal edilebilir ölçülerde olmaktadır. Bu nedenle malzeme ve diğer kayıpların en çok meydana geldiği üç aşama (seçme, aflatoksin ve x-ray) miktar merkezleri olarak çalışmaya konu edilmiştir. Uygulama sonucunda en çok malzeme kaybının meydana geldiği miktar merkezinin seçme miktar merkezi olduğu, bunu aflatoksin ve x-ray miktar merkezlerinin izlediği görülmüştür. Bunun yanında işletmede kullanılan su plastik kasaların temizlenmesi amacıyla kullanıldığından ürünle ilişkisi kurulmamış ve tamamen atık olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca fumigasyon aşamasında kullanılan malzemede de atık olarak değerlendirilmiştir.

İşletmede yapılan görüşmeler neticesinde, kayıpların önlenemez kayıplar ve önlenemez kayıplar şeklinde ortaya çıktığı belirlenmiştir. Önlenemez kayıplar özellikle aflatoksin ve x-ray miktar merkezlerinde ortaya çıkmaktadır. Aflatoksinli incirler mor ışık altında tespit edilebilmekte ve bu incirler işçiler tarafından seçilip ayıklanmaktadır. Aflatoksin iklim şartları ve üreticilerin incirleri kurutma aşamasında yaptıkları yanlış uygulamalar gibi sebeplerle ortaya çıkmaktadır. İşletme her ne kadar incirlerin işletmeye kabulü sırasında ön aflatoksin işlemini uygulasa da bütün incirler tek tek incelenemediği için bu incirlerin sürece dâhil olmasını tam olarak engellemesi mümkün olmamaktadır. Aynı şekilde x-ray bölümünde de incirin içindeki ve yüzeyindeki gözle görülmeyen yabancı maddeler tespit edilip ayıklanmaktadır. Bu nedenle bu kısımda meydana gelen atıklar da işletmenin önlenmesinin mümkün olmadığı atıklardır. İşletmenin önleyebileceği atıklar; seçme bölümünde incirlerin seçilmesi aşamasında ortaya çıkan atıklar ve enerji ile sistem maliyetleri açısından ortaya çıkan verimsizliklerdir.

İşletme yöneticileri ile yapılan görüşmede uygulama ile elde edilen sonuçlar paylaşılmış ve işletmede ortaya çıkan verimsizliklerin önlenmesi ya da azaltılabilmesi için yapılabilecekler değerlendirilmiştir. Buna göre öncelikle incirlerin içindeki kusurlu olanların seçilip ayıklandığı seçme bölümünde kusurlu ürünlerin ele alınması gerekmektedir. Bu aşamadaki kusurlu ürünlerin dolayısıyla negatif ürünlerin azaltılabilmesi için işletmenin satın alma bölümünün daha etkin olması gerekmektedir. Böylece işletmeye girecek kusurlu incir miktarı azalacağından negatif ürün miktarı da azalacaktır.

İşletmede diğer verimsizlik alanı enerji ve sistem maliyetleri açısından ortaya çıkmaktadır. İşletmenin üretim süreci incelendiğinde üretim sürecinin iyi bir şekilde organize edilmediği de saptanmıştır. Çok katlı olan işletmede makineler farklı katlara yerleştirilmiştir. Örneğin paketleme bölümü ile aflatoksin odası farklı katlardadır. Dolayısıyla ürünün akış içerisinde katlar arasında taşınması gerekmektedir. Bu da hem işçilik hem de enerji açısından verimsiz süreçlerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Sürecin yeniden düzenlenmesi halinde bu tür verimsizlikler ortadan kalkacaktır. Öte yandan incir işleme, özellikle küçük ölçekli işletmelerde genellikle emek yoğun bir faaliyet olarak sürdürülmektedir. Üretimde her ne kadar makineler de kullanılmakla beraber, özellikle belli noktalarda (seçme, aflatoksin gibi) uzman işgücü kullanılmaktadır. Bu nedenle işgücünde ortaya çıkan verimsizliklerin önlenmesi de önem arz etmektedir. Kuru incirin işlenmesi aşamalarında çevresel maliyetler çok

fazla ortaya çıkmamakla beraber, örnek uygulamamızdan da görülebileceği gibi su, paketleme ve fumigasyon aşamasında kullanılan kimyasal doğaya atık olarak bırakılmaktadır. Bunun yanında aflatoksinli incirlerin imhası aşamasında (yakılarak imha edilmektedir) doğaya bir miktar salınım olmaktadır.

Çalışmanın Türkiye’de MAMM yönteminin daha önce konu edilmediği bir gıda işletmesinde gerçekleştirilmiş olmasının literatüre katkı sağlayacağı düşünülmekle birlikte, ulaşılan sonuçlar bazı sınırlamalar dâhilinde değerlendirilmelidir. Bunlardan en önemlisi, küçük ve orta ölçekli yerel işletmelerde verilerin düzgün tutulmaması nedeniyle sağlıklı bilgi almanın zorluğudur. Diğer bir sınırlama da işletme yöneticilerinin çok fazla bilinmeyen bir yöntemin uygulanması konusundaki negatif yaklaşımlarıdır.

İncir hem bölge hem de ülke ekonomisi açısından değerli bir üründür. Bu nedenle incirde meydana gelen kayıpların önüne geçilmesi ülke ekonomisine de katkı sağlayacaktır. MAMM yöntemi tedarik zinciri üzerine de genişletilebilen bir yöntem olduğundan, sonraki çalışmalarda uygulama bu yönde de genişletilebilir. İncirin toplanmasından, işletmelerden paketlenmiş ürün olarak çıkmasına kadar ki aşama MAMM yöntemi ile değerlendirilip, süreç bir bütün olarak ele alınabilir ve kayıpların en çok nerede gerçekleştiğinin tespiti yapılabilir. Bu konuda yapılmış çalışmalara örnek olarak Dekamin vd. (2024) sera bitkileri, Dekamin vd. (2025) çay ve Amicarelli vd. (2022) patates cipsi örnek verilebilir. Ayrıca işletmelerde süreçlerin sayıca çok ve karmaşık halde olabilmesi nedeniyle literatürde MAMM’ın işletmelerde uygulanması konusundaki zorluklardan bahsedilmektedir. Bu nedenle yöntemin işletmelerde uygulanması için destek ve teşvikler sağlanabilir. Bu şekilde hem işletmelerin olumsuz çevresel etkileri azaltılabilecek, hem de ekonomik açıdan işletmelere fayda sağlanabilecektir.

KAYNAKÇA

- Albez, A. (2022). Malzeme akış maliyet muhasebesi uygulama adımları, hedef ve ilkeler. *The International New Issues in Social Sciences*, 10(2), 221-246. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7436068>
- Amicarelli, V., Roe, B. E. & Bux, C. (2022). Measuring food loss and waste costs in the Italian potato chip industry using material flow cost accounting. *Agriculture*, 12(4), 523. <https://doi.org/10.3390/agriculture12040523>
- 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*, 218, 616-628. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.218>
- Büyükarıkan, U. (2021). Malzeme Akış maliyet muhasebesinin tarım makineleri işletmesinde uygulanması. *Journal of Vocational and Social Sciences of Turkey*, Yıl: 3, Sayı: 6, 19-35. DOI: 10.46236/jovosst.951953
- Chang, S. H., Chiu, A. A., Chu, C. L., Wang, T. S., & Hsieh, T. 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*, 7(1), 117-134. <http://dx.doi.org/10.5296/ajfa.v7i1.7033>
- 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*, 108, 1352-1364. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.08.039>
- Christ, K. L. & Burritt, R. L. (2015). Material flow cost accounting: a review and agenda for future research. *Journal of Cleaner Production*, 108, 1378-1389. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.09.005>
- Christ, K. L., & Burritt, R. L. (2016). ISO 14051: A new era for MFCA implementation and research. *Spanish Accounting Review*, 19(1), 1-9. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rcsar.2015.01.006>
- Christ, K. L. & Burritt, R. (2017). Material flow cost accounting for food waste in the restaurant industry. *British Food Journal*, 119(3), 600-612. DOI 10.1108/BFJ-07-2016-0318
- Dechampa, D., Homrossukon, S., Wongthatsanekorn, W. & Ekkachai, K. (2021) Applying Material Flow Cost Accounting and Two-Dimensional, Irregularly Shaped Cutting Stock Problems in the Lingerie Manufacturing Industry. *Applied Sciences*, 11(7), 1-18. <https://doi.org/10.3390/app11073142>
- Dekamin, M., & Barmaki, M. (2019). Implementation of material flow cost accounting (MFCA) in soybean production. *Journal of cleaner production*, 210, 459-465. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.057>
- Dekamin, M., Sadeghimofrad, T., & Ahmadloo, A. (2024). Energy, economic, and environmental (3E) assessment of the major greenhouse crops: MFCA-LCA approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 31(14), 21894-21912. <https://doi.org/10.1007/s11356-024-32576-8>

Dekamin, M., Nabavi-Pelesaraei, A. & Rezaei, H. (2025). Economic and environmental dynamics of tea production through material flow cost accounting (MFCA). *Cleaner Engineering and Technology*, 26, 100971. <https://doi.org/10.1016/j.clet.2025.100971>

Dierkes, S., & Siepelmeyer, D. (2025). Material flow cost accounting with multiple inefficiency factors and recycling. *Schmalenbach Journal of Business Research*, 77(1), 57-93. <https://doi.org/10.1007/s41471-024-00197-z>

Doorasamy, M., & Rhodes, B. (2017). Effectiveness of MFCA as a tool to improving sucrose quality in sugarcane production. *Environmental economics* 8(3), 102-110.

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, 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*, 255, 120202, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120202>

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: MB Fakoya, EO Imuezerua. *Environment, Development and Sustainability*, 23(2), 2243-2260. <https://doi.org/10.1007/s10668-020-00672-7>

Guenther, E., Rieckhof, R., Walz, M. & Schrack, D. (2017). Material flow cost accounting in the light of the traditional cost accounting. *uwf UmweltWirtschaftsForum*, 25(1), 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*, 12 (4), 695–718. 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 optimisation of wastewater treatment plant, *Chemical Engineering Transactions*, vol. 76, 529-534. <https://doi.org/10.3303/CET1976089>

Huang, S. Y., Chiu, A. A., Chao, P. C. & Wang, N. (2019). The application of material flow cost accounting in waste reduction. *Sustainability*, 11(5), 1-27, 1270. doi:10.3390/su11051270

International Organization for Standardization, (2011). Environmental management – material flow cost accounting, general framework. <https://www.iso.org/standard/50986.html>

International Organization for Standardization, (2021). Environmental management - material flow cost accounting - guidance for phased implementation in organizations. <https://www.iso.org/standard/73338.html>

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*, 134, 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

Kasemset, C., Sasiopars, S., & Suwiphat, S. (2013). The application of MFCA analysis in process improvement: A case study of plastics packaging factory in Thailand. In *Proceedings of the institute of industrial engineers Asian conference 2013* (353-361). DOI: 10.1007/978-981-4451-98-7_43

Kılıç, G., Akdoğan, N. (2023). Malzeme akış maliyet muhasebesi ve iş ve inşaat makineleri sektörü üzerine uygulama. *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 15 (3), 1944-1956. <https://doi.org/10.20491/isarder.2023.1690>

Kıllı, M., & Gülmez, C. (2020). Çevresel performansı iyileştirme ve maliyet tasarrufu sağlama aracı olarak malzeme akış maliyet muhasebesi: Bir üretim işletmesinde örnek uygulama. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 10(2), 71-90. DOI: 10.47147/ksuifb.782978

Kızıyalçın, D.A. (2021). Malzeme akış maliyet muhasebesi: Literatürden uygulama örnekleri, *International Journal of Disciplines Economics & Administrative Sciences Studies*, Vol: 7, Issue: 28, 207-225. <http://dx.doi.org/10.26728/ideas.398>

Kitada, H., Tennojiya, T., Kim, J., & Higashida, A. (2022). Management practice of material flow cost accounting and its discontinuance. *Cleaner Environmental Systems*, 6, 100089, 1-9.

<https://doi.org/10.1016/j.cesys.2022.100089>

Kluczek, A. (2019). Assessment of manufacturing processes eco-efficiency based on MFA-LCA-MFCA methods. *Environmental Engineering & Management Journal (EEMJ)*, 18(2), 465-477

Kokubu, K. & Kitada, H. (2015). Material flow cost accounting and existing management perspectives. *Journal of Cleaner Production*, 108, 1279-1288. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.08.037>

Kokubu, K., Kitada, H., Nishitani, K. & Shinohara, A. (2023). How material flow cost accounting contributes to the SDGs through improving management decision-making. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 25(5), 2783-2793. <https://doi.org/10.1007/s10163-023-01696-7>

Leiva, H., Julian, I., Ventura, L., Wallin, E., Vendt, M., Fornell, R., ... & Gomez-Perez, M. (2025). Advancing Sustainability Through Industrial Symbiosis: A Technoeconomic Approach Using Material Flow Cost Accounting and Cost-Benefit Analysis. *Sustainability*, 17(6), 1-30, 2730. <https://doi.org/10.3390/su17062730>

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*, 165, 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, 1-17. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118946>

Mohsin, M. A., & Mohammed, H. H. (2025). Importance of implementing material flow cost accounting technique (MFCA) and its role to enhance environmental sustainability in industrial companies: An analytical study on a set of refining companies/Erbil. *Journal of Accounting and Financial Studies (JAFS)*, 20(71), 491-504.

Nakkiew, W., & Poolperm, P. (2016). Application of material flow cost accounting (MFCA) and quality control tools in wooden toys product. In *Proceeding of the 2016 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management* (801-812).

Nishitani, K., Kokubu, K., Wu, Q., Kitada, H., Guenther, E. & Guenther, T. (2022). Material flow cost accounting (MFCA) for the circular economy: An empirical study of the triadic relationship between MFCA, environmental performance, and the economic performance of Japanese companies. *Journal of Environmental Management*, 303, 1-15. 114219. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.114219>

OECD (2018). Global material resources outlook to 2060 economic drivers and environmental consequences. <https://web-archiv.e.oecd.org/2018-10-23/496914-raw-materials-use-to-double-by-2060-with-severe-environmental-consequences.htm>

Ok, Ş. (2024). Malzeme akış maliyet muhasebesi: Bir üretim işletmesi uygulaması. *Uluslararası Finansal Ekonomi ve Bankacılık Uygulamaları Dergisi*, 5(2), 253-276. DOI: 10.57085/ufebud.1605033

Özçelik, F. (2017). Çevre yönetim muhasebesi uygulamaları için yeni bir yaklaşım malzeme akış maliyet muhasebesi. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 13(4), 927-948. <http://dx.doi.org/10.17130/ijmeb.2017433416>

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(5), 324-336. <http://dx.doi.org/10.4236/ojfor.2016.65026>

Qu, L., Wang, Z., Sun, C. & Yin, L. (2022). Application of ABB in environmental management accounting: Incorporating MFCA into the budget process. *Frontiers in Environmental Science*, 10, 1-19. 963903. <http://doi.org/10.3389/fenvs.2022.963903>

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*, 108, 1262-1278. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.10.040>

Sahu, A. K., Padhy, R. K., Das, D. & Gautam, A. (2021). Improving financial and environmental performance through MFCA: A SME case study. *Journal of cleaner production*, 279. <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*, 108, 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*, 108, 1320-1332. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.10.039>
- Sodkomkham, T., Ratanatamskul, C., & Chandrachai, A. (2024). A novel integrated material flow cost accounting (MFCA)-IoT-lean management system approach to improving water use efficiency and reducing costs in the beverage industry. *Cleaner Environmental Systems*, 15, 1-12, 100232. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cesys.2024.100232>.
- Süklüm, N. (2019). Bir çevre yönetim muhasebesi aracı: Malzeme akış maliyet muhasebesi. *International Journal of Disciplines in Economics & Administrative Sciences Studies*, 5(10), 27-39. <http://dx.doi.org/10.26728/ideas.141>.
- Syarif, A. M. & Novita, N. (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*, 17(2), 143-167. <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*, 7(sup2), 44-51.
- Tran, T. T., Burritt, R. L., Herzig, C., & Christ, K. L. (2025). Material flow cost accounting in Vietnam: A multi-level exploration. *Accounting, Auditing & Accountability Journal*, 38(1), 286-320. DOI 10.1108/AAAJ-03-2022-5713
- Uşul, H. & Olgun, E. B. (2025). An analysis of material flow cost accounting in companies using different cost accounting systems. *Heliyon*, 11(4). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2025.e42555>
- 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), 1-16. <https://doi:10.3390/su9060907>
- Wohlgemuth, V., & Lütje, A. (2018). Using the method of material flow cost accounting (MFCA) to quantify industrial organic waste streams for energetic utilization. In *International Workshop “Ecological sustainable waste management—energetic utilization of organic waste (Biowaste4E)”*.
- Yereli, A. N. & Yakın, V. (2009). Çevresel yönetim muhasebesi aracı olarak malzeme akış maliyet muhasebesi yöntemi. *Muhasebe ve Denetime Bakış* (27), 69-90.
- Zeng, H., Zhou, Z. & Xiao, X. (2021). MFCA extension from a life cycle perspective: methodical refinements and use case. *Resources Policy*, 74, 1-10. <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, 110-125. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.02.049>