

## BİR KİMYA FİRMASINDA HAMMADDE DEPOSUNUN ETKİN YERLEŞİMİ İÇİN BİR MODEL ÖNERİSİ

**Murat ÇOLAK** (*colak.murat@kocaeli.edu.tr*)

*Kocaeli Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye*

**Gülşen AYDIN KESKİN** (*gaydin@kocaeli.edu.tr*)

*Kocaeli Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye*

**Gülşah GÜNEL** (*gulsahgunel@gmail.com*)

*Kocaeli Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye*

**Duygu AKKAYA** (*duygu\_akkaya@hotmail.com*)

*Kocaeli Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Kocaeli, Türkiye*

### ÖZET

Depolama genel olarak işletmelere giriş yapan hammaddelerin ve ürünlerin saklanması ifade etmektedir. Fakat tedarik zinciri yönetimi kavramının gelişmesi ile birlikte depolama da farklı bir boyut kazanmıştır. Günümüzde depoların etkin yerleşiminin gerçekleştirilmesi ve depo içi faaliyetlerin verimli hale getirilmesi işletmeler için büyük önem taşımaktadır. Etkin olmayan depo yerleşimi işletmelerde maddi açıdan ve zaman bakımından kayıplara neden olmaktadır. Rekabet avantajı sağlamak isteyen işletmelerin depolama faaliyetlerine verdiği önem giderek artmaktadır. İşletmeler depo organizasyonunda yapacakları iyileştirmeler ile maliyetlerini azaltarak, karlarını maksimum yapmayı hedeflemektedirler. İki aşamadan oluşan bu çalışmada, bir kimya firmasında kimyasal hammadde deposunun yerleşiminin iyileştirilmesi amaçlanmıştır. İlk aşamada, çok kriterli ABC analizi yardımıyla en çok hareket eden hammaddeler belirlenmiştir. İkinci aşamada, bir matematiksel model geliştirilerek hammaddelerin ABC analizi sonuçlarına göre taşımaları en aza indirecek şekilde yerleştirilmesi sağlanmıştır. Çalışmanın sonucunda yeni bir yerleşim düzeni önerilmiş ve bu yerleşim düzeni ile gerçekleşen iyileşme ortaya konmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** *Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), Çok Kriterli ABC Analizi, Depo İçi Yerleşim, Tam sayılı Programlama.*

## A MODEL FOR EFFICIENT LAYOUT OF A RAW MATERIAL WAREHOUSE IN A CHEMICAL COMPANY

**Murat ÇOLAK** (*colak.murat@kocaeli.edu.tr*)

*Kocaeli University, Department of Industrial Engineering, Kocaeli, Türkiye*

**Gülşen AYDIN KESKİN** (*gaydin@kocaeli.edu.tr*)

*Kocaeli University, Department of Industrial Engineering, Kocaeli, Türkiye*

**Gülşah GÜNEL** (*gulsahgunel@gmail.com*)

*Kocaeli University, Department of Industrial Engineering, Kocaeli, Türkiye*

**Duygu AKKAYA** (*duygu\_akkaya@hotmail.com*)

*Kocaeli University, Department of Industrial Engineering, Kocaeli, Türkiye*

### ABSTRACT

Warehousing is generally defined as the storage of raw materials and products enterprises have. Warehousing gains importance with the development of supply chain management concept. Nowadays, it is very important for enterprises to have efficient layout of the warehouses and to fulfill warehouse activities productively. Inefficient warehouse layout results in losses in terms of time and revenue. Enterprises that would like to gain competitive advantage give priority to their warehouse operations. They aim to reduce their costs and increase the profits by improving the warehouse organization. This study aims to improve the layout of a chemical raw material warehouse in a chemical company. The studied method includes two-stages. In the first stage, raw materials are classified according to their activities by using multi criteria ABC analysis. In the second stage by considering the results of ABC analysis, a mathematical model is developed for minimization of the total handling. At the end of this study, a new layout is proposed for the warehouse and improvements in the handling operation are presented.

**Keywords:** *Analytic Hierarchy Process (AHP), Multi criteria ABC analysis, Warehouse layout, Integer programming.*

## **1. GİRİŞ**

Sanayinin gelişimi sürecinde görece kaliteli ve düşük maliyetli üretim yapmak amacıyla sürekli yeni yöntemlerin geliştirildiği ve iyileştirmelerin uygulandığı görülmektedir. Günümüzde üretim aşamasında yapılan iyileştirmelerin sürecin her aşamasına taşınması bir zorunluluk haline gelmiştir. Bu iyileştirme çalışmalarının üretim sürecinin bir parçası olan ve işletmeler açısından büyük önem taşıyan depolama faaliyetleri üzerinde de yapılması hedeflenmektedir. Talebe hızlı yanıt verme ve tam zamanında üretim gibi kavramlar depolamayı ortadan kaldırmayı hedeflese de bunu gerçekleştirmek çok kolay görünmemektedir. Depolamayı ortadan kaldırmak ancak gelen hammaddeyi hemen işlemek ve son ürünü hemen teslim etmekle mümkün olacaktır. Ancak üretim sürecindeki değişkenlikler ve müşteri taleplerindeki dalgalanmalar işletmeleri stok için üretim yapmak zorunda bırakmaktadır.

Stoksuz üretimin imkânsıza yakın olduğu düşünüldüğünde en uygun stok miktarının belirlenmesi işletmeler için titizlikle üzerinde durulması gereken bir konu haline gelmiştir. Az miktarda stok tutmak talebi karşılamada güçlük yaratırken, çok miktarda stok tutmak ise hem depolama maliyetlerini arttırmakta hem de malzemenin bozulması, zamanının geçmesi gibi problemleri ortaya çıkarmaktadır. Bunun bir sonucu olarak depo yerleşimi ve depo içi faaliyetlerin iyileştirilmesi bilimsel yaklaşılması gereken bir konu haline gelmiştir. Depo içi faaliyetlerin iyileştirilmesi denince akla genellikle ürün hareketlerinin minimize edilmesi gelmektedir. Böylece, taşımalar ve zamandan tasarruf sağlayarak depolama maliyetlerinin azaltılması istenmektedir. Bu hedefi gerçekleştirmek için depo içi yerleşimin etkin bir şekilde yapılması gerekmektedir.

Bu çalışmada bir kimya firmasında kimyasal hammadde deposunun etkin yerleşimini sağlamak için çok kriterli ABC analizi yöntemi ve

tamsayı programlama kullanılmıştır. ABC analizi sonuçlarına göre matematiksel model yardımıyla en çok hareket eden hammaddelerin taşıma maliyetlerini minimize edecek şekilde yerleştirilmesi hedeflenmiştir. Mevcut yerleşim düzeni ile yeni yerleşim düzeni karşılaştırılarak elde edilen iyileştirme ortaya konmuştur.

Çalışma 5 bölümden meydana gelmektedir. Birinci bölüm olan giriş bölümünde depolama faaliyetleri ve çalışmanın amacından bahsedilmiştir. İkinci bölümde literatürde bu konuda yapılmış olan çalışmalar kısaca özetlenmiştir. Üçüncü bölümde çok kriterli ABC analizi ve Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemleri anlatılmıştır. Dördüncü bölümde ise bir kimya firmasında gerçekleştirilen uygulama sunulmuştur. Beşinci bölümde sonuçlardan bahsedilerek çalışmaya son verilmiştir.

## **2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI**

Otomotiv, tekstil, ilaç, gıda, kırtasiye gibi farklı sektörlerde ve farklı uygulama alanlarında depo yerleşimi ile ilgili yapılmış pek çok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalardan bazıları aşağıda özetlenmeye çalışılmıştır.

Ashayeri ve Gelders (1985), depo tasarımı problemleri için analitik ve simülasyon olmak üzere iki farklı yaklaşımı karşılaştırarak; ne sadece analitik yöntemin ne de simülasyonun tek başına pratik tasarım yapmaya elverişli olduğusonucuna varmışlardır. Salvendy (2000), depo tasarımı konularını; operasyonel planlama, depo alanının plânlanması, depolama yerleşimlerine ürünlerin atanması, toplama ve stok alanlarının tahsis edilmesi, bölgelere ayırma, akış kontrolü, bina, mal kabul operasyonları, depolama ve stok kontrol, sipariş işleme, sipariş toplama vb. olarak incelemiştir. Rouwenhorst vd. (2000), depo tasarımı ve kontrol problemlerinin sınıflandırılması konusunda bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Lai vd. (2002), farklı türlerdeki kâğıt bobinlerinin depodaki yerleşimi

üzerinde bir matematiksel model ve tavlama benzetimi algoritmasını kullanarak çalışmışlardır. Liu (2004), ürünlerin depo içi yerleşiminde toplama mesafesini en aza indirecek olan stok yerleşimini bulmak için bir model geliştirmiştir. Model, benzerlik oranları yüksek olan ürün gruplarını birbirlerine yakın, devir hızı yüksek olan ürün gruplarını ise sevkiyat alanına yakın olacak bir şekilde yerleştirmeyi amaçlamaktadır. Heragu vd. (2005), bir depo yöneticisine depodaki fonksiyonel alanlara ürünlerin atanmasını gerçekleştirecek bir matematiksel ve sezgisel yöntem önermişlerdir. Connolly (2008), depo stok kontrolünde kullanılan farklı teknolojileri ifade etmiştir. Önüt vd. (2008), siparişlerin toplanması ve yerleştirilmesi gibi kısıtlar altında depo yerleşim planının optimizasyonu için bir algoritma önermişlerdir. Matic vd. (2012), değişken komşuluk arama yöntemi algoritması ile çoklu seviye depo düzeni problemine çözüm getirmişlerdir. Accorsi vd. (2014), depolama sistemlerinin tasarımı, yönetimi ve kontrolü için bir karar destek sistemi (KDS) önermişlerdir. Önerilen KDS, stratejik depo tasarımı ve operasyon yönetimini bir arada içermektedir. Cardona vd. (2015), balık kılıçığı yerleşiminin üç boyutlu detaylı depo tasarımı oluşturmak için bir yöntem önermişlerdir. Pan vd. (2015), depo içi yerleşim problemine genetik algoritma tabanlı bir çözüm önerisi sunmuşlardır.

Topluca özetlemek gerekirse, yapılan çalışmaların pek çoğunda analitik yöntemlerle uygun yerleşim düzeni belirlenmeye çalışıldığı görülmüştür. Gerçekleştirilen çalışma, bu alanda yapılmış olan diğer çalışmalardan farklı olarak iki yöntemin bütünleşik kullanımına dayanmaktadır. Çalışma iki aşama olarak kurgulanmıştır. İlk aşamada, çok kriterli ABC analizi yöntemi ile hammaddeler sınıflandırılmıştır. Bu aşamada hammaddelerin yerleştirilmesinde etkili olan kriterleri ağırlıklandırmak için Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemi kullanılmıştır. İkinci aşamada ise, depodaki hammaddeler çok kriterli ABC analizinden elde edilen sonuçlara göre taşımalar en aza indirilecek biçimde

matematiksel bir model yardımıyla yerleştirilmişlerdir. Bu şekilde en çok hareket eden A grubu hammaddelerin kapıya daha yakın ve en az hareket eden C grubu hammaddelerin kapıya daha uzak yerleştirilmesi, böylelikle de taşıma maliyetlerinin ve zaman kaybının azaltılması sağlanmıştır.

### **3. METODOLOJİ**

İki aşamadan oluşan çalışmanın ilk kısmında, çok kriterli ABC analizi yöntemi ile hammaddeler sınıflandırılmıştır. Bu aşamada hammaddelerin yerleştirilmesinde etkili olan kriterler Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemi kullanılarak ağırlıklandırılmıştır. İkinci aşamada ise, depodaki hammaddeler çok kriterli ABC analizinden elde edilen sonuçlara göre taşımaları en aza indirecek şekilde matematiksel bir model yardımıyla yerleştirilmişlerdir.

#### **3.1 Analitik Hiyerarşi Prosesi**

Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemi Thomas L. Saaty tarafından geliştirilmiş çok kriterli karar verme yöntemlerinden biridir. AHP, karar alma sürecinde öncelikleri dikkate alan nicel veya nitel özellikteki değişkenleri aynı anda değerlendirebilen matematiksel bir yöntemdir (Dağdeviren vd., 2004). Yöntemin adımları aşağıda verildiği gibidir (Nawneet ve Kanwal, 2004):

**Adım 1:** Karar problemi amaç, ana kriterler, alt kriterler ve alternatiflerden oluşan hiyerarşik yapı şeklinde ifade edilir.

**Adım 2:** Uzmanlardan veya karar vericilerden hiyerarşik yapıya uygun olarak veri toplanır ve 1-9 ölçeği kullanılarak ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulur. İkili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması için kullanılan ölçek Tablo 1’de verilmiştir:

**Tablo 1.** Dilsel İfadeler ve Sayısal Değerleri

Dilsel İfade	Sayısal Değer
Eşit	1
Az Önemli	3
Önemli	5
Çok Önemli	7
Kesin Önemli	9
Ara Değerler	2, 4, 6, 8

**Adım 3:** İkili karşılaştırma matrisleri kullanılarak ana kriterler ve bunlara ait alt kriterlerin ağırlıkları hesaplanır.

**Adım 4:** Matrislerin tutarlılığı kontrol edilir ve tutarlılık değeri belirli bir değerin altında kalırsa matrislerin yeniden düzenlenmesi istenir. Tutarlılık oranı Eşitlik (1) ve Eşitlik (2) yardımıyla hesaplanmaktadır:

$$CI = (\lambda_{\max} - n) / (n-1) \quad (1)$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (2)$$

Burada, CI; tutarlılık göstergesini, CR; tutarlılık oranını,  $\lambda_{\max}$ ; karar matrisinin maximum öz değerini, n; kriter sayısını ifade etmektedir. RI, kriter sayısına bağlı olarak kullanılan rassallık indeksidir. AHP yönteminde tutarlılık oranının 0,1 değerinden küçük olması karar vericinin yaptığı karşılaştırmaların tutarlı olduğunu gösterir. CR değerinin 0.10' dan büyük olması ya AHP' deki bir hesaplama hatasını ya da karar vericinin karşılaştırmalarındaki tutarsızlığını gösterir.

**Adım 5:** Son adım olan bu adımda alternatiflere ilişkin ağırlık değerleri hesaplanır.

### **3.2 Çok Kriterli ABC Analizi**

Günümüzde işletmeler gelişen teknoloji ve artan rekabet anlayışı ile birlikte değişim sürecine girmişlerdir. Rekabet avantajı sağlamak ve pazardaki konumunu korumak için üretim faaliyetlerinin yanında stok yönetimi gibi konuların da işletmeler için stratejik önemi giderek artmaktadır. Stok yönetimi uygulamaları, işletmelerin özellikle üretim maliyetlerinin azaltılması için büyük önem taşımaktadır. Ayrıca, mümkün olan en az stokla çalışmak işletmelere finansal olarak bir rahatlama sağlamaktadır (Ertuğrul ve Tanrıverdi, 2013). Stok kalemlerinin sınıflandırılmasında bir araç olarak kullanılan ABC analizinin çıkış noktası az sayıda envanter kaleminin tüm envanterin büyük bir kısmını oluşturması düşüncesidir. Bu değerlendirme ilk kez İtalyan ekonomist Pareto tarafından yapılmış ve Pareto kuralları olarak literatüre geçmiştir (Özdemir ve Özveri, 2004). ABC analizi, ortaya çıktığı günden bugüne kadar farklı alanlarda değişik amaçlarla kullanılmıştır. Fakat işletmelerin depolama maliyetlerini en aza indirmek istemeleri nedeniyle stok yönetiminde kullanımı daha fazla görülmektedir. Bunun bir sonucu olarak ABC analizi denilince ilk akla gelen stok yönetimindeki kullanımı olmaktadır (Yüzügüllü ve Ürencik, 1992). Stok yönetiminde kullanılan ABC analizinde amaç stokta bulunan ürünleri yıllık tüketim değerlerine göre sınıflandırarak yönetimlerini kolaylaştırmaktır. ABC analizinin uygulamasında düşük değerli kalemlerden bol miktarda bulundurmak ve yüksek değerli kalemlerin miktarını düşük tutup kontrolünü sıklaştırmak üzere iki kural göz önünde bulundurulmaktadır (Güneçikan, 2008). ABC analizinde yapılan sınıflandırmada stokta bulunan farklı mallar A, B ve C olmak üzere 3 gruba ayrılmaktadır. A grubu mallar toplam miktarın %20'sini oluştururken, satış değerleri toplamın %80'ine eşittir. B grubu mallar incelendiğinde toplam miktarın %20-%30'una, toplam değerinde %15-%20'lik payına denk oldukları görülmektedir. C grubu mallar ise miktar olarak toplamın %50-%60'ını ifade



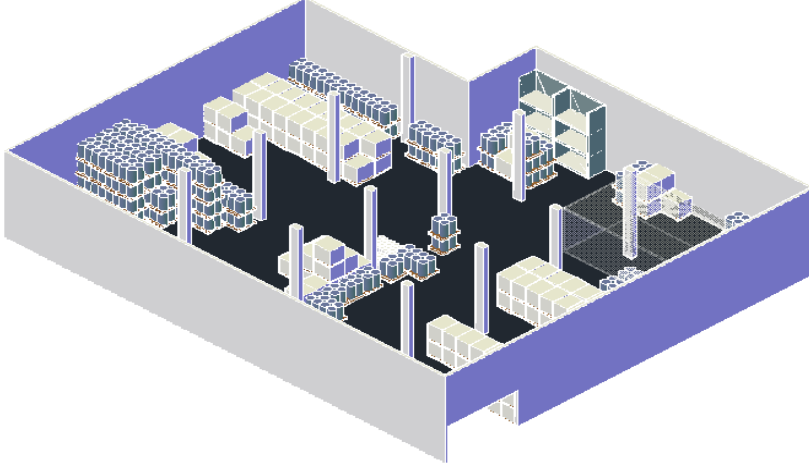
ederken satış değeri olarak %5-%10 gibi küçük bir değere sahiptirler (Kılıç vd., 2014).

Yukarıda yazılanlara ilave olarak, ABC analizinde sadece bir kriter için değerlendirme yapılmaktadır. Genellikle bu kriter yıllık maliyet veya ortalama birim maliyet olmaktadır. Fakat bu kriterlerin dışında çeşitli durumları belirten önemli kriterler vardır. Farklı kriterlerin dikkate alınamaması ve yalnızca bir kriter üzerinden değerlendirme yapılması klasik ABC analizinin dezavantajı olarak görülmektedir (Jumabaeva, 2011). Diğer taraftan birden fazla kriter açısından değerlendirme yapılarak gerçekleştirilen ABC analizine çok kriterli ABC analizi adı verilmektedir. Çok kriterli ABC analizinde kullanım değeri, kullanım miktarı, kullanım ömrü, tedarik süresi, birim fiyat, kritik olma durumu ve ikame edilebilirlik gibi birçok farklı kriter aynı anda değerlendirmeye katılabilmektedir (Kılıç vd., 2014).

#### **4. UYGULAMA**

Bu çalışmada gerçekleştirilen uygulama Kocaeli ilinde faaliyet gösteren bir kimya işletmesinde yapılmıştır. İşletme, keçe ve fitil üretmektedir. İşletme bünyesinde sarf malzeme deposu, ambalaj malzemeleri deposu, yanıcı kimyasal hammadde deposu ve kimyasal hammadde deposu olmak üzere 4 farklı depo bulunmaktadır. Bu çalışma kapsamında kimyasal hammadde deposunun yerleşimi analiz edilerek iyileştirme önerileri geliştirilmiştir. Kimyasal hammadde deposu bağlayıcı özellikte olan malzemeleri içerdiği ve bu malzemelerin özel soğutma koşullarında saklanması gerektiğinden depo bu koşullara uygun olarak tasarlanmıştır. Depoya malzeme giriş ve çıkışı tek kapıdan yapılmakta olup bu işlem için 1 hidrolik rampa kullanılmaktadır. Yapılan mevcut durum analizinde depoda hammaddelerin belirli bir düzen olmadan rastgele yerleştirildiği tespit edilmiştir. Hammaddelerin sabit yerlere atanmaması nedeniyle istenildiği anda bulunmalarının zorlaştığı belirlenmiştir. Ayrıca depoda raf

sisteminin kullanılmaması istiflemeyi zorlaştırırken hacimsel kullanım verimliliğini de düşürmektedir. Mevcut depo yerleşimine ilişkin AUTOCAD paket programında çizilmiş üç boyutlu görünüm Şekil 1’de verilmiştir. Şekil 1 de gri ile ifade edilen kısımlar ibc tanklarını, mavi ile belirtilenler ise varilleri göstermektedir.



**Şekil 1.** Mevcut depo yerleşimine ilişkin üç boyutlu gösterim

İşletme çok çeşitli ürünler imal etmektedir. Bu ürünlerin her birinin üretilmesi için 47 çeşit hammadde kullanılmaktadır. Çalışmanın yapıldığı esnada depoda hali hazırda 22 çeşit kimyasal hammadde bulunmaktadır. Depoda bulunan bu 22 çeşit hammaddenin birim sipariş miktarları, ele alınan dönemdeki stok devir hızları (depoya girişi yapılan hammadde miktarı/depodan çıkışı yapılan hammadde miktarı), hammaddelerin alan-hacim bilgileri ve hammaddelerin kapıya uzaklıkları Tablo 2’de verilmiştir. Bu çalışma kapsamın da hammaddelerin stok devir hızları ile taşıma mesafelerinin çarpılmasıyla elde edilen değerler minimum yapılarak daha etkin bir depo yerleşimi sağlamak amaçlanmıştır.

**Tablo 2.** Mevcut yerleşimde hammaddelere ilişkin veriler

Hammadde No	Birim Miktarı (kg)	Stok Devir Hızı	Alan (m <sup>2</sup> )	Hacim (m <sup>3</sup> )	Taşıma Mesafesi (m)	Taşıma Mesafesi *Stok Devir Hızı (m)
1	20000	1,119	12	13,2	44,717	50,045
2	20000	0,982	28,8	31,68	33,400	32,786
3	20000	1,097	14,4	15,84	71,733	78,701
4	20000	1,055	14,4	15,84	61,733	65,122
5	20000	1,115	15,6	17,16	67,066	74,751
6	8000	1,144	18	19,80	94,500	108,134
7	20000	1,046	9,6	10,56	18,850	19,717
10	200	20,286	3,6	3,96	34,400	697,829
12	4000	1,051	2,4	2,64	23,350	24,544
14	1800	0,923	2,4	2,64	39,800	36,739
15	6000	1,069	4,8	5,28	23,650	18,460
16	6000	1,044	3,6	3,96	24,850	25,937
17	5000	0,735	2,4	2,64	83,550	61,434
19	20000	1,123	13,2	14,52	68,400	76,837
26	50	13,125	1,2	1,32	32,500	426,563
28	1000	0,781	4,8	5,28	23,650	18,460
34	50	12,667	1,2	1,32	31,500	399,000
35	5000	0,976	2,4	2,64	42,100	41,073
38	2000	1,120	4,8	5,28	46,150	51,688
39	2000	0,873	2,4	2,64	31,600	27,579
42	1000	1,196	1,2	1,32	39,900	47,724
44	200	5,867	1,2	1,32	23,200	136,107
<b>Toplam</b>			<b>164,4</b>	<b>180,84</b>	<b>960,599</b>	<b>2519,230</b>

Depo içi yerleşimin yeniden düzenlenmesinde birden fazla kriter önem taşıdığı için çok kriterli ABC analizinden yararlanılmıştır. Hammadde yerleşiminde etkili olan kriterler uzmanlarla belirlenmiştir. Dönemsel kullanım miktarı (DKM), birim fiyat (BF), temin süresi (TS) ve kullanım ömrü (KÖ) olmak üzere 4 kriter açısından değerlendirme yapılmıştır. AHP yöntemi kullanılarak bu kriterlerin ağırlıkları hesaplanmıştır. AHP yöntemi sonucunda kriterlerin ağırlıkları kullanım ömrü (0,12), dönemsel kullanım miktarı (0,61), birim fiyat (0,06) ve temin süresi (0,21) olarak elde edilmiştir. Bu sonuçlara göre hammadde yerleşiminde

en önemli kriterin dönemsel kullanım miktarı olduğu görülmüştür. Bu kriteri sırasıyla temin süresi, kullanım ömrü ve birim fiyat kriterleri takip etmektedir. Çalışmanın yapıldığı esnada depoda hali hazırda 22 çeşit kimyasal hammadde bulunmasına rağmen, depo yerleşimi işletmede üretim amacıyla kullanılan 47 çeşit hammadde için gerçekleştirilmiştir.

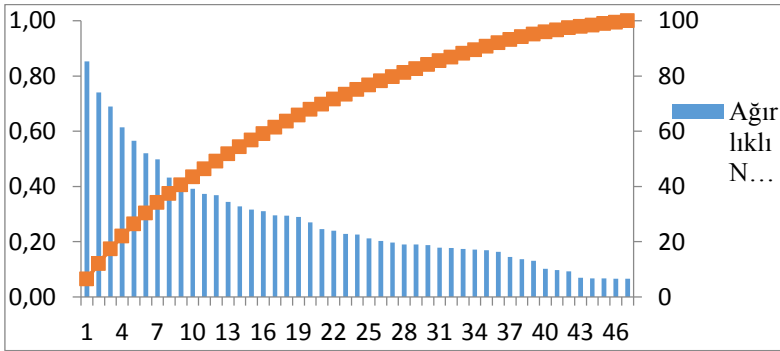
**Tablo 3.** Çok Kriterli ABC Analizi Sonuçları

Ham madde No	Normalize Birim Fiyat (TL)	Normalize Dönemsel Kullanım Miktarı (kg)	Normalize Kullanım Ömrü (ay)	Normalize Temin Süresi (gün)	Ağırlıklı Normalize Değerler	Ağırlıklı Normalize Yüzde Değerler	Kümülatif Toplam	Yüzde Değerler	Sınıf
1	0,240	1,000	0,50	0,800	0,85	0,065	0,065	7	A
2	0,284	0,851	1,00	0,400	0,74	0,057	0,122	12	A
3	0,154	0,893	0,25	0,500	0,69	0,053	0,174	17	A
4	0,153	0,770	0,25	0,500	0,61	0,047	0,221	22	B
5	0,242	0,598	0,50	0,600	0,57	0,043	0,265	26	B
6	0,286	0,501	0,25	0,800	0,52	0,040	0,304	30	B
7	0,171	0,613	0,25	0,400	0,50	0,038	0,342	34	B
8	0,276	0,444	0,50	0,400	0,43	0,033	0,375	38	B
9	0,268	0,354	0,50	0,500	0,40	0,030	0,406	41	B
10	0,243	0,245	0,50	0,800	0,39	0,030	0,436	44	B
11	0,260	0,212	0,50	0,800	0,37	0,029	0,464	46	B
12	0,231	0,310	0,50	0,500	0,37	0,028	0,492	49	B
13	0,226	0,149	0,25	1,000	0,34	0,026	0,519	52	C
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
44	0,000	0,001	0,50	0,029	0,07	0,005	0,985	98	C
45	0,001	0,001	0,50	0,029	0,07	0,005	0,990	99	C
46	0,000	0,001	0,50	0,029	0,07	0,005	0,995	99	C
47	0,000	0,000	0,50	0,029	0,07	0,005	1,000	100	C

Çok kriterli ABC analizi kapsamında söz konusu 47 çeşit hammadde her bir kritere göre normalize edilmiştir. Elde edilen bu normalize değerler AHP yönteminden elde edilen kriter ağırlıkları ile çarpılarak ağırlıklandırılmış normalize değerler bulunmuştur.

Bu değerler üzerinden ABC analizi yapılarak kriter ağırlıklarının değerlendirmeye katılması sağlanmıştır. 47 çeşit hammaddeye ilişkin normalize ve ağırlıklı normalize değerler ile hammadde sınıfları Tablo 3’te sunulmuştur.

Yapılan çok kriterli ABC analizi sonuçlarına göre 47 kalem hammaddenin % 17’sinin A sınıfına, % 32’sinin B sınıfına ve %51’lik bölümünün de C sınıfına ait olduğu tespit edilmiştir. Bu verilere ilişkin grafik Şekil 2’de verilmiştir:



**Şekil 2.** Hammaddelere ilişkin Pareto grafiği

Çalışmanın devamında depodaki hammaddelerin çok kriterli ABC analizi sonuçlarına göre taşımaları minimize edecek şekilde yerleştirilmesi amacıyla matematiksel bir model geliştirilmiştir. Bu model yardımıyla en çok hareket eden A grubu hammaddelerin kapiya daha yakın yerleştirilmesi ve en az hareket eden C grubu hammaddelerin kapiya daha uzak yerleştirilmesi ve böylece taşıma maliyetlerinden ve zamandan tasarruf edilmesi hedeflenmiştir. Depo alanı eşit büyüklükteki 135 alana bölünmüş ve modele uygulanmıştır. Daha sonra geliştirilen bu model Lingo 15.0 kullanılarak çözülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre hammaddelerin ilgili alanlara ataması yapılmıştır.

#### Matematiksel modelin varsayımları:

- Mevcut şartlar gereği depo hacmi sabittir ve değiştirilemez.

- 47 hammadde özelliklerine göre gruplandırılmış ve her grubun ebatları ortalama bir değer olarak kabul edilmiştir.
- Depo alanı eşit büyüklükteki istif alanlarına bölünmüş ve hammaddeler bu alanlara yerleştirilmiştir. Taşıma mesafeleri hesaplanırken her bir alanın orta noktası ile kapı arasındaki uzaklık esas alınmıştır.
- Sipariş toplama ve hammadde yerleştirmede oluşabilecek karışıklıkları önlemek için her bir alana bir çeşit hammadde yerleştirileceği kabul edilmiştir.
- Depo içi taşımaların yalnız giriş kapısından stok alanlarına ve stok alanlarından giriş kapısına yapıldığı ve hammaddelerin yerlerinin değiştirilmediği varsayılmıştır.

Matematiksel Model:

*i*: Hammaddeler

*j*: Hammaddelerin atanacağı alan numaraları

*t*: Hangi numaralı alandan itibaren atama yapılacağını belirten indis

$$X_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{i. hammadde j. alana atanırsa} \\ 0 & \text{Aksi takdirde} \end{cases}$$

*k<sub>i</sub>*: *i*. hammaddenin ABC analizine göre önem katsayısı

*d<sub>j</sub>*: *j*. alanın kapıya olan uzaklığı

*b<sub>i</sub>*: *i*. hammaddenin atanabileceği toplam alan sayısı

*Y<sub>t</sub>*: alan atamalarına ilişkin karar değişkeni

$$\sum_{i=1}^{47} \sum_{j=1}^{135} k_i * d_j * X_{ij} \quad (3)$$

$$\sum_{i=1}^{47} X_{ij} = 1 \quad j = 1, \dots, 135 \quad (4)$$

$$\sum_{j=1}^{135} X_{ij} = b_i \quad i = 1, \dots, 47 \quad (5)$$

$$\sum_{j=t}^{t+b_i-1} X_{ij} - b_i * Y_t \geq 0 \quad i = 1, \dots, 47 \quad t = 1, \dots, 135 - b_i + 1 \quad (6)$$

Amaç fonksiyonu olan (3) numaralı denklem, hammaddelerin ABC analizinden elde edilen sınıflandırma verilerini dikkate alarak depo içi taşımaları minimize etmektedir. Bunu çok hareket gören hammaddeleri kapıya yakın yerleştirerek gerçekleştirilmektedir. Birinci kısıt olan (4) numaralı eşitlik ile her alana yalnızca bir hammaddenin atanması sağlanmaktadır. İkinci kısıt olan (5) numaralı eşitlik her bir hammaddenin atanabileceği toplam alan sayısı ile ilgilidir. Her bir hammadde için depoda ne kadar alan ayrılacağıın hesaplanması için baz alınan yıllar içerisinde hammadde çıkış miktarları birim sipariş miktarlarına bölünerek hammadde adetleri bulunmuş ve daha sonra hammadde taban alanları ile çarpılmıştır. Elde edilen sonuçlar toplam kullanım miktarı\*taban alanı değerine bölünerek her bir hammaddenin tüm hammadde türleri içerisindeki yüzdeleri bulunmuştur. Hammaddelerin depoda kapladığı alanın belirlenmesi için bulunmuş olan yüzde değerler toplam alan sayısı (135) ile çarpılmış ve her bir hammadde için gerekli alan sayısı elde edilmiştir. Son olarak (6) numaralı eşitsizlik ile aynı hammaddelerin yan yana atanmasını sağlayan üçüncü kısıt ifade edilmiştir. Bu kısıtta her bir hammaddenin atanabileceği bütün olası

durumlar modellenmiş  $Y_t$  karar değişkeni ile de bu hammaddelerin her birinin atanacağı alanlar seçilmiştir.

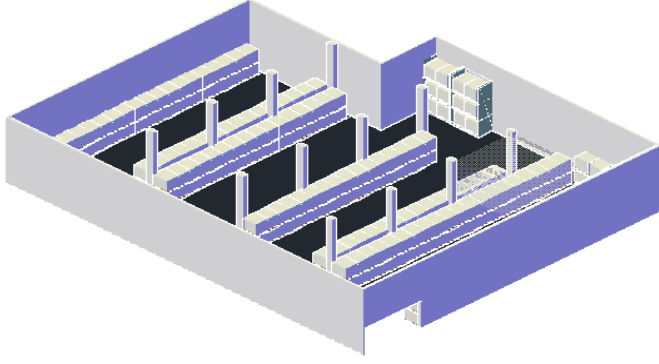
Hammaddelerin konumlandırılması gereken alan sayılarına bağlı olarak atandıkları alanlar Tablo 4’te verilmiştir:

**Tablo 4.** Hammaddelerin yerleştirildiği alanlar

H. madde No	Alan No	Alan Sayısı	H. madde No	Alan No	Alan Sayısı
1	1,2,3,4,5	5	26	121	1
2	25,26,27,28	4	27	118	1
3	29,30,31,32	4	28	76	1
4	6,7,8	3	29	117	1
5	9,10,11	3	30	102,103,104,105,106,107	6
6	12	1	31	119	1
7	33,34,35,36,37,38	6	32	122,123,124,125,126,127	6
8	61,62,63,64,65,66,67	7	33	120	1
9	13,14,15	3	34	77	1
10	46,47	2	35	78,79,80	3
11	83	1	36	99	1
12	39,40,41,42,43	5	37	81,82	2
13	16,17,18	3	38	128,129,130	3
14	21,22,23	3	39	108,109	2
15	45	1	40	110,111	2
16	19,20	2	41	131	1
17	84,85,86,87,88,89	6	42	132	1
18	48,49,50,51,52,53,54,55,56,57,58,59,60	13	43	112,113	2
19	68,69,70,71,72,73,74	7	44	133	1
20	24,44	2	45	134	1
21	115	1	46	114	1
22	116	1	47	135	1
23	100,101	2			
24	90,91,92,93,94,95,96,97,98	9			
25	75	1			



Modelin sonuçlarına göre önerilen depo içi yerleşime ait üç boyutlu görünüm Şekil 3’de verilmiştir:



**Şekil 3.** Önerilen depo yerleşimine ilişkin üç boyutlu gösterim

Önerilen depo yerleşimine ilişkin veriler Tablo 5’te sunulmuştur.

Mevcut yerleşim ile önerilen yerleşim karşılaştırıldığında, mevcut yerleşimdeki toplam taşıma mesafesi 960,60 metre iken önerilen yerleşimde toplam taşıma mesafesi 616,74 metre olarak hesaplanmıştır. Ayrıca toplam taşıma mesafesi\*stok devir hızı değeri önerilen yerleşimde 2519,230 metreden 2138,871 metreye düşmüştür. Elde edilen bu sonuçlara bakıldığında depo içi yerleşimde gözle görülür bir iyileşme olduğu tespit edilmiştir.

**Tablo 5.** Önerilen yerleşimde hammaddelere ilişkin veriler

Hammadde No	Birim Miktarı (kg)	Stok Devir Hızı	Taşıma Mesafesi (m)	Taşıma Mesafesi *Stok Devir Hızı (m)
1	20000	1,119	11,3	12,647
2	20000	0,982	10,8	10,601
3	20000	1,097	14,8	16,238
4	20000	1,055	15,3	16,14
5	20000	1,115	18,3	20,397
6	8000	1,144	20,3	23,229
7	20000	1,046	19,8	20,711
10	200	20,286	20	405,714
12	4000	1,051	25,3	26,594
14	1800	0,923	25,75	23,769
15	6000	1,069	18,5	19,771
16	6000	1,044	27,8	29,016
17	5000	0,735	28,8	21,176
19	20000	1,123	28,5	32,016
26	50	13,125	35,5	465,938
28	1000	0,781	33,5	26,149
34	50	12,667	40,06	507,427
35	5000	0,976	40,93	39,931
38	2000	1,120	43,5	48,72
39	2000	0,873	44	38,402
42	1000	1,196	46,5	55,618
44	200	5,867	47,5	278,667
<b>Toplam</b>			<b>616,74</b>	<b>2138,871</b>

## 5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRMELER

Günümüz rekabet ortamında firmalar ön plana çıkmak için mevcut sistemlerinde iyileştirme yapmayı amaçlamaktadırlar. Tedarik zinciri yönetiminin önemli bir parçası olan depolama faaliyeti firmalar için önemli bir maliyet kalemi oluşturmaktadır. Bu

nedence depolama faaliyetlerinde yapılacak iyileştirmelerin firmaların karlılığını ve sürekliliğini arttıracakı düşünölmektedir. Bu çalışmada bir kimya firmasında kimyasal hammadde deposunun mevcut durumu analiz edilmiş ve depo yerleşiminde yapılabilecek iyileştirmeler üzerinde çalışılmıştır. İlk olarak çok kriterli ABC analizi yardımıyla hammaddeler yaptıkları taşımalara göre sınıflandırılmıştır. Daha sonra matematiksel bir model yardımıyla ABC analizi sonuçları dikkate alınarak yeni bir yerleşim düzeni önerilmiştir. Çalışmanın sonunda önerilen yeni yerleşim sonucunda elde edilen iyileşme ortaya konulmuş ve daha iyi sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir.

Depodaki mevcut durum analizinde ilk olarak aynı tür hammaddelerin farklı yerlerde depolandığı tespit edilmiştir. Bu durumun sipariş toplama işlemlerinde karışıklık yarattığı belirlenmiştir. Bunun yanında depo için hammaddelerin belirli bir düzene uyulmaksızın yerleştirildiği gözlemlenmiştir. Bu problemlerin çözümü için matematiksel model yardımıyla yeni bir depo yerleşimi önerilmiştir. Böylece her hammaddenin yerinin belli olması ve karışıklık olmaması hedeflenmiştir. Ayrıca depo içinde belli bir düzenin olması ve daha çok hareket gören hammaddelerin kapıya daha yakın yerleştirilmesi amaçlanmıştır. Deponun yeni yerleşiminde alan ve hacim kullanımından ziyade taşıma mesafeleri konusunda değişiklik yaşanmıştır. Mevcut yerleşimde toplam taşıma mesafesi 960,60 metre iken önerilen yerleşimde %35,79 iyileşme sağlanarak bu değer 616,74 metreye düşmüştür. Mevcut durumda toplam taşıma mesafesi\*stok devir hızı değeri 2519,230 metre iken önerilen yerleşim düzeni ile %15,09 iyileşme sağlanarak bu değer 2138,871 metreye düşürölmüştür.

## KAYNAKLAR

- [1] Accorsi, R., Manzini, R. ve Maranesi, F., “A decision-support system for the design and management of warehousing systems”, *Computers in Industry*, 65, 175–186, 2014.
- [2] Ashayeri, J. ve Gelders, L.F., “Warehouse Design Optimization”, *European Journal of Operational Research*, 21, 285-294, 1985.
- [3] Cardona, L.F., Diego F. Soto, D.F., Rivera, L., ve Martínez, H.J., “Detailed design of fishbone warehouse layouts with vertical travel”, *International Journal of Production Economics*, 170, 825–837, 2015.
- [4] Connolly, C., “Warehouse management Technologies”, *Sensor Review*, 28(2), 108 – 114, 2008.
- [5] Dağdeviren, M., Akay, D. ve Kurt, M., “İş Değerlendirme Sürecinde Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Uygulaması”, *Gazi Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 19(2), 131-138, 2004.
- [6] Ertuğrul, İ. ve Tanrıverdi, Y., “Stok Kontrolde ABC Yöntemi ve AHP Analizlerinin İplik İşletmesine Uygulanması”, *Uluslar arası Alanya İşletme Fakültesi Dergisi*, 5(1), 41-52, 2013.
- [7] Güneçikan, Ö., “Kapasite Planlaması ve Optimum Stok Kontrolü Yönetimi”, *Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü*, 2008.
- [8] Heragu, S.S., Du, L., Mantel, R.J. ve Schuur, P.C., “Mathematical model for warehouse design and product

- allocation”, *International Journal of Production Research*, 43(2), 327–338, 2005.
- [9] Jumabaeva, J., “Multi Criteria ABC Classification of Light Railway Spare Parts Using Artificial Neural Network Approach”, *Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, 2011.
- [10] Kılıç, A., Aygün, S., Aydın Keskin, G. ve Baynal, K., “Çok Kriterli ABC Analizi Problemine Farklı Bir Bakış Açısı: Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi-İdeal Çözüme Yakınlığa Göre Tercih Sıralama Tekniği”, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 20(5), 179-188, 2014.
- [11] Lai, K.K., Xue, J. ve Zhang, G., “Layout design for a paper reel warehouse: A two-stage heuristic approach”, *International Journal of Production Economics*, 75, 231-243, 2002.
- [12] Liu, C.M., “Optimal Storage Layout And Order Picking For Warehousing”, *International Journal of Operations Research*, 1(1), 37–46, 2004.
- [13] Matic, D., Kratica, J., Filipovic, V. ve Dugosija, D., “Variable neighborhood search for Multiple Level Warehouse Layout Problem”, *Electronic Notes in Discrete Mathematics*, 39, 161–168, 2012.
- [14] Nawneet, B. ve Kanwal, R., *The Analytic Hierarchy Process, Strategic Decision Making, Cilt 1*, Springer-Verlag London, 11-21, 2004.
- [15] Önüt, S., Tuzkaya, U.R. ve Doğaç, B., “A particle swarm optimization algorithm for the multiple-level warehouse layout design problem”, *Computers& Industrial Engineering*, 54, 783–799, 2008.

- [16] Özdemir, A. ve Özveri, O., “Çok Kriterli Envanter Sınıflandırmasında, Analitik Hiyerarşi Süreci Analizinin Uygulanması”, Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 19(2), 137-154, 2004.
- [17] Pan, J.C.H., Shih, P.H., Wu, M.H. ve Lin, J.H., “A storage assignment heuristic method based on genetic algorithm for a pick-and-pass warehousing system”, Computers& Industrial Engineering, 81, 1–13, 2015.
- [18] Rouwenhorst, B., Reuter, B., Stockrahm, V., van Houtum, G.J., Mantel, R.J. ve Zijm, W.H.M., “Warehouse design and control: Framework and literature review”, European Journal of Operational Research, 122, 515-533, 2000.
- [19] Salvendy, G., “Handbook of Industrial Engineering: Technology and Operations Management”, John Wiley & Sons, New York, A.B.D., 2000.
- [20] Yüzügüllü, N. Ve Ürencik, C., “Çok Kriterli ABC Analizi için Bir Algoritma ve Uygulaması”, TMMOB Makine Mühendisleri Odası Dergisi, 4(20), 3-11, 1992.