



**T.C.
RECEP TAYYIP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI**

**ÇİMENTO FABRİKALARINDA VZA PENCERE ANALİZİ
YÖNTEMİYLE ETKİNLİK ÖLÇÜMÜ**

(Yüksek Lisans Tezi)

Duygu AYDIN

**Danışman
Doç. Dr. Süleyman ÇAKIR**

**RİZE
2023**

KABUL VE ONAY

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalında, Doç. Dr. Süleyman ÇAKIR danışmanlığında, Duygu AYDIN tarafından hazırlanan *Çimento Fabrikalarında VZA Pencere Analizi Yöntemiyle Etkinlik Ölçümü* adlı bu tez çalışması, 24/07/2023 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda oy birliği/oy çokluğuyla başarılı bulunarak jürimiz tarafından **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	Unvanı, Adı SOYADI	İmza
Başkan :	Doç. Dr. Süleyman ÇAKIR	
Üye :	Doç. Dr. Pelin ŞENTÜRK	
Üye :	Dr. Öğr. Üyesi Burcu KARTAL	

ETİK BEYAN

İşletme Tezli Yüksek Lisans Programından mezun olmak üzere teslim ettiğim “Çimento Fabrikalarında VZA Pencere Analizi Yöntemiyle Etkinlik Ölçümü” adlı tezim, bilim ve araştırma etiği prensiplerine riayet edilerek tarafımdan yazılmıştır.

Tez çalışmamda, başka kaynaklardan aktarılan bütün bilgi ve alıntılar, Enstitünüz Tez Yazım Kılavuzuna uygun olarak açıkça gösterilmiştir. Kaynağı gösterilenler dışında kalan bütün bilgiler uygun araştırma yöntemi kullanılarak tarafımdan edinilmiş ve esere bu şekilde yansıtılmıştır. Şahsıma ait olmayan hiçbir bilgi, kasıt veya kusurlar, şahsıma aitmiş gibi gösterilmemiştir. İnternet kaynakları dâhil, sahibine/kaynağına atıf yapılmaksızın hiçbir bilgi kullanılmamıştır. Aksinin ortaya çıkması halinde doğacak bütün hukuki, idari, akademik ve etik sorumluluk tarafıma ait olacaktır. Eserin tesliminden sonra herhangi bir zamanda, bilim etiğine aykırılık tespit edilmesi ve / veya eserimle ilgili intihal veya intihal şeklinde anlaşılabilecek bir durumun ortaya çıkması halinde; Üniversiteniz ve eğitim kadronuzun hiçbir şekilde sorumlu tutulmayacağını hür irademle kabul, beyan ve taahhüt ederim.

03/07/2023

Duygu AYDIN

ÖN SÖZ

Yüksek lisans tezi olarak hazırlanan “Çimento Fabrikalarında VZA Pencere Analizi Yöntemiyle Etkinlik Ölçülmesi” adlı bu çalışma da BİST’te yer alan çimento şirketlerinin yıllara göre etkinlik değişimi ölçülmüştür.

Bu çalışmanın ortaya çıkması ve yürütülmesinde bilgi ve tecrübesi ile her zaman yol gösteren, fikirleriyle çalışmaya içtenlikle destek sağlayan çok kıymetli hocam ve tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Süleyman ÇAKIR’a sonsuz minnet ve şükranlarımı sunuyorum. Ayrıca, her zaman beni destekleyen başta eşim olmak üzere tüm aileme teşekkür ederim.

Duygu AYDIN
RİZE-2023

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY	I
ETİK BEYAN.....	II
ÖN SÖZ	III
İÇİNDEKİLER	IV
ÖZET	VI
ABSTRACT.....	VII
KISALTMALAR.....	VIII
TABLolar LİSTESİ.....	IX
ŞEKİLLER LİSTESİ	XI
GİRİŞ	1
1. ÇİMENTO SEKTÖRÜ HAKKINDA GENEL BİLGİLER.....	3
1.1. Dünya Çimento Sektörü	3
1.2. Türk Çimento Sektörü	8
1.3. Çimento Sektöründe Performans Ölçümüyle İlgili Çalışmalar.....	13
1.4. VZA Uygulamalarında Girdi-Çıktı Seçimi ve CILOS Yöntemi.....	18
2. METODOLOJİ	22
2.1. Etkinlik Ölçümü ve Veri Zarflama Analizi	22
2.1.1. Performans	22
2.1.2. Verimlilik (Productivity).....	22
2.1.2.1. Kısmi Faktör Verimliliği.....	23
2.1.2.2. Çoklu Faktör Verimliliği.....	23
2.1.2.3. Toplam Faktör Verimliliği (TFV).....	23
2.1.3. Etkililik (Effectiveness)	24
2.1.4. Etkinlik (Efficiency)	24
2.1.4.1. Teknik Etkinlik	24
2.1.4.2. Tahsis (Fiyat) Etkinliği	25
2.1.4.3. Ölçek Etkinliği	26
2.2. Etkinlik Ölçüm Yöntemleri	26
2.2.1. Oran Analizi.....	26
2.2.2. Parametrik (Ekonometrik) Yöntemler	26

2.2.3. Parametrik Olmayan Yöntemler	27
2.3. Veri Zarflama Analizi	27
2.3.1. Veri Zarflama Analizi İle İlgili Genel Bilgiler	27
2.3.2. VZA Modelleri.....	28
2.3.2.1. CCR (Charnes-Cooper-Rhodes) Modeli.....	29
2.3.2.2. Referans Kümesi	32
2.3.2.3. Banker-Charnes-Cooper (BCC) modeli.....	33
2.4. Veri Zarflama Analizinin Uygulama Aşamaları	36
2.4.1. Karar Verme Birimlerinin Belirlenmesi	36
2.4.2. Girdi ve Çıktı Değişkenlerinin Seçimi.....	37
2.4.3. VZA Modelinin Seçilmesi	37
2.4.4. VZA Modelinin Çözümü	37
2.4.5. Uygulama Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	38
2.5. VZA'nın Güçlü ve Zayıf Yönleri.....	38
2.6. VZA – Pencere Analizi	39
2.7. CILOS Yöntemi	40
3. UYGULAMA	42
3.1. Araştırma Modeli	42
3.2. VZA-Pencere Analizi Uygulaması.....	43
3.2.1. Değerlendirilecek Karar Verme Birimlerinin Seçimi	43
3.2.2. CILOS Yöntemiyle Girdi ve Çıktı Setinin Belirlenmesi	43
3.2.2.1. CILOS Yöntemiyle Girdi Setinin Belirlenmesi	46
3.2.2.2. CILOS Yöntemiyle Çıktı Setinin Belirlenmesi	53
3.2.3. VZA-Pencere Analizi Yöntemiyle Etkinlik Ölçümü	60
4. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	69
KAYNAKÇA.....	71
EKLER.....	81

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü

Ana Bilim Dalı : İşletme
Tez Türü : Yüksek Lisans Tezi
Danışmanı : Doç. Dr. Süleyman ÇAKIR
Hazırlayan : Duygu AYDIN
Yıl : 2023
Sayfa Sayısı : 88

ÖZET

**ÇİMENTO FABRİKALARINDA VZA PENCERE ANALİZİ YÖNTEMİYLE
ETKİNLİK ÖLÇÜMÜ**

Çimento sektörü, özellikle son yıllarda Türkiye gibi gelişmekte olan ülkelerde hızla büyüyen bir sektör konumuna ulaşmıştır. Artan nüfusun etkisiyle konut ve altyapı ihtiyacı çimento sektörünün büyümesine katkı sağlamıştır. Türkiye çimento sektöründe hem iç hem de dış talebi karşılamada başarılı performans gösteren ülkeler arasında yer almıştır. Gerek sektördeki uluslararası rekabetin artması gerekse de ülke için ekonomik ve sosyal etkileri dikkate alındığında çimento şirketlerinin performansının düzenli olarak değerlendirilmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada CILOS ve Veri Zarflama Analizi (VZA)-Pencere Analizi yöntemleri birlikte kullanılarak Borsa İstanbul (BİST)'a kote olmuş 12 çimento şirketinin 2015-2022 yılları arasındaki etkinlik değişimi ölçülmüştür. İki aşamalı uygulamanın ilk aşamasında VZA'da kullanılacak girdi ve çıktı değişkenleri objektif bir ÇKKV tekniği olan CILOS yöntemiyle belirlenmiştir. Bu sayede karar vericilerin subjektif ve zaman alıcı yargılarından kaçınılmıştır. Takip eden aşamada ise bu değişkenler kullanılarak VZA-Pencere analizi yöntemiyle çimento şirketlerinin dinamik etkinliği ölçülmüştür.

Elde edilen sonuçlara göre çimento firmalarında etkinliğin zaman içinde dalgalanma gösterdiği ve belirli bir yönde trend oluşmadığı gözlemlenmiştir. Başka bir anlatımla, söz konusu işletmeler istikrarlı bir performans göstermemiştir. Analize konu dönem içinde Covid-19 pandemi etkisiyle en kötü performansın 2021 yılında gerçekleştiği görülmektedir. 2022 yılında ise pandemi etkisinin azalmasıyla firmalar iyi bir performans göstermiştir.

Bu çalışma VZA-Pencere analizi yöntemiyle çimento sektöründe etkinlik değişiminin ölçüldüğü nadir çalışmalardan biridir. Literatürde ilk kez önerilen bütünleşik CILOS-Pencere analizi yöntemi diğer organizasyonel birimlerinin etkinlik değişimlerini ölçmek amacıyla da yararlanabilecek pratik bir tekniktir.

Anahtar Kelimeler: Çimento Şirketleri, CILOS, VZA Pencere Analizi, Etkinlik Ölçümü, Borsa İstanbul.

Recep Tayyip Erdogan University the Institute of Graduate Studies

Department : Business Administration

Thesis Type : Master's Thesis

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Süleyman ÇAKIR

Author : Duygu AYDIN

Year : 2023

Pages : 88

ABSTRACT

EFFICIENCY MEASUREMENT BY DEA WINDOW ANALYSIS METHOD IN CEMENT FACTORIES

Cement sector has reached the position of a rapidly growing sector specially in developing countries such as Turkey in recent years. With the effect of the increasing population, the need for housing and infrastructure contributed to the growth of the cement sector. Turkey has been among the countries that have shown a successful performance in meeting both domestic and foreign demand in the cement sector. Considering both the increase in international competition in the sector and its economic and social effects for the country, the performance of cement companies should be evaluated regularly.

In this study, the efficiency change of 12 cement companies listed on Borsa Istanbul (BIST) between the years 2015-2022 was measured by using CILOS and Data Envelopment Analysis (DEA)-Window Analysis methods in combination. In the first stage of the two-stage application, the input and output variables to be used in DEA were determined by the CILOS method, which is an objective MCDM technique. In this way, subjective and time-consuming judgments of decision makers are avoided. In the following stage, the dynamic efficiency of cement companies was measured with the DEA-Window analysis method using these variables.

According to the results obtained, it has been observed that the efficiency in cement companies fluctuates over time and there is no trend in a certain direction. In other words, the companies analyzed did not show a stable performance. It is seen that the worst performance occurred in 2021 with the effect of the Covid-19 pandemic. In 2022, companies performed well with the decrease of the pandemic effect.

This study is one of the rare studies in which the efficiency change in the cement sector is measured through the DEA-Window analysis method. The integrated CILOS-Window analysis method proposed for the first time in the literature is a practical technique that can also be used to measure the efficiency changes of other organizational units.

Keywords: Cement Companies, CILOS, DEA Window Analysis, Efficiency Measurement, Borsa İstanbul.

KISALTMALAR

ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AHP	: Analitik Hiyerarşi Prosesi
BCC	: Banker, Charnes ve Cooper
BİST	: Borsa İstanbul
CCR	: Charnes, Cooper ve Rhodes
CILOS	: Criterion Impact Loss
COPRAS	: Complex Proportional Assessment
CRİTİC	: Criteria Importance Through Intercriteria Correlation
CRS	: Constant Returns to Scale
ÇKKV	: Çok Kriterli Karar Verme
DEA	: Data Envelopment Analysis
EDAS	: Evaluation based on Distance from Average Solution
FAHP	: Fuzzy Analytic Hierarchy Process
IDOCRIW	: Integrated Determination of Objective Criteria Weights
İMKB	: İstanbul Menkul Kıymetler Borsası
KAP	: Kamu Aydınlatma Platformu
KVB	: Karar Verme Birimi
MTFVE	: Malmquist Toplam Faktör Verimlilik Endeksi
LINMAP	: Linear Programming for Multidimensional Analysis of Preferences
MAIRCA	: Multi Atributive Ideal-Real Comparative Analysis
MOORA	: Multi-Objective Optimization by Ratio Analysis
SAW	: Simple Additive Weighting
TBA	: Temel Bileşenler Analizi
TFV	: Toplam Faktör Verimliliği
TOPSIS	: Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
VİKOR	: Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje
VRS	: Variable Returns to Scale
VZA	: Veri Zarflama Analizi

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1. Dünya Çimento Üretimi 2010-2022 (Milyon Ton)	3
Tablo 2. Dünya Çimento İhracatı (1.000 ABD Doları).....	6
Tablo 3. Dünya Çimento İthalat (1.000 ABD Doları).....	7
Tablo 4. Türkiye'nin İhracat Yaptığı Ülkeler (1.000 ABD Doları).....	12
Tablo 5. Çimento Sektörü Maliyet Kalemleri.....	12
Tablo 6. Çimento Sektöründe VZA ile Yapılan Çalışmalar	14
Tablo 7. Etkinlik Ölçüm Teknikleri	27
Tablo 8. CCR-VZA Modelleri	32
Tablo 9. BCC-VZA Modelleri	36
Tablo 10. Karar Verme Birimleri.....	43
Tablo 11. CILOS Uygulamasında Kullanılan Girdi Değişkenleri	44
Tablo 12. CILOS Uygulamasında Kullanılan Çıktı Değişkenleri	45
Tablo 13. 2022 Yılı Girdi Değişkenleri Karar Matrisi.....	47
Tablo 14. 2022 Yılı Girdi Değişkenleri Dönüşüm Matrisi	48
Tablo 15. Girdi Değişkenleri için Normalizasyon Tablosu Matrisi.....	49
Tablo 16. Kare A Matris Değerleri	50
Tablo 17. P-Bağıl Kayıp Matris Değerleri	51
Tablo 18. F Matrisi	51
Tablo 19. 2022 Yılı Girdi Değişkeni Ağırlıkları.....	52
Tablo 20. 2015-2022 Yılları Girdi Değişkenleri Ağırlıkları.....	52
Tablo 21. Girdi Değişkenlerinin Bütünleşik Ağırlıkları	53
Tablo 22. 2022 Yılı Çıktı Değişkenlerinin Karar Matrisi.....	54
Tablo 23. 2022 Yılı Çıktı Değişkenlerinin Normalize Matrisi	55
Tablo 24. 2022 Yılı Çıktı Değişkenlerinin Kare A Matrisi	56
Tablo 25. 2022 Yılı Çıktı Değişkenlerinin P Kriter Göreli Kayıp Matris	57
Tablo 26. F Matris Katsayıları	58
Tablo 27. 2022 Yılı Kriter Ağırlıklandırma Katsayıları	59
Tablo 28. 2015-2022 Yılları Çıktı Değişkeni Ağırlıkları.....	59
Tablo 29. Çıktı Değişkenlerinin Bütünleşik Ağırlıkları.....	60
Tablo 30. CILOS Yöntemine Göre Belirlenen Girdi ve Çıktı Değişkenleri.....	60

Tablo 31. CCR VZA-Pencere Analizi Sonuçları	61
Tablo 32. BCC VZA-Pencere Analizi Sonuçları	64



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1. Dünya Çimento Üretimi 2010-2022(Milyon Ton).....	4
Şekil 2. Dünya Çimento Üretimi Toplamı 2010-2022 (Milyon Ton)	5
Şekil 3. 2022 Yılı Dünya Pazar Payı Dağılımı üretim	5
Şekil 4. Çimento Sektörü Üretim ve Tüketim Miktarları	8
Şekil 5. Türkiye Çimento Sektörü Üretim Kapasitesi ve Kullanım Oranı	9
Şekil 6. Türkiye Çimento Üretim Haritası.....	10
Şekil 7. 2006-2021 yılları Türk Çimento Sektörü İstihdam Durumu.....	11
Şekil 8. Teknik Etkinlik ve Verimlilik	25
Şekil 9. Veri Zarflama Analizi Modelleri.....	28
Şekil 10. Araştırmanın Modeli	42

GİRİŞ

Çimentonun üretimi ve satışı 1878 yılında Avrupa'da başlamıştır. Çimento günümüzde hemen hemen tüm ülkelerde üretilmekte ve tüketilmektedir. Çimento inşaat sektörünün önemli kalemlerinden biri olması nedeniyle her geçen gün daha cazip hale gelmektedir. Az gelişmiş ülkeler ve gelişmekte olan ülkelerin ekonomilerinin lokomotifleri olan inşaat sektöründe tercih edilmesi çimentoya olan talebi arttırmaktadır.

İnşaat sektörüne bağlı olarak son yıllarda Türkiye'de çimento sektöründe büyüme gerçekleşmektedir. Bu yüzden kamunun büyük altyapı yatırımları, Marmaray, üçüncü havaalanı, Avrasya tüneli, üçüncü köprü gibi çeşitli yatırımlar ile ileriki dönemlerde kentsel dönüşüm, yeni baştan imar yapıları gibi taleplerin çimento sektörüne pozitif etkisi olmuştur. Bu durum çimento sektörünü cazip kılmakta ve farklı sektörlerde faaliyet gösteren birçok firmayı çimento sektörüne yöneltmektedir.

Türkiye'nin çimento sektörüne bakıldığında, kendi hammadde ihtiyacını kaynaklarından sağlamak ve üretimiyle ülke ihtiyacını karşılayabilmektedir. Çimento sektörü her geçen gün ihracattaki payını arttırmakta ve dünyanın yaklaşık 90 ülkesine çimento satışı gerçekleştirmektedir. Günümüzde, yurtiçi talebi karşılanmakta, bunun yanı sıra ihracatın önemli bölümü ABD, Suriye ve İsrail'e yapılmaktadır (Kızıl,2019:52). Çimento sektörüne birçok firmanın yönelmesiyle sektörün büyümesi günden güne artmaktadır. Bu nedenle çimento firmalarının rekabet avantajı elde edebilmeleri için iyi performans sergilemeleri önemli bir husustur. Bu doğrultuda çimento fabrikalarının kaynaklarını verimli ve etkin bir şekilde kullanması gerekmektedir. Bunun araçlarından biri de firmaların sektör içerisindeki göreceli verimliliklerini değerlendirmesidir.

Günümüzde performans ölçümünde çok kullanılan yöntemlerden biri üretim esaslı verimlilik ölçümüdür. Fakat literatürde etkinlik analizini ölçmek için mutlak bir ölçüt yoktur. Bu sebeple, uygulamalarda çoğunlukla aynı sektörde faaliyette bulunan firmaların göreceli etkinliği ölçülmektedir. Göreceli etkinlik ölçümünde kullanılan teknikler parametrik ve parametrik olmayan şeklinde iki gruba ayrılmaktadır. Parametrik yöntemler temelde regresyon analizine dayalıdır. Parametrik olmayan yöntemler de ise belli bir biçim yoktur. Parametrik olmayan yöntemler arasında son zamanlarda daha çok Charnes vd. (1978) tarafından geliştirilen Veri Zarflama Analizi (VZA) kullanılmaktadır.

VZA, genellikle aynı sektörde faaliyet gösteren, birden fazla girdi ve çıktıya sahip olan birimlerin göreceli etkinliklerini ölçmek için kullanılan bir yöntemdir. Bu yöntem matematiksel programlamaya dayalıdır. VZA, karar birimlerinin etkinliğini sadece tek bir dönem için ölçülebilen bir yatay kesit analizidir. Üretim sistemlerinin çoklu-dönemde etkinliğini hesaplamak gerektiğinde klasik VZA yetersiz kalmaktadır. VZA-Pencere Analizi ve Malmquist tipi verimlilik endeksi yaklaşımları homojen birimlerin birden fazla dönemi dikkate alarak etkinliğini ölçmek amacıyla en çok tercih edilen yöntemler arasındadır.

Bu çalışmanın amacı VZA Pencere Analizi ve CILOS yöntemlerini kullanarak Borsa İstanbul (BİST)'e kote olmuş ve Taş ve toprağa dayalı endekste yer alan 12 çimento firmasının etkinliklerini ölçmektir. Çalışmanın geri kalan bölümleri aşağıdaki biçimde organize edilmiştir. Birinci bölümde Türkiye'de çimento sektörüne ilişkin bilgiler verilmiş ve araştırma konusuna bağlı literatür incelemesi yapılmıştır. İkinci bölümde uygulamada kullanılacak yöntemler hakkında bilgi verilmiştir. Araştırma kapsamındaki çimento firmalarına ilişkin analiz bulguları üçüncü kısımda değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonuç kısmında ise çalışmanın genel bir değerlendirilmesi yapıp, bazı önerilerde bulunulmuştur.

1. ÇİMENTO SEKTÖRÜ HAKKINDA GENEL BİLGİLER

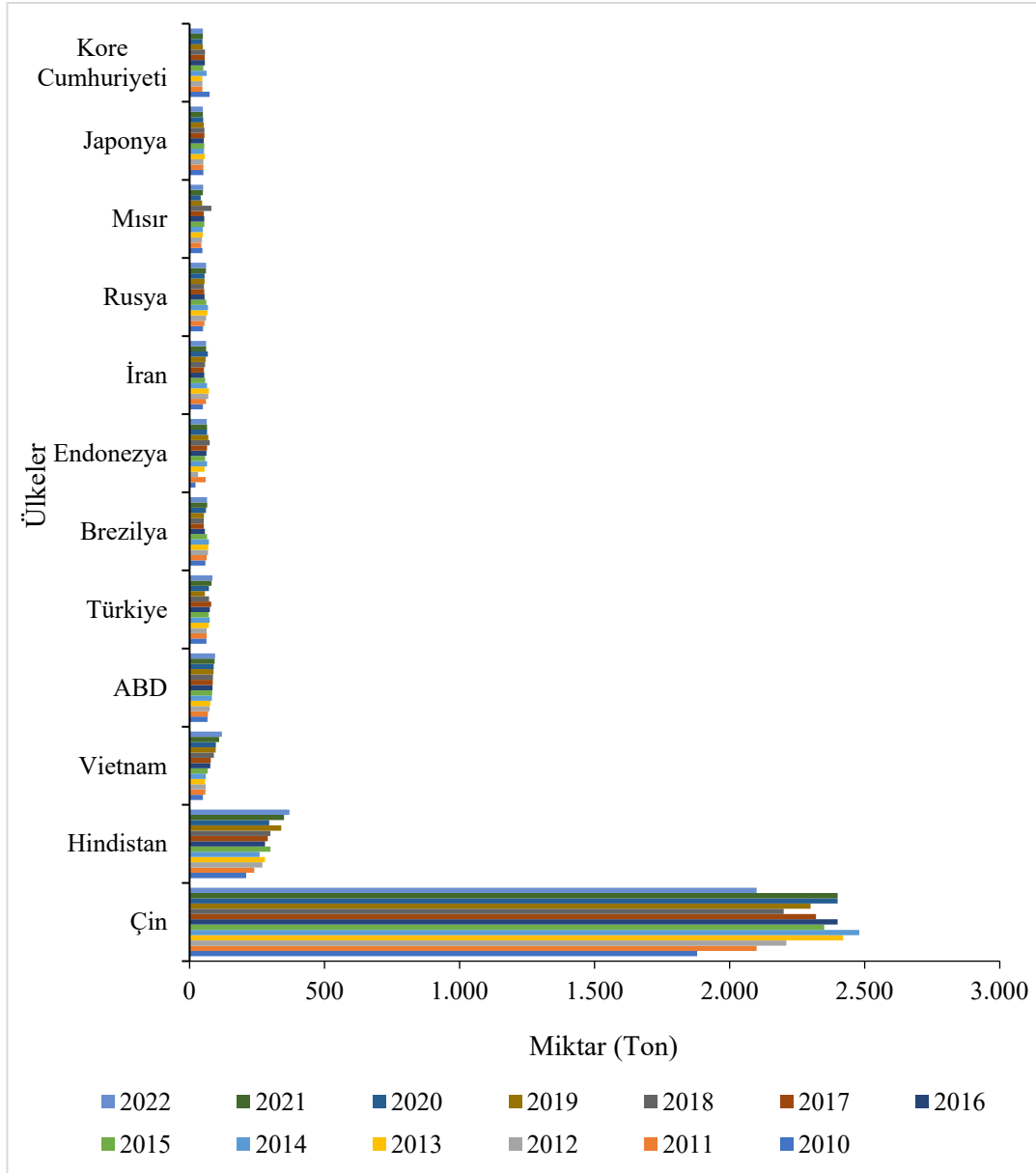
1.1. Dünya Çimento Sektörü

Günümüzde dünya çapında uluslararası ekonomik rekabetin artması sebebiyle bazı sektörlerin de önemi artmaktadır. Bu sektörlerden biri de çimento sektörüdür (Tüzemen & Yıldız, 2018:162). Global çapta hızlı gelişen ekonomiler içinde çimento, petrol ve ya çelik gibi en önemli başlıca küresel ticari ürünler arasındadır. Altyapı ve inşaat yatırımlarının tüm dünya da artmasıyla çimento endüstrisi önemli bir konumda olup küresel çapta çimento sektörü muazzam bir büyüklüğe erişmiştir (Alkan ve Obut Bilim, 2021, 102). Dünya çimento sektörüne bakıldığında Çin'in sektör lideri konumunda olduğu görülmektedir (Tablo 1). Çin'in çimento üretiminde en çok üretimi 2014 yılında 2,480 milyar ton olarak yaptığı görülmektedir. Bugün Çin küresel olarak incelendiğinde toplam çimento üretiminin yarısından fazlasını tek başına pazara sürmektedir. Çin'den sonra en çok çimento üretimi yapan ülkenin Hindistan olduğu görülmektedir. Türkiye bu üretim sıralaması içerisinde 2022 yılı için 5'inci sırada yer almaktadır. Türkiye 2022 yılında 85 milyon ton çimento üretimi yapmıştır.

Tablo 1. Dünya Çimento Üretimi 2010-2022 (Milyon Ton)

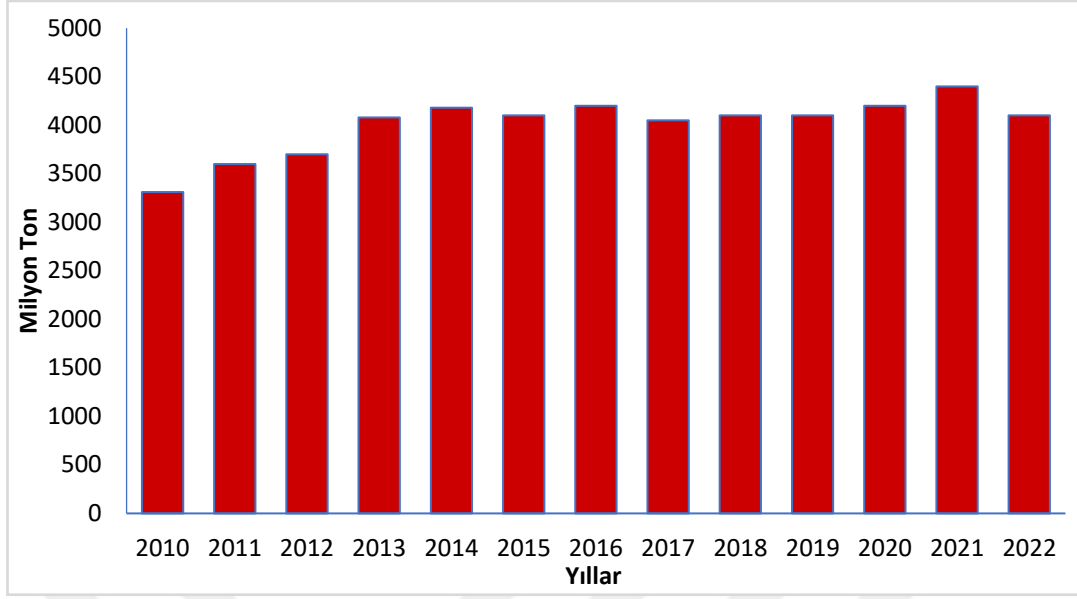
Ülkeler	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Çin	1.880	2.100	2.210	2.420	2.480	2.350	2.400	2.320	2.200	2.300	2.400	2.400	2.100
Hindistan	210	240	270	280	260	300	280	290	300	340	295	350	370
Vietnam	50	59	60	58	60,5	67,4	77,3	78,8	90,2	97	98	110	120
ABD	67,2	68,6	74,9	77,4	83,2	84,3	85	86,6	87	89	90	93	95
Türkiye	62,7	63,4	63,9	71,3	75	71,4	75,4	80,6	72,5	57	72	82	85
Brezilya	59,1	64,1	68,8	70	72	65,3	57	53	53	54	61	66	65
Endonezya	22	60	32	56	65	58	63	65	75,2	70	65	65	64
İran	50	61	70	72	65	58,3	55	54	58	60	68	62	62
Rusya	50,4	55,6	61,5	66,4	68,4	62,1	56	54,7	53,7	56	56	61	62
Mısır	48	44	46,1	50	50	55	55	53	81,2	47	42	50	51
Japonya	51,5	51,3	51,3	57,4	53,8	54,8	53,3	55,2	55,3	53	51	50	50
Kore Cumhuriyeti	74,2	48,3	48	47,3	63,2	51,7	57	56,5	57,5	50	48	50	50

Kaynak: <https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs/>



Şekil 1. Dünya Çimento Üretimi 2010-2022 (Milyon Ton)

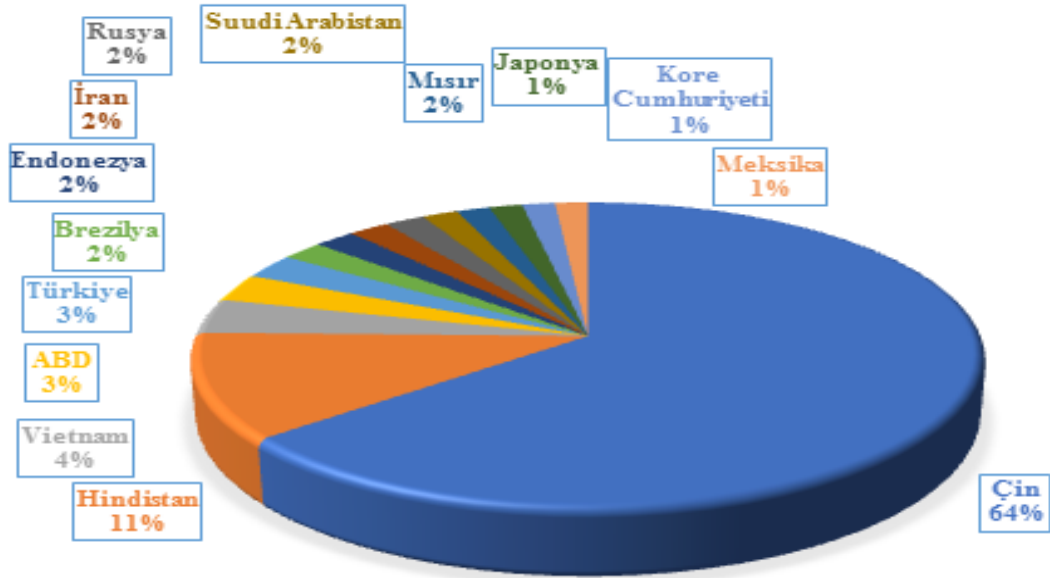
Dünya'nın yıllık toplam çimento üretim kapasitesi 2010 yılında 3310 milyon tondur. 2010 yılından 2014 yılına kadar çimento üretimi yaklaşık 870 milyon ton artmıştır. 2015 yılında ise Çin'in çimento üretimindeki önemli düşüş nedeniyle genel çimento üretiminde de bir azalma yaşanmıştır. Ancak 2016 yılında çimento üretimi yine iyi bir artış göstermiştir. 2017'den 2021'e kadar çimento üretimi çok yavaş artarken 2022 yılında düşüş yaşanmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Dünya Çimento Üretimi Toplamı 2010-2022 (Milyon Ton)

Kaynak: statista@2022, <https://www.statista.com/statistics/1087115/global-cement-production-volume/>

2022 yılı için çimento sektörünün dünya pazarı dağılımının yer aldığı Şekil 3'e bakıldığında %64'lük payı ile dünya üretiminin çoğunu Çin tek başına karşılamaktadır. Çin'den sonra 2.sırada Hindistan, 3. sırada Vietnam, 4. Sırada ABD ve 5. sırada Türkiye yer almaktadır.



Şekil 3. 2022 Yılı Dünya Pazar Payı Dağılımı üretim

Küresel çapta hangi ülkelerin ithalatçı ve hangisinin ise ihracatçı pozisyonunda oldukları üretim rakamlarından ziyade ihracat ve ithalat rakamlarıyla da incelenmelidir. Tablo 2’de 2017-2021 yıllarına bakıldığında çimento ihracat sıralamasına göre ilk 25 ülke verileri gösterilmektedir. Bu tabloda 2021 yılı rakamlarına göre ilk sırada Vietnam 1.6 milyar dolar ihracatla, ikinci sırada Türkiye 1.3 milyar dolar ihracat ile ve 0.6 milyar dolarla ise Birleşik Arap Emirlikleri üçüncü sırada yer almaktadır. Birleşik Arap Emirlikleri’ni sırasıyla Almanya, Kanada, Tayland, İspanya, Endonezya takip etmektedir.

Tablo 2. Dünya Çimento İhracatı (1.000 ABD Doları)

İhracatçılar	2017	2018	2019	2020	2021
Vietnam	706,665	1.159,196	1.301,142	1.350,139	1.646,448
Türkiye	530,641	614,327	929,673	1.218,695	1.368,120
Birleşik Arap Emirlikleri	380,430	552,191	497,643	479,234	638,997
Almanya	504,591	553,130	550,870	520,595	610,440
Kanada	444,494	539,069	542,765	503,329	535,319
Tayland	551,113	634,233	677,410	548,433	501,890
İspanya	442,099	436,043	367,265	349,939	429,518
Endonezya	129,423	237,774	276,309	321,358	407,383
Mısır	96,978	144,829	151,672	136,070	393,802
Japonya	358,455	326,915	341,067	361,898	382,435
Iran	429,868	382,837	317,696	311,684	307,018
Belçika	213,938	195,889	233,565	247,210	289,144
Pakistan	210,762	266,068	261,155	257,371	271,453
Suudi Arabistan	11,607	152,437	243,410	192,251	245,697
Yunanistan	230,916	226,941	220,336	180,933	205,241
İrlanda	154,548	177,567	209,853	217,850	200,439
Slovakya	134,281	145,858	148,716	168,103	196,805
Kore Cumhuriyeti	106,248	190,546	256,790	204,767	190,751
Hırvatistan	148,142	163,215	146,813	164,967	187,006
Çin	580,367	491,676	347,123	220,383	181,137
Meksika	125,117	183,833	156,191	179,245	178,824
Cezayir	627	19,947	81,105	75,560	175,341
ABD	201,606	172,426	169,814	145,132	173,207
İtalya	142,202	165,449	153,159	147,128	172,220
Dünya Toplamı	10.102,411	11.537,540	11.743,971	11.530,750	13.209,021

Kaynak: International Trade Center, Trade Map (Kod:2523)

Tablo 3'te yer alan 2017-2021 yılı ithalat tablosu incelendiğinde; ABD, Çin, Bangladeş ve Filipinler çimento ithalatında dünyada en fazla paya sahip ülkeler arasında yer almaktadır.

Tablo 3. Dünya Çimento İthalat (1.000 ABD Doları)

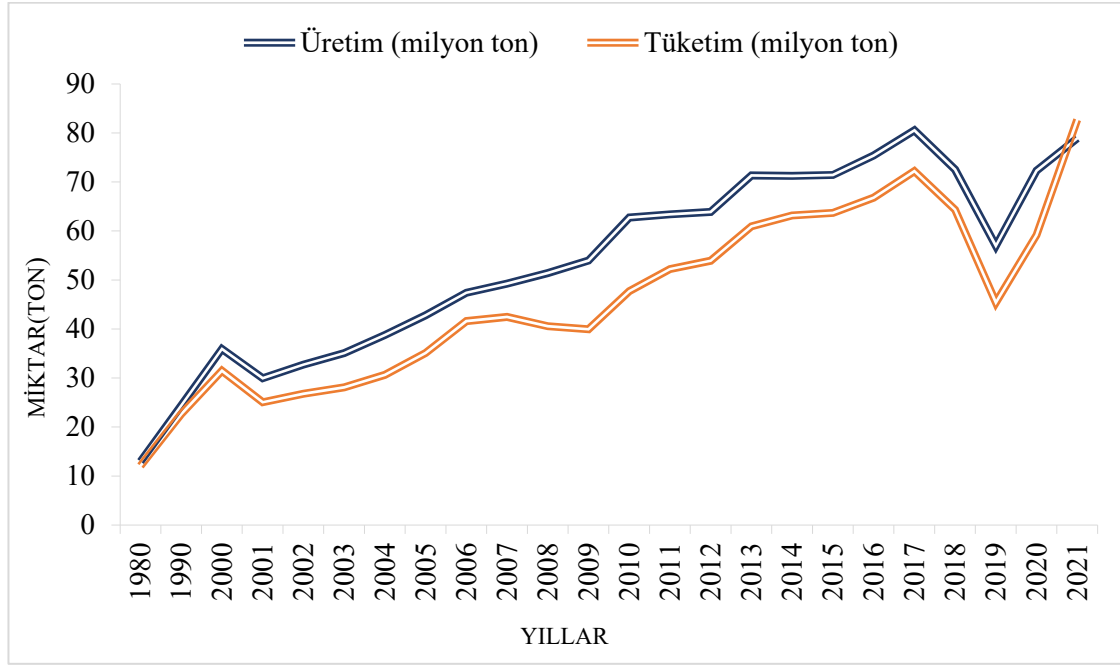
İthalatçılar	2017	2018	2019	2020	2021
ABD	1.158,719	1.360,170	1.417,342	1.430,664	1.830,330
Çin	52,291	652,068	1.155,247	1.518,880	1.618,669
Bangladeş	475,493	616,078	648,889	531,074	742,330
Filipinler	395,479	540,607	543,941	478,181	608,293
Fransa	391,812	414,245	421,699	421,269	560,852
Hollanda	299,694	342,199	328,070	313,430	370,986
İsrail	215,391	235,324	233,016	292,375	341,349
Kuveyt	135,903	164,252	169,507	124,777	302,246
Sri Lanka	526,052		485,684	315,342	293,116
Singapur	188,808	195,677	216,254	147,264	233,497
Hong Kong, Çin	260,343	316,322	170,090	226,195	233,157
İtalya	110,929	152,930	144,789	143,017	218,974
Belçika	130,414	135,356	145,379	145,702	218,454
Avustralya	164,389	207,645	209,490	183,912	211,247
Burkina Faso	142,684	126,984	82,223	167,990	190,791
Fildişi Sahili	157,089	172,023	169,521	178,670	189,951
Gana	915,402	323,382	319,662	167,037	187,547
Almanya	202,302	215,049	177,992	188,455	186,386
Kanada	155,395	124,716	123,062	127,054	173,546
Peru	67,551	111,695	97,507	99,590	169,637
Dünya Toplamı	12.253,410	13.209,484	13.265,979	13.121,419	15.509,822

Kaynak: International Trade Center, Trade Map (Kod:2523)

ABD dünyada en fazla çimento ithal eden ülke konumunu korumaktadır. Bunun sebebi olarak ABD pazarında son yıllarda inşaat sektörüne bağlı yükselme gösterilmektedir. ABD’de 2008 yılında başlayan mortgage krizi öncesi dünyanın en çok ithalat yapan ülkesi Rusya iken, kriz sonrası Rusya’da talebin azalması sebebiyle inşaat sektörünün ithalatçı konumunda olan ABD birinci sırada yerini almıştır. Petrol fiyatlarında yaşanan düşüş ve diğer Avrupa ülkeleri ile ABD’nin yapmış olduğu ambargo yüzünden Rusya’nın ekonomisinde kırılganlıklar artmış olduğundan bu durum en çok inşaat sektöründe gelişmekte olan Rusya’yı etkilemiştir. İnşaat sektörüne yapılan baskılar çimento sektörünü de önemli derece de etkilemiştir (Çelik,2016: 8).

1.2. Türk Çimento Sektörü

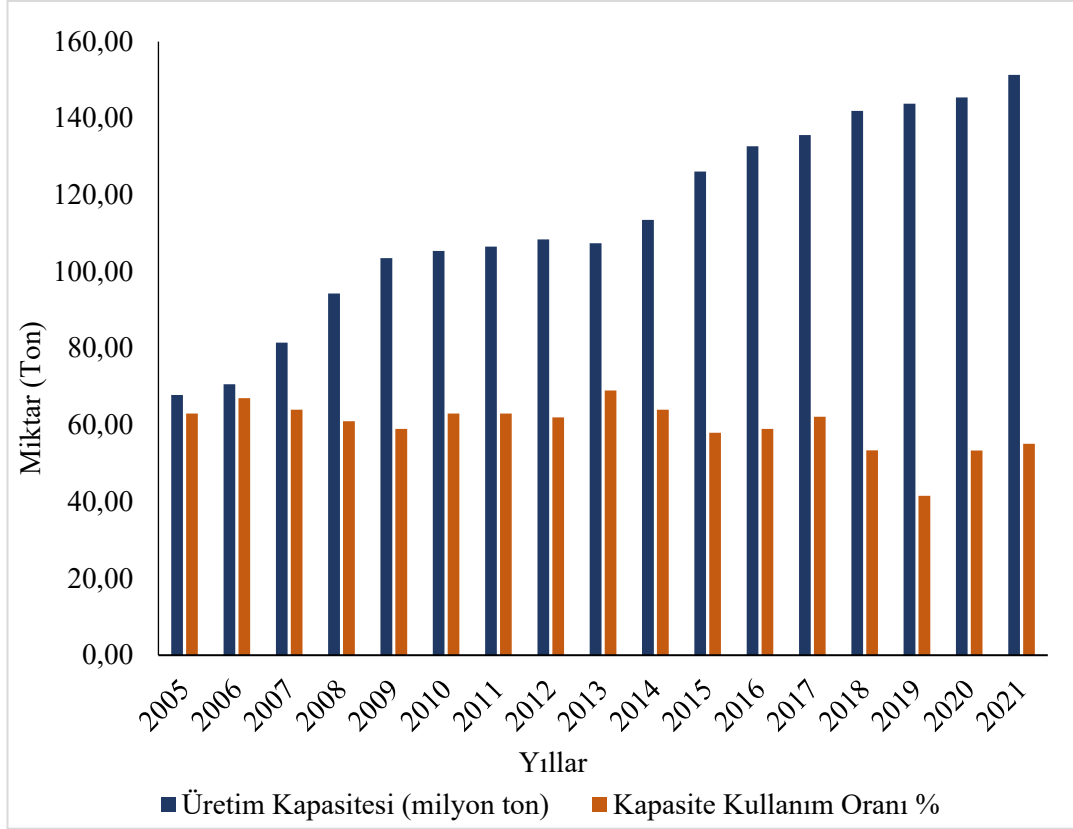
Üretim kalitesi, kurulan Ar-Ge merkezleri ile sektörün sağlam gelişiminin devam edebilmesi için yapılan yatırımlar, eğitim ve insan sağlığına olan hassasiyeti ile Türk çimento sektörü önemli bir konuma ulaşmıştır. Sektörün önemli politikaları; çimento tüketimin de azalmalar yaşanmadan çevre ile ilgili sorunları göz önüne alarak ve teknolojinin sunduğu tüm fırsatları kullanarak sürdürülebilir kalkınma ilkelerinin hayata geçirilmesini sağlamaktır (Sanayi Genel müdürlüğü 2022). 1980 yılından 2021 yılına kadar çimento üretim ve tüketim miktarları şekil 4’te yer almaktadır.



Şekil 4. Çimento Sektörü Üretim ve Tüketim Miktarları

Kaynak: Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği

Türk Çimento verilerine göre 1980 yılı ve sonrası incelendiğinde çimento üretim ve tüketim miktarlarında önemli derecede bir artış gözlenmektedir. 1980 yılında 12,9 milyon ton olan üretim miktarı 2017 yılında zirveye ulaşarak 80,5 milyon tona kadar çıkmıştır. Çimento üretimi 2018 yılından sonra düşmeye başlamış ve 2021 yılında 78,9 milyon tona ulaşmıştır. Bu noktada önemli konu sektörde yaşanan gelişimin Türkiye'nin ekonomik olarak büyümesi, kalkınması ve şehirleşmesiyle ilgilidir. Şekil 5'te Türkiye çimento sektörünün 2005-2021 yılların arasında üretim kapasitesi ve kullanım oranları gösterilmektedir. Buna göre son 17 yılda yeni yatırımlarla çimento üretim kapasitesi artmasına rağmen kapasite kullanım oranının artmadığı anlaşılmaktadır. Çimento sektöründe kullanılmayan/ kullanılamayan atıl kapasite söz konusudur.



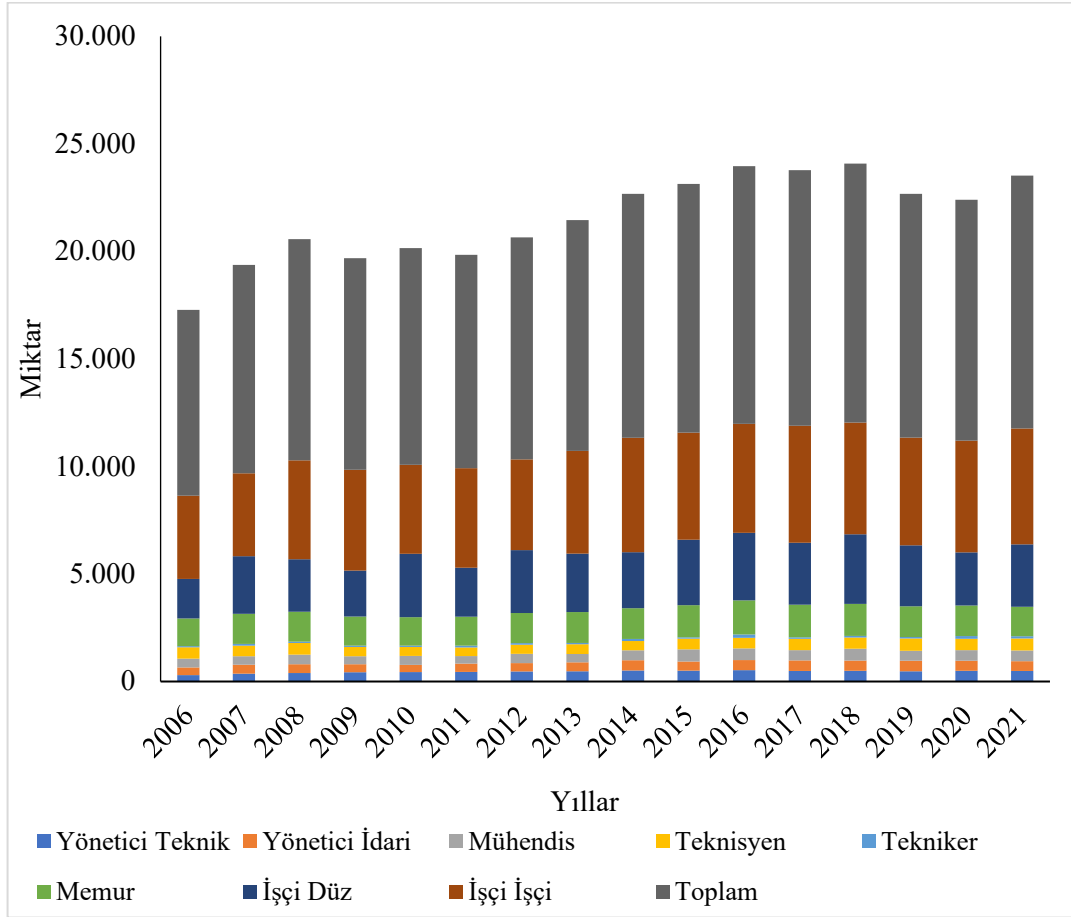
Şekil 5. Türkiye Çimento Sektörü Üretim Kapasitesi ve Kullanım Oranı

Kaynak: Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği

Türkiye 2021 yılı itibarıyla toplam 151 milyon ton çimento üretme kapasitesine sahiptir. Türk çimento sektöründe 77 üretim tesisi bulunmaktadır. Bunlardan 56'sı entegre tesisi, 21'i ise öğütme tesisinden oluşmaktadır. Türkiye çimento sektörünün piyasa yapısı oligopol olduğundan çimento sektörünün üretim tesisleri hammaddeye ve yerleşim bölgelerine yakın yerlerde bulunmaktadır. Bundan dolayı, lojistik yönünden karayolu taşımacılığı ile taşındığı için iç kesimlerde rekabetçiliğin azalması sebebiyle fabrika sayıları daha azdır (Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği)

Türkiye'deki çimento fabrikaları Şekil 6 'de gösterilmektedir. Haritada kırmızı renkte yer alan Türk çimento üyesi öğütme tesislerini ifade ederken, mavi renktekiler Türk çimento üyesi olmayan öğütme tesisleri, siyah renktekiler entegre üye fabrikaları, yeşil renktekiler ise üye olmayan entegre fabrikaları göstermektedir.

Şekil 7’de çimento sektörüne bağlı çalışan sayıları 2000-2021 yıllarına göre verilmektedir. Türkiye’nin işsizlik durumu dikkate alındığında istihdam yaratması nedeniyle çimento sektörü önemli bir konumdadır.



Şekil 7. 2006-2021 yılları Türk Çimento Sektörü İstihdam Durumu

Kaynak: <https://www.turkcimento.org.tr/tr/istatistikler/istihdam>

Türkiye çimento sektörünün 2021 yılı için ihracat oranı bir önceki yıl verilerine göre %40 artmasıyla 1,3 milyar ABD dolarına yükselmiştir. 2021 yılı için Türkiye’nin çimento ihracat yaptığı ülkelerde birinci sırada ABD, ikinci sırada İsrail ve üçüncü sıradaki ise Fildişi Sahilleri’dir (Tablo 4).

Tablo 4. Türkiye'nin İhracat Yaptığı Ülkeler (1.000 ABD Doları)

Ülkeler	2017	2018	2019	2020	2021
A.B.D.	66.563	102.931	181.769	222.656	311.951
İsrail	54.370	63.843	116.724	147.308	184.784
Fildişi sahilleri	18.618	16.363	53.035	68.004	70.516
Suriye	53.686	36.785	36.599	42.881	70.463
Haiti	18.705	23.076	19.494	46.307	65.901
Gana	31.438	62.057	88.970	119.445	62.153
İtalya	11.995	12.438	21.670	30.113	46.216
Gine	10.122	17.158	29.089	25.047	34.604
Sierra Leone	18.455	10.397	14.864	22.831	31.537
Bulgaristan	14.561	15.780	16.782	22.695	30.745
Dominik Cumhuriyeti	354	3.430	9.041	17.427	30.249
İspanya	9.019	4.926	12.888	15.390	28.542
Ukrayna	3.530	2.870	12.469	41.250	27.227
Romanya	5.718	4.905	10.699	19.780	25.269
Belçika	1.806	11	8.032	16.823	20.650
Dünya Toplamı	530.641	614.327	929.673	1.218.695	1.368.120

Kaynak: International Trade Center, Trade Map

Tablo 5'te görüleceği üzere çimento imalatında kullanılan hammadde, yardımcı maddeler, enerji ve yakıtın yanı sıra ulaşım da önemli maliyet kalemlerindendir (T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Çimento Sektörü Raporu, 2022).

Tablo 5. Çimento Sektörü Maliyet Kalemleri

Türk Çimento Sektörü Maliyet Kalemleri	% Oran
Hammadde ve Yardımcı Maddeler	9.60
Enerji	21.10
Yakıt	38.00
İşçilik	9.40
Amortisman	7.00
Diğer Giderler	14.90
Toplam	100.00

Kaynak: Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Çimento Sektörü Raporu, 2013

1.3. Çimento Sektöründe Performans Ölçümüyle İlgili Çalışmalar

Bu bölümde çimento sektöründe faaliyet gösteren işletmelerde performans ölçümüyle ilgili bazı çalışmalar özetlenmeye çalışılmıştır. İlk aşamada VZA dışındaki yöntemlerle yapılan çalışmalar hakkında bilgi verilmiştir. Ertuğrul ve Karakaşoğlu (2009) çalışmasında, İMKB’de faaliyet gösteren 15 çimento şirketlerinin finansal performansını, ÇKKV tekniklerinden olan bulanık analitik hiyerarşi süreci (AHP) ve TOPSIS metodu ile hesaplamışlardır. Kriterlerin ağırlıklarının belirlenmesiyle firmaların performansa göre sıralanması yapılmıştır.

Dumanoğlu (2010), 2004-2009 yılları arasında İMKB’ye kote olmuş çimento firmalarının mali performanslarını TOPSIS yöntemi ile incelemiştir. Analize göre bazı firmaların grup içindeki sıralamasını önemli bir şekilde koruduğu, bazı firmaların sıralamadaki yerinin iyileştirildiğini ve bazı firmaların ise başarısız olduğu yönünde tespitlerde bulunmuştur.

Rezai ve diğerleri (2014), 2008-2009 yılları arasında İran borsasında bulunan yirmi yedi çimento firmalarının performanslarını analiz etmiştir. FAHP yöntemi kriter ağırlıklarının belirlenmesinde VIKOR yöntemi ise firmaların birbirleriyle kıyaslanması için kullanılmıştır. Çalışma, on üç finansal oran kullanılarak yapılmıştır. Derecelendirme notu verilerek en başarılı çimento firmaları belirlenmeye çalışılmıştır.

Ege ve Yaman (2017) çalışmalarında, TOPSIS ve MOORA yöntemlerini kullanarak 2010-2016 yılları arası BİST’e kote olmuş çimento şirketlerinin finansal performanslarını hesaplamıştır. Bulunan finansal performansın şirketlerin pay getirileri üzerine etkilerini araştırmıştır.

Raika (2018) çalışmasında, Hindistan’da bulunan bazı çimento şirketlerinin finansal performanslarını analiz etmiştir. Bu amaçla ÇKKV yöntemlerinden AHP ve VIKOR yöntemlerinden yararlanmıştır.

Kızıl (2019) çalışmasında, 2015-2017 yılları arasında 14 çimento işletmesinin finansal performansları ile borsa performansının karşılaştırmasını yapmıştır. TOPSIS yöntemi kullanarak elde ettiği verilere göre; çimento işletmelerinin 2015 yılı ve 2017 yılı için finansal performansları ile borsa performansları arasında pozitif ilişki olmasına rağmen bu ilişkinin 2016 yılında anlamlı olmadığı tespit edilmiştir.

Atukalp (2019) çalışmasında 2013-2017 döneminde BİST Taş, Toprak Endeksinde yer alan on beş çimento şirketini Multi-MOORA yöntemi ile analiz etmiştir. Bu çalışmanın sonucunda Ünye Çimento en iyi performansa sahip şirkettir.

Çimento sektöründe VZA ile etkinlik ölçümü yapılan bazı çalışmalar Tablo 6’da özetlenmiştir.

Tablo 6. Çimento Sektöründe VZA ile Yapılan Çalışmalar

Yazar/Yıl	Araştırma Alanı	Girdi Değişkenleri	Çıktı Değişkenleri	Yöntem
Karsak ve İşcan (2000)	İMKB’de işlem gören çimento sektöründe 14 işletme	Personel sayısı Maddi duran varlıklar Öz sermaye Finansman giderleri	Net satışlar Esas faaliyet karı	CCR VZA modeli
Ulucan (2000)	İMKB ‘de işlem gören 225 işletme	Personel sayısı Duran varlıklar Ödenmiş sermaye	Şirket hisse piyasa değeri Net kar Net satışlar	VZA Yöntemi
Kayalıdere ve Kargın (2004)	İMKB çimento ve tekstil sektörü	Personel sayısı Toplam aktif değeri Personel sayısı Maddi duran varlık değerleri	Net satışlar Net kar Net satışlar Net kar	Girdiye yönelik CCR
Yılmaz ve Çıracı (2004)	BİST’de işlem gören 15 çimento firması	Cari oran Asit Test Oranı Nakit Oranı Net işletme sermayesi/ Aktif Toplam	Satış Karlılığı Öz sermaye Karlılığı Aktif Karlılığı	Çıktı Yönlü VZA
Yıldız (2005)	İMKB’de işlem gören 115 şirket	Personel sayısı Toplam Aktif	Net satışlar Net dönem karı	Girdi Yönlü VZA
Yıldız (2007)	İMKB’de imalat sektöründe 2005 yılında 105 İşletme	Toplam Aktifler Öz sermaye	Net satışlar Net dönem karı	Girdiye CCR ve BCC modelleri
Yalama ve Sayım (2008)	2005 Aralık dönemine ilişkin İMKB’ye faaliyet gösteren 157 tane imalat sektöründeki şirket	Cari oran Finansal kaldıraç oranı Öz kaynaklar/Toplam aktifler Öz kaynaklar/ Toplam yabancı kaynaklar Kısa vadeli yabancı kaynaklar/ toplam pasifler Maddi duran varlıklar/ Öz kaynaklar Net satışlar/ Toplam aktifler Net satışlar/ Öz kaynaklar	Öz sermaye karlılığı Aktif Karlılığı	Girdiye yönelik VZA yöntemi

Tablo 6 (Devam). Çimento Sektöründe VZA ile Yapılan Çalışmalar

Elitaş ve Eleren (2007)	Çimento sektöründe İMKB'ye kayıtlı 10 işletme	Yabancı ve öz kaynaklar girdileri	Net karlılık	Girdiye yönelik CCR ve BCC
Kula ve Özdemir (2007)	İMKB çimento sektöründeki 17 işletme	Cari oran Öz kaynak/toplam aktif Finansal kaldıraç oranı Maddi duran varlıklar/ Öz kaynaklar Kısa vadeli yabancı kaynaklar/Toplam pasif Net satışlar /Öz kaynak Net satışlar/ Toplam aktif	Öz kaynak karlılığı Aktif karlılık Satış karlılık oranları	Girdiye yönelik VZA
Bayyurt ve Sagbansua (2007)	2002 yılında imalat sanayi firmaları içinde ilk 1000'de yer alan 11 çimento firması	Cari oran Stok devir hızı Kaldıraç oranı Makine tesis cihazlar Nakit akışlar Öz sermaye	Karlılık Borsa getirisi Verimlilik	VZA Yöntemi
Kula ve Özdemir (2009)	BIST'de işlem gören 16 çimento firması	Cari oran Öz kaynak / Toplam Varlıklar Finansal Kaldıraç Oranı Net satışlar /Toplam Varlıklar KVYK / Toplam Kaynaklar Maddi Duran Varlıklar / Öz kaynaklar Net satışlar / Öz kaynak	Öz kaynak Karlılığı Satış Karlılığı Varlık Karlılığı	Girdi yönlü VZA
Cenger (2011)	İMKB çimento sektöründe faaliyet gösteren 12 işletme	Cari oran Borçluluk oranı Nakit oran Maddi duran varlık/Uzun vadeli yabancı kaynak	Öz kaynak karlılığı Aktif karlılığı Satışların karlılığı Alacak devir hızı Stok devir hızı	Girdi ve çıktıya yönelik CCR
Gerek ve diğerleri (2011)	Türkiye'de çimento sektöründe faaliyet gösteren 16 şirket	Cari oran Borç Devir Hızı Toplam Borç/Öz kaynak Maddi Duran Varlık / Devamlı Sermaye	Stoklar / Dönen Varlıklar Alacak Devir Hızı Faiz Giderleri / Net Satışlar Stok Devir Hızı Net Kar Marjı Aktif Karlılık Oranı	Ölçeğe göre sabit getiri VZA yöntemi

Tablo 6 (Devam). Çimento Sektöründe VZA ile Yapılan Çalışmalar

Başkaya ve Öztürk (2012)	İMKB çimento sektöründe faaliyet gösteren 15 işletme	Cari oran Likidite Oranı Nakit Oranı Finansal kaldıraç oranı	Varlık Karlılığı Öz kaynak karlılığı Net karlılık Brüt kar	Bulanık VZA
Senger vd. (2013)	Borsa İstanbul'da işlem gören ve Taş ve Toprağa Dayalı Sektör altında sınıflandırılan 26 firma	Cari oran Alacak Devir Hızı Asit-test oranı Toplam borçlar/Toplam aktifler oranı Stok devir hızı	Net kâr/toplam aktif oranı Net kâr/öz sermaye oranı Net kâr/net satışlar	VZA
Akbulut ve Rençber (2015)	BIST kote olmuş Çimento sektöründe faaliyet gösteren 17 işletme	Cari oran Maddi Duran Varlıklar / Öz kaynaklar Finansal kaldıraç oranı KVYK/Toplam pasif Uzun vadeli borçlar /Toplam aktifler	Öz kaynak Karlılığı Net Kar Marjı Aktif Karlılığı Alacak Devir Hızı Stok Devir Hız	Girdi yönlü VRS ve CRS modelleri
Öztürk (2016)	BIST kote olmuş Taş ve Toprağa Dayalı Sanayi Endeksi içerisinde yer alan 9 çimento	Satışların maliyeti/satışlar Genel yönetim giderleri/ Satışlar Pazarlama satış ve dağı. giderleri/satışlar	Aktif karlılığı Öz kaynak Karlılığı	Girdiye yönelik CCR
Çelik ve Ayan (2017)	İmalat sanayi sektöründeki alt sektörler ve alt sektördeki işletmeler	Aktif devir hızı Öz kaynak devir hızı Alacak devir hızı Toplam aktif Stok devir hızı Duran varlık devir hızı Öz kaynak devir hızı	Aktif karlık oranı Faaliyet Karlılık oranı Net satışlar Öz kaynak karlılık oranı	Girdiye yönelik CCR
Koçyiğit (2016)	2013-2016 Dönemlerinde Borsa İstanbul'a kayıtlı çimento işletmeleri	Ortalama Cari Oran Alacak Devir Hızı Varlık Devir Hızı Stok Devir Hızı Çalışma Sermayesi Devir Hızı Öz kaynak Devir Hızı	Varlık Kârlılığı Öz kaynak Kârlılığı Net Kâr Marjı	VZA ile girdi yönlü CCR-CRS ile BCC-VRS modelleri
Chandrasekaran ve Chitnis (2019)	2017-2018 dönemleri için Hindistan'da faaliyet gösteren 17 çimento Şirketleri	Hammadde Maliyeti Güç ve yakıt giderleri Maaş ve ücretler Toplam varlıklar	Toplam gelir	VZA ve Süper verimlilik veri zarflama
Mohammad Naushad (2020)	Suudi Arabistan'daki 2016-2019 yılları arasında çimento şirketlerinin ölçek etkinliğinin ölçülmesi	Satılan Malın Maliyeti Toplam Giderler	Satış Toplam Gelir	VZA

Tablo 6 (Devam). Çimento Sektöründe VZA ile Yapılan Çalışmalar

Oghani ve Diğerleri (2020)	İran çimento sektörüne kote olmuş 42 işletme	Satılan malın maliyeti	Toplam satış	VZA
		Genel idari ve net satış giderleri	Ekonomik değer	
		Finansal maliyetler	Piyasa katma değeri	
		Net diğer maliyetler		
		Ortalama sermaye maliyeti		
		Mülk tesis ve ekipman		
		Maddi olmayan duran varlıklar		

VZA uygulamasının sonucu etkin olarak değerlendirilen bir KVB'ler sonraki yıllarda etkinliğini kaybedip referans olma özelliğini yitirebilmektedir. Bunun yanında bir dönem etkinsiz olan bir KVB, bir sonraki dönemde performansını iyileştirerek etkin hale gelebilmektedir. Bu sebeple, yıllar içinde etkinliğin nasıl değişmekte olduğunu incelemek önemlidir. VZA literatüründe panel veri kullanarak etkinlik analizi gerçekleştirilen iki temel yöntem vardır. Bunlar, MVE ve VZA-Pencere Analizi yöntemleridir. Çimento sektöründe VZA-Malmquist modellerini kullanan birçok uygulama ve araştırmacı bulunmaktadır.

Keskin Benli (2006), çalışmasında 2000-2004 yıllarına ait verileri kullanarak İMKB'de faaliyet gösteren imalat işletmelerinin sektörel bazda performanslarını ölçmüştür. Analizde VZA ve Malmquist toplam faktör verimliliği endeksi (MTFVE) ile firmaların etkinlikleri ölçmüştür.

Alimohammadlou ve Mohammadi (2016) çalışmasında, 2012-2013 yıllarına ait verilerle İran çimento endüstrisinde yer alan 20 firmanın MTFVE ile etkinliklerini değerlendirmiştir.

Topçuoğlu ve Özer (2018), 1984-2012 periyoduna ait dengesiz panel veri kullanarak Türkiye'de faaliyet gösteren 24 çimento fabrikasının etkinlik skorlarını VZA ve MTFVE ile hesaplamıştır.

Gedik (2020) çalışmasında, İSO 500'de yer alan ve çimento sektöründe faaliyet gösteren yedi işletmenin 2014-2016 yıllarını kapsayan etkinlik değişimleri MTFVE kullanılarak ölçülmüştür.

VZA literatüründe panel veri kullanarak etkinlik analizi gerçekleştirilen diğer bir yöntem de VZA-Pencere Analizidir. Çimento sektöründe söz konusu yöntemin kullanıldığı çok az sayıda çalışmaya rastlanılmıştır. İlgili çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Muhammad ve diğeri (2018) Hint çimento şirketlerinin yıllar içindeki teknik etkinlik değişimini ölçmek için VZA pencere analizinde radyal olmayan ölçüyü (Slack tabanlı model) kullanmıştır. Araştırma, 2005-2015 döneminde Hintli çimento şirketlerinin dengesiz panel verilerine dayanmaktadır.

Savovic ve Mimovic (2020) çalışmasında 2000–2018 döneminde çimento endüstrisinde sınır ötesi satın almaların satın alınan şirketlerin verimliliği ve üretkenliği üzerindeki etkinliğini değerlendirmek için VZA-Pencere Analizi (DEA) ve MTFVE kullanılmıştır.

Mirmozaffari vd. (2020) çalışmasında 2014–2019 yılları arasında beş gelişmekte olan ülkeden 24 çimento şirketinin etkinlik değişimleri VZA-Pencere Analizi kullanarak karşılaştırılmıştır.

1.4. VZA Uygulamalarında Girdi-Çıktı Seçimi ve CILOS Yöntemi

VZA uygulamalarında girdi-çıkıtı setinin belirlenmesi önemli bir konulardan birisidir. VZA’da girdi ve çıkıtı seti değiştirildiğinde farklı etkinlik sonuçları çıkmaktadır. Bu sebeple firma performansını en iyi biçimde gösterecek girdi-çıkıtı değişkenlerinin belirlenmesi gerekmektedir. VZA’da tüm sektörlerdeki karar birimlerine uygulanabilecek standart girdi ve çıkıtı değişkenleri bulunmamaktadır. Uygulamada ele alınan soruna göre hangi değişkenlerin kullanılacağı, verilerin bulunabilirliği ve göreceli etkinlikleri ölçülmek istenen karar birimlerine göre değişiklik göstermektedir (Çakmak, Öktem ve Ömürgönülşen, 2009: 14).

Literatürde VZA problemine uygun girdi-çıkıtı setinin oluşturulmasında çoğunlukla çalışmanın yapılacağı sektörde performans ölçümünde en çok kullanılan girdi ve çıkıtı verileri dikkate alınmaktadır. Aynı zamanda uzman veya yönetici görüşlerinden yararlanarak subjektif değerlendirmeler de yapılmaktadır. Literatürde aynı hedef doğrultusunda birtakım objektif yöntemler de sunulmuştur. Bu objektif metotlar arasında çok değişkenli istatistik teknikleri yer almaktadır. Bu yöntemlerde en çok kullanılan korelasyon analizidir. Bu analize göre değişkenlerin aralarında yüksek korelasyona sahip girdi ve çıkıtı karması çıkarılmaktadır. Aynı amaç doğrultusunda kullanılan diğer teknik ise Temel Bileşenler Analizi (TBA)’dir. Yöntem bu amaçla ilk defa Ueda ve Hoshiai (1997) ve Adler ve Golany (2001) tarafından kullanılmıştır. VZA-TBA uygulamasında girdi ve çıkıtı kısıtlarının ağırlıklı doğrusal kombinasyonlarından oluşan temel bileşenleri

hesaplanmaktadır. Bir sonraki aşama ise asıl girdi ve çıktı değişkenlerinin yerine toplam varyansın yüzdesini büyük oranda açıklayan temel birleşenleri kullanarak etkinlik ölçülür. Bu sebeple karar birimlerinin ayrıştırıcı gücü artırılmaktadır. Simar ve Wilson (2001), Bootstrap yöntemini uygulayarak girdi ve çıktı değişkenlerinin sayısını azaltarak bazı test istatistiklerini içeren ve bu testlerin kritik değerlerini elde etmek için bu yöntemi sunmuştur. Fanchon (2003) ise değişkenleri belirlerken beş aşamadan oluşan ve iterasyona dayalı regresyon analizi yöntemiyle girdi ve çıktı değişkenlerini tespit eden bir yöntem sunmuştur. Jenkins ve Anderson (2003) çalışmalarında en az bilgi ile girdi ve çıktı değişkenlerini analizden çıkaran kısmi regresyon analizi sunmuşlardır. Aralarında yüksek korelasyona sahip kısıtların çıkarılmasıyla etkinlik skorunun önemli biçimde değiştiği sonucuna varılmıştır. Pastor ve diğerleri (2002) çalışmasında, Etkinlik Katkı Ölçümü biçimde ifade ettikleri girdi ve çıktı değişkenlerinde etkinlik skorlarının katkı düzeylerine göre hesaplanan bir teknik geliştirmişlerdir. Bu teknikte bir değişkenin aday değişkeni kabul edilmesiyle değişkenlerin yer aldığı aynı zamanda yer almadığı iki VZA skoru ölçülmektedir. Ardından Binomial test yardımıyla aday değişken etkinlik skoru göz önüne alınarak analize dâhil edilmekte veya çıkarılmaktadır.

Girdi ve çıktı seçiminde kullanılan diğer bir araç ise ÇKKV yöntemleridir. Literatürde kriterleri ağırlıklandırmak amacıyla birçok ÇKKV yöntemi önerilmiştir. Bu yöntemler üç kategoriye ayrılmaktadır. Bunlar, subjektif, objektif ve bütünleşik yöntemlerdir. ÇKKV literatüründe subjektif yöntemler sadece KVB'lerin yargılarına göre ağırlıklandırma yapmaktadır. Bu yöntemler arasında en çok tercih edilen tekniklere örnek olarak, AHP, Delphi yöntemi, Ağırlıklandırılmış En Küçük Kareler Yöntemi ve LINMAP yöntemleri verilebilir. Subjektif ağırlıklandırma karar vericilerin tecrübesi ve değer yargılarına ihtiyaç duyulduğu durumlarda yararlı bir yoldur. Subjektif yöntemler kullanılmadığı durumlarda ise objektif yöntemlere başvurulur. Objektif yöntemler karar vericilerin önyargılarını içermeyen, sadece eldeki ikincil veriye dayalı analiz yapan modellerdir. Bu teknikler subjektif yöntemlere göre daha kısa zamanda ve düşük maliyetle karar verilmesi gibi avantajlara sahiptirler. Objektif ağırlıklandırma yöntemlerine örnek olarak CRITIC yöntemi (Diakoulaki vd. 1995), Shannon Entropi yöntemi (Shannon, 1948) ve Çok Hedefli Programlama yöntemi (Choo ve Wedley, 1985) verilebilir (Çakır ve Perçin, 2013: 450).

Göreceli yeni sayılabilecek objektif ÇKKV yöntemlerinden birisi de CILOS (Criterion Impact Loss) yöntemidir. “Kriter Etki Kaybı” tekniği olarak Türkçe’ye çevrilebilecek yöntem, kullanılan kriterlerden biri optimum, başka bir ifadeyle maksimum ya da minimum değer aldığı anda, diğer her bir kriterin etki kaybını ölçmektedir (Mirkin, 1974: 256; Zavadskas ve Podvezko, 2016: 269). CILOS yöntemi kullanılarak yapılan bazı çalışmalar aşağıda özetlenmektedir.

Zavadskas vd. (2017) çalışmasında Vilnius’da yer alan 21 bölgenin sağlıklı ve güvenli çevreye sahip olma özelliklerine göre değerlendirmede bulunmuştur. Analizde kriter ağırlıklandırma, Entropy, CILOS ve IDOCRIW (Integrated Determination of Objective Criteria Weights) tekniklerinden faydalanılırken alternatifleri sıralamak için EDAS, SAW, COPRAS ve TOPSIS yöntemlerinden faydalanılmıştır. Cereska vd. (2018) çalışmalarında ayrı modelde çelik kabloların dayanıklılıklarının sıralaması için IDOCRIW, CILOS ve entropi yöntemleri ile kriterleri değerlendirirken alternatifleri EDAS, SAW, COPRAS ve TOPSIS yöntemleri ile sıralamışlardır. Podvezko vd. (2020) çalışmasında bulanık mantık ve CILOS yaklaşımlarını birlikte kullanarak örnek bir uygulamada Bulanık CILOS yöntemini ortaya koymuşlardır. İtik ve Sel (2021) yaptıkları çalışmada BİST’te ki ticaret sektörlerine yönelik finansal performans analizi uygulamasında CILOS ve TOPSIS yöntemlerinden faydalanılmıştır. Pala (2021) BİST’te faaliyet gösteren olan turizm firmalarına ait performanslarının analizinde CILOS ve MAIRCA yaklaşımlarını kullanmıştır.

Çimento sektörünün Türkiye ekonomisi ve çalışma hayatı açısı öneminden hareketle bu çalışmanın amacı VZA-Pencere Analizi ve CILOS Yöntemi kullanarak BİST’e yer alan ve çimento sektöründe faaliyet gösteren firmaların dinamik etkinliklerini analiz etmektir. Önerilen araştırma modeli iki aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada CILOS yöntemiyle girdi ve çıktı seçimi yapılmıştır. Çalışmada şirketlerin ikincil verileri kullanılmıştır. Bu sebeple girdi ve çıktı değişkenleri olarak ilgili şirketlerin mali verilerinden elde edilen finansal oranlardan faydalanılmıştır. Uygulamanın ikinci aşamasında VZA-Pencere analizi yöntemiyle Türkiye çimento sektöründe faaliyet gösteren ve BİST’e kote olan 12 firmanın 2015-2022 yılları arasındaki etkinlik değişimi ölçülmüştür. Bu sayede VZA-pencere analizi kullanılarak çimento sektöründe dinamik etkinlik ölçümüyle ilgili literatürde bulunan boşluğu doldurma yönünde katkı

sunulacaktır. Aynı zamanda bu çalışma CILOS yöntemiyle girdi-çıktı seçimi yapılan ilk çalışmalar arasındadır.



2. METODOLOJİ

Bu bölümde etkinlik ölçümünde kullanılan temel kavramlar ile çalışmada kullanılan matematiksel teknikler hakkında bilgi verilecektir.

2.1. Etkinlik Ölçümü ve Veri Zarflama Analizi

2.1.1. Performans

Performans, bir işletmenin başarı derecesini, başka bir deyişle hedeflerine ulaşım ve ulaşmama düzeylerini tanımlayan bir terimdir. Bir işletmenin başarısı ve devamlılığı performans değerlendirmesi ile belirlenmektedir (Karaman, 2009). Literatürde performans kavramının birçok tanımı olmasına rağmen, bunların genellikle benzer anlamlara geldikleri görülmektedir. Buna göre "amacı olan ve planlanan faaliyetlerin sonuçlarının niceliksel veya niteliksel olarak belirlenmesi" en geniş tanım olacaktır (Gülcü vd. 2004). İşletmelerin performansını ölçmek için birçok yöntem geliştirilmiştir. Bu amaçla genelde ÇKVY tekniklerinden veya VZA'dan yararlanılmaktadır. Bu yöntemlerin seçimi hangi amaca göre kullanılacağı bakımından farklılık göstermektedir (Esmer ve Bağcı, 2016).

2.1.2. Verimlilik (Productivity)

Verimlilik "savurganlıktan uzak, kaynakları en iyi biçimde değerlendirerek üretmek" demektir. Bu hususta genel anlamda verimlilik, "üretilecek mal ve hizmet miktarı ile bu mal ve hizmet miktarının üretilmesinde kullanılan girdiler arasındaki oran" olarak ifade edilebilir ve formülü aşağıdaki şekilde gösterilir (Milli Prodüktivite Merkezi, 2010):

$$\text{Verimlilik} = \frac{\text{Çıktı}}{\text{Girdi}} = \frac{\text{Üretim sonucu}}{\text{Üretim Faktörleri}} \quad (1.1)$$

Bu formüle göre aynı miktardaki üretim faktörlerinden daha fazla mal veya hizmet üretimi sağlandığında verimlilik artacaktır. Aynı zamanda, çıktılar daha az mal veya hizmet kullanarak üretim yapıldığında verimlilik artacaktır. Bu sebeple verimlilik girdileri ve çıktıları beraber inceleyen bir yöntemdir.

Verimlilik "doğru işleri (etkililik) doğru şekilde (etkinlik) yapmak" şeklinde de ifade edilebilir. Matematiksel formül aşağıdaki gibi ifade edilebilir (Jackson vd.1999).

$$\text{Verimlilik} = \text{Etkililik} \times \text{Etkinlik} \quad (1.2)$$

Verimlilik genel olarak üç kısımdan oluşmaktadır. Bunlar; Kısmi faktör verimliliği, çoklu faktör verimliliği, toplam faktör verimliliği (TFV)'dir.

2.1.2.1. Kısmi Faktör Verimliliği

Kısmi Faktör Verimliliği, diğer değişkenlerin göz ardı edilmesiyle üretimde kullanılan tek girdi değişkeninin toplam üretimi nasıl etkilediğini ölçülmek istenildiğinde kullanılır. Bu doğrultuda verimliliği artırabilmek için kullanılan girdide ne derece iyileştirme yapılması gerektiğinde kullanılır. Kısmi Faktör Verimliliğinde ölçüm amacına göre girdi faktörleri değişmektedir. Kısmi Faktör Verimliliği matematiksel gösterimi aşağıda yer almaktadır (Pekel, 2001, syf:69).

$$\text{Kısmi Faktör Verimliliği} = \frac{\text{Toplam Çıktı}}{\text{Kısmi Girdi Miktarı}} \quad (1.3)$$

2.1.2.2. Çoklu Faktör Verimliliği

Çoklu Faktör verimliliğinde yapılacak olan çalışmada birden fazla üretim faktörünün verimliliği ölçülmek istenildiğinde kullanılır. Literatürde bazen toplam verimlilik şeklinde de kullanılmaktadır. Çoklu faktör verimliliğinin aşağıda matematiksel formülü yer almaktadır;

$$\text{Çoklu Faktör Verimliliği} = \frac{\text{Toplam Çıktı}}{\text{Birden Fazla Girdi}} \quad (1.4)$$

2.1.2.3. Toplam Faktör Verimliliği (TFV)

Üretim aşamasında kullanılan tüm faktörlerin toplam çıktıların toplam girdilere bölünmesiyle formülasyon elde edilmektedir (Demirtaş ve Tokat, 2012).

$$\text{Toplam Faktör Verimliliği} = \text{Toplam Çıktı} / \text{Toplam Girdi} \quad (1.5)$$

2.1.3. Etkililik (Effectiveness)

Etkililik kavramı işletmelerin veya bireylerin gerçekleştirdikleri çalışmaların sonucunda amaçlara ulaşma düzeylerini belirleyen performans biçimidir (Yükçü ve Atağan, 2009: 2). Bu kapsamda, "üretilen mal ve hizmetler gerçekten istenen ve faydalı çıktılar mıdır ya da üretim ile amaçlanan sonuç elde edilebilmiş midir? " sorusuna alınan cevapları ifade etmektedir (Yavuz, 2003: 12). Etkililik formülü aşağıda gösterilmektedir:

$$\text{Etkililik} = \frac{\text{Gerçekleşen Çıktı}}{\text{Beklenen Çıktı}} \quad (1.6)$$

2.1.4. Etkinlik (Efficiency)

Etkinlik kavramı işletmelerin belirlemiş olduğu amaçlarına ulaşma hedefleriyle kaynakları en verimli şekilde kullanmasıdır (Kyriaki, 2017). Amaca yönelik olduğundan etkinlik kavramı işletmelerin veya bireylerin genel performansını yansıtmaktadır. Bu nedenle de en önemli performans göstergesi olarak kullanılmaktadır (Yeşilyurt, 2009). Etkinlik formülü aşağıdaki şekildedir:

$$\text{Etkinlik} = \frac{\text{Standart Performans (Değer)}}{\text{Gerçekleşen (Fiili) Değer}} \quad (1.7)$$

Etkinlik, istenilen çıktı seviyesini en az girdi kullanarak elde etmek veya amaçlanan çıktıyı elde etmek için mutlak girdileri kullanmak olarak da nitelendirilebilir. Etkinlik oranının "1" değerinden düşük olması demek beklendiği gibi etkinlik seviyesine ulaşamadığını göstermektedir (Yükçü ve Atağan, 2009).

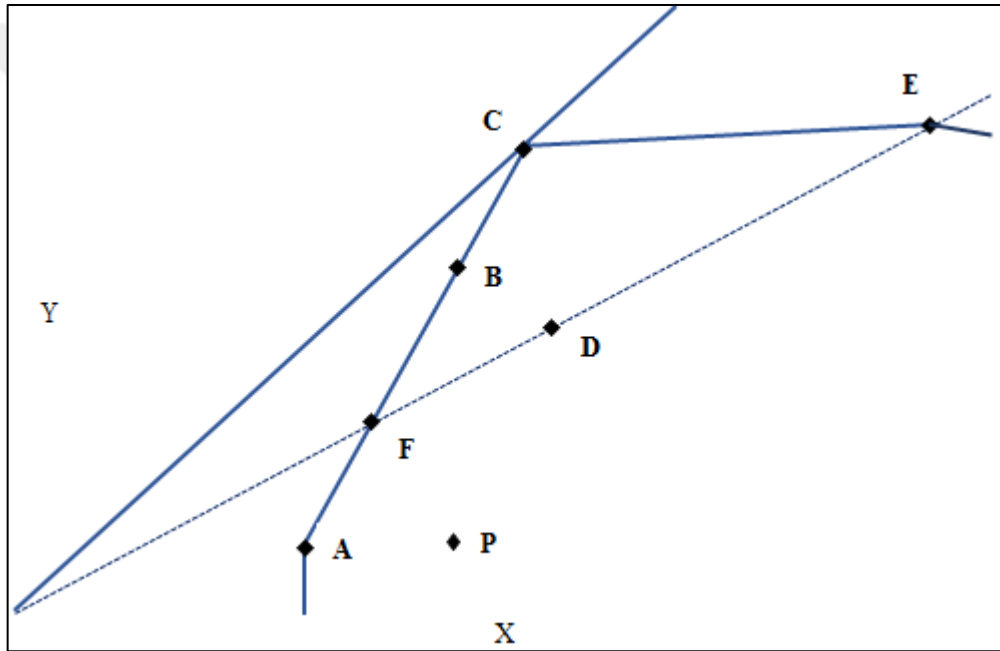
Firmaların etkinlikleri; Teknik etkinlik, Tahsis (fiyat) etkinliği ve Ölçek etkinliği olmak üzere üç ana yönden incelenebilir.

2.1.4.1. Teknik Etkinlik

Teknik etkinlik girdi değişkenlerini en verimli şekilde kullanarak maksimum çıktıyı üretme başarısı şeklinde tanımlanabilir (Taşköprü, 2014). Literatürde kullanılan etkinlik kavramı genellikle teknik etkinliği ifade etmektedir. İşletmeler girdi

değişkenlerinden maksimum çıktı elde ederse verimlilik artacağından teknik etkinlik de artacaktır (Beridze ve Anbar, 2019).

Şekil 8 'de görüldüğü üzere tek girdi ve tek çıktı durumları dikkate alınarak yapılan analiz sonuçlarına göre, A,B,C,E ve F etkinlik eğrisi üzerinde yer aldığı için teknik etkindirler. D ve P ise etkinlik eğrisi sınırlarında yer almadıklarında ötürü teknik olarak etkinsizlerdir. Bu örnekte B ve P aslında aynı miktarda girdi kullanmasına rağmen B işletmesi P 'ye oranla daha fazla çıktı üretmektedir. Ayrıca P ile A aynı çıktı ekseninde yer almalarına rağmen P bu çıktıya ulaşmak için daha fazla girdi kullanarak israfta bulunmaktadır. Bu değerlendirmeler P'nin teknik etkin olmadığını göstermektedir (Kecek, 2010).



Şekil 8. Teknik Etkinlik ve Verimlilik

Kaynak: (Kecek, 2010)

2.1.4.2. Tahsis (Fiyat) Etkinliği

Tahsis etkinliği, işletmelerin fiyat düzeyi ve üretimine bakılarak en iyi girdi birleşimini seçerken maksimum çıktı elde etmesidir (Beridze ve Anbar, 2019). Tahsis etkinliğinin gerçekleşmesi için üç koşulun gerçekleşmesi gerekmektedir. Bunlar:

- İktisadi etkinlik
- Tüketim etkinliği
- Marjinal sosyal fayda = marjinal sosyal maliyet

2.1.4.3. Ölçek Etkinliği

Ölçek etkinliği, uygun ölçekte başarılı bir üretim yapma durumu olarak kabul edilmektedir. Ölçek etkinliği aynı zamanda en verimli ölçek büyüklüğüne olan yakınlık olarak da ifade edilmektedir (Kandemir, 2016). Üretim esnasında üç farklı getiri söz konusu olmaktadır. Ölçeğe göre getiri sonucu 1'den büyük olduğu durumlarda yani çıktı miktarı girdi miktarından daha fazla ölçekte bir artış sağlıyorsa ölçeğe göre artan getiri söz konusudur. Ölçeğe göre getiri sonucu 1'e eşitse bu girdi miktarı ve çıktı miktarının aynı oranda artış gösterdiği durumda üretimde ölçeğe göre sabit getiri olduğu varsayılır. Ölçeğe göre getiri 1'den küçük ise girdi miktarlarındaki mutlak orandaki artışın çıktıda daha az ölçekte bir artış sağlaması durumunda üretimde ölçeğe göre azalan getiri söz konusudur (Pamuk, 2018).

2.2. Etkinlik Ölçüm Yöntemleri

Etkinlik ölçüm yöntemleri parametrik yöntemler, parametrik olmayan yöntemler ve oran analizi şeklinde üç gruba ayrılmaktadır.

2.2.1. Oran Analizi

Oran Analizi kurum ve kuruluşların kar amacı gütmeyen mali durumunu görmeye yarayan önemli bir yöntemdir. Finansal analizciler geçmiş yıllardan beri bu analizlerce çalışma gösterip iyi yönde sonuçlara ulaşmışlardır (Chabotar, 1989). Oran analizi tek bir girdi ve çıktıya sahip şekilde verimliliği değerlendirmek için tercih edilen bir yöntemdir. Tek girdi ve tek çıktı ile kısıtlı olduğundan kullanımı kolay performans ölçüsüdür. Ancak, orantısız çoklu girdi veya çoklu çıktılar için durum böyle değildir (Thanassoulis ve Dyson, 1996). Bu durumdan ötürü çoklu girdi ve çoklu çıktısı olan üretim sistemlerinde etkinlik değerlendirmesi yetersiz kalmaktadır. Çünkü oran analizi ile performans tek boyutta inceleneceği için diğer boyutlar ihmal edilecektir.

2.2.2. Parametrik (Ekonometrik) Yöntemler

Parametrik yöntemlerde performansa bakılırken genellikle tahmin için üretim fonksiyonunda tek çıktı değişkeni ile birden fazla girdi değişkeninin aralarındaki bağı görmek için çoklu regresyon teknikleri kullanılmaktadır (Gülcü vd. 2004). Bu analizlerde regresyon çizgisi üzerinde yer alan birimler etkin kabul edilmekte, regresyon çizgisinin

üzerinde yer almayan gözlemler ise etkinsiz olarak değerlendirilmektedir (Özden, 2008: 168).

2.2.3. Parametrik Olmayan Yöntemler

Parametrik olmayan yöntemler ilk olarak Farell (1957) ve Fieldhouse (1962) tarafından kullanılmıştır. Bu yöntemler daha çok doğrusal programlama kullanarak etkinlik çizgisine olan mesafeyi ölçmeye çalışırlar (Kecek, 2010). Parametrik olmayan yöntemler çok girdi ve çıktıya sahip olan problemlerde kullanılmaya daha uygun olup parametrik yönteme göre daha esneklerdir (Kaya ve Aktan, 2011). Bu yöntemler arasında en yaygın kullanılan model Veri Zarflama Analizi (Data Envelopment Analysis) tekniğidir ve Cooper, Charnes ve Rhodes tarafından 1978 yılında geliştirilmiştir (Ersoy, 2018). Tablo 7’de bahse konu ölçüm teknikleri listelenmektedir.

Tablo 7. Etkinlik Ölçüm Teknikleri

	Deterministik	Stokastik
Parametrik (Ekonometrik)	Cobb-Douglas Türü Üretim Fonksiyonu	Stokastik Üretim Sınırı Malmquist TFE Endeksi (Uzaklık fonksiyonlarının stokastik olarak belirlenmesi durumunda)
Parametrik Olmayan (Doğrusal Programlama)	Veri Zarflama Analizi Malmquist TFE Endeksi	

Kaynak: Yavuz, 2003: 39

2.3. Veri Zarflama Analizi

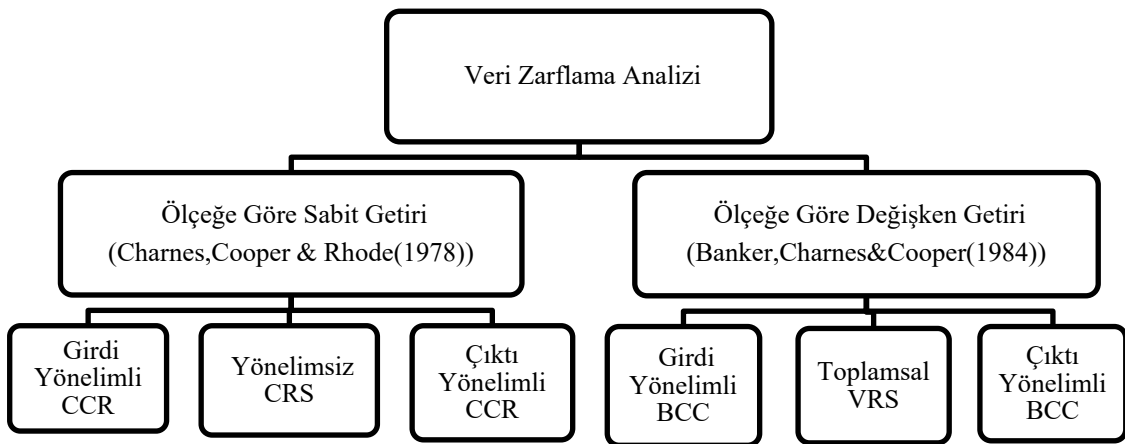
2.3.1. Veri Zarflama Analizi İle İlgili Genel Bilgiler

Parametrik olmayan yöntemler arasında etkinlik ölçümünde yaygın olarak kullanılan yöntem VZA’dır. VZA 1957 yılında Farrell’in yapmış olduğu çalışmalara dayalı olarak Charnes, Cooper ve Rhodes (CCR) ve Banker, Charnes ve Cooper (BCC) tarafından geliştirilmiştir (Özkan ve Özcan, 2018). VZA, genellikle kamu kurumları, bankacılık, sağlık, imalat sanayi gibi alanlarda faaliyet gösteren firmaların etkinliklerini ölçmek ve performanslarını değerlendirmek için kullanılan bir yöntemdir (Behdioğlu ve Özcan, 2009: 303). VZA’nın etkinlik ölçümünde çok tercih edilmesinin sebeplerinden

biri, girdi ve çıktı değişkenlerinin aynı ölçü birimiyle ifade edilemediği durumlarda etkinlik ölçümüne imkân tanıması aynı zamanda etkin olmayan birimlerin etkin hale gelebilmesi için yapılması gereken işlemlere ilişkin çözüm yolu gösterebilmesidir (Sarı, 2015: 9). VZA karar birimlerinin performansını 0-1 arasında değerler alan bir skor kullanarak ölçer. Etkinlik skoru 1 çıkan birimlerin performansı “en iyi” olarak tanımlanırken, bu sınır altında kalan değerler veri noktalarını kapsamakta ve sınıra yakınlığa göre alınan skor değerleri 1 den küçük ve negatif olmayan skorları ifade etmektedir (Atılğan, 2012).

2.3.2. VZA Modelleri

VZA yöntemi ile etkinlik skorunu hesaplamak için çeşitli modeller kullanılmaktadır. Bu modeller arasında en çok tercih edilenleri CCR ve BCC modelleridir. CCR modelleri ölçeğe göre sabit getiri (Constant Returns to Scale- CRS) varsayımına dayanırken BCC modelleri ölçeğe göre değişken getiri (Variable Returns to Scale -VRS) varsayımına dayanmaktadır. Bu modeller hem girdiye yönelik (input oriented) hem de çıktıya yönelik (output oriented) olabilmektedir (Grmanová & Strunz, 2017,254). CCR modelinin etkinlik skoru, uygun girdi ve çıktı değişkenleri ve işlemlerin büyüklüğüne göre “genel” teknik etkinliği ifade ederken, BCC modelinin etkinlik skoru, “saf” teknik etkinliği ifade etmektedir (Rabar, 2017: 1773). Aşağıdaki şekil 9’da VZA modelleri gösterilmektedir.



Şekil 9. Veri Zarflama Analizi Modelleri

Kaynak: Özden (2008:170).

2.3.2.1. CCR (Charnes-Cooper-Rhodes) Modeli

VZA modeli Cooper, Charnes ve Rhodes tarafından geliştirilen doğrusal programlama yöntemi ile uygulanmaktadır. Bu modeller girdi ve çıktıya yönelik şekilde iki gruba ayrılmaktadır. Kendi aralarında ise primal (çarpan) ve dual (zarflama) model şeklinde karşımıza çıkmaktadır. Girdi yönlü model, çıktılar sabit kalırken, girdi miktarlarının ne kadar azaltılması gerektiğini belirlemeye çalışan modellerdir (Charnes ve diğerleri, 1994). Kesirli modeller hesaplanması açısından bazı zorluklar içerdiği için Charnes ve Cooper 1962 yılında doğrusal programa modelini önermişlerdir. Primal ve dual CCR modelleri aşağıdaki gibidir;

Girdi Yönlü CCR Primal Modeli

$$\begin{aligned}
 E_k &= \max \sum_{r=1}^s \mu_r Y_{rk} \\
 \sum_{r=1}^s v_r X_{ik} &= 1 \\
 \sum_{r=1}^s \mu_r Y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i X_{ij} &\leq 0 \quad j = 1, \dots, n \\
 v_i &\geq \varepsilon, \mu_r \geq \varepsilon \quad i = 1, \dots, m; r = 1, \dots, s
 \end{aligned} \tag{2.0}$$

KVB_k'nin CCR- etkin olması için aşağıdaki iki şartın sağlanması gerekmektedir (Cooper ve diğerleri, 2000: 24).

$$E_k = 1$$

En az bir optimal ağırlık seti ($\mu^* v^*$), için $\mu_k^* > 0$ ve $v_k^* > 0$ olmalıdır. Diğer durumlarda KVB_k için CCR-etkinsizlik durumunu ifade eder.

Girdi Yönlü CCR Dual Modeli

$$\begin{aligned}
 E_k &= \min \theta_k - \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right) \\
 \sum_{j=1}^n X_{ij} \lambda_j + s_i^- &= \theta X_{ik} \quad i = 1, \dots, m \\
 \sum_{j=1}^n Y_{rj} \lambda_j - s_r^+ &= Y_{rk} \quad r = 1, \dots, s
 \end{aligned} \tag{2.1}$$

$$\lambda_j, s_r^+, s_i^- \geq 0 \quad \forall i, j, r$$

$$\theta_k \quad \text{sınırsız}$$

Formüldeki;

X_{ij} : j' inci karar verme biriminin kullandığı i' inci girdi miktarıdır.

Y_{ij} : j' inci karar verme biriminin kullandığı r' inci çıktı miktarı

θ_k : KVB_k 'nin girdilerinin radyal olarak ne kadar azaltılabileceğini gösteren daralma katsayısını

S_i^- : KVB_k 'nın i. girdisine ait radyal olarak ölçülemeyen ancak azaltılması mümkün aylak değişkeni

S_i^+ : KVB_k 'nın r. çıktısına ait radyal olarak ölçülemeyen ancak artırılması mümkün aylak değişkeni

λ_j : KVB 'nin yoğunluk değeri

KVB_k 'nin tam etkin olması için aşağıdaki iki durumun sağlanması gerekmektedir. Aksi takdirde ilgili birim CCR-etkinsiz olarak ifade edilir (Charnes ve diğerleri, 1994: 32).

- ✓ $E_k = 1$; $\theta_k^* = 1$; $\lambda_k^* = 1$ ve $\lambda_j^* \neq 0$ için $j \neq k$ olmalıdır
- ✓ Tüm aylak değişkenlerin değeri sıfırdır.

Çıktıya yönelik CCR modelleri ise girdiler değiştirilmeden maksimum çıktıya ulaşmak için çıktıların ne kadar artırılması gerektiğini belirler.

Çıktı Yönlü CCR Primal Modeli

$$\begin{aligned} E_k &= \min \sum_{i=1}^m v_{ik} X_{ik} \\ \sum_{r=1}^s \mu_r Y_{rj} &= 1 \\ \sum_{i=1}^m v_i X_{ij} - \sum_{r=1}^s \mu_r Y_{rj} &\geq 0 \quad j=1, \dots, n \\ v_i, \mu_r &\geq \varepsilon \quad i = 1, \dots, m; r = 1, \dots, s \end{aligned} \tag{2.2}$$

Bir KVB 'nin çıktıya yönelik CCR-etkin çıkabilmesi için aşağıdaki şartları sağlaması gerekmektedir.

- $E_k=1$
- En az bir optimal ağırlık seti (μ^* , v^*), için $\mu_k^* > 0$ ve $v_k^* > 0$ olmalıdır.

Çıktı Yönlü CCR Dual modeli

$$E_k = \max \Phi_k + \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right)$$

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} \lambda_j + s_i^- = X_{ik} \quad i = 1, \dots, m \quad (2.3)$$

$$\sum_{j=1}^n Y_{rj} \lambda_j - s_r^+ = \Phi Y_{rk} \quad r = 1, \dots, s$$

$$\lambda_j, s_r^+, s_i^- \geq 0 \quad \forall i, j, r$$

$$\Phi_k \text{ sınırsız}$$

KVB_k'nın etkin çıkması için aşağıdaki koşulları sağlaması gerekmektedir.

$E_k = 1; \theta_k^* = 1; \lambda_k^* = 1$ ve $\lambda_j^* \neq 0$ için $j \neq k$ olmalıdır

- Tüm aylak değişkenlerin değeri sıfırdır.
- Modeldeki diğer semboller girdi yönlü modelle aynıdır.

Yukarıda ifade edilen CCR modellerine ait matematiksel notasyonlar Tablo 8’de sunulmaktadır.

Tablo 8. CCR-VZA Modelleri

Girdiye Yönelik Model	
Çarpan Model	Zarflama Modeli
$E_k = \max \sum_{r=1}^s \mu_k Y_{rk}$ $\sum_{r=1}^m v_r X_{ik} = 1$ $\sum_{r=1}^s \mu_r Y_{rj} - \sum_{r=1}^m v_i X_{ij} \leq 0 \quad j=1, \dots, n$ $v_i \geq \varepsilon, \mu_r \geq \varepsilon \quad i=1, \dots, m; r=1, \dots, s$	$E_k = \min \theta_k - \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right)$ $\sum_{j=1}^n X_{ij} \lambda_j + s_i^- = \theta X_{ik} \quad i = 1, \dots, m$ $\sum_{j=1}^n Y_{rj} \lambda_j - s_r^+ = Y_{rk} \quad r = 1, \dots, s$ $\lambda_j, s_r^+, s_i^- \geq 0 \quad \forall i, j, r$ $\theta_k \text{ sınırsız}$
Çıktıya Yönelik Model	
Çarpan Model	Zarflama Modeli
$E_k = \min \sum_{i=1}^m v_{ik} X_{ik}$ $\sum_{r=1}^s \mu_r Y_{rj} = 1$ $\sum_{i=1}^m v_i X_{ij} - \sum_{r=1}^s \mu_r Y_{rj} \geq 0 \quad j=1, \dots, n$ $v_i, \mu_r \geq \varepsilon \quad i = 1, \dots, m; r = 1, \dots, s$	$E_k = \max \Phi_k + \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right)$ $\sum_{j=1}^n X_{ij} \lambda_j + s_i^- = X_{ik} \quad i = 1, \dots, m$ $\sum_{j=1}^n Y_{rj} \lambda_j - s_r^+ = \Phi Y_{rk} \quad r = 1, \dots, s$ $\lambda_j, s_r^+, s_i^- \geq 0 \quad \forall i, j, r$ $\Phi_k \text{ sınırsız}$

2.3.2.2. Referans Kümesi

Referans kümesinin amacı etkin çıkmayan girdi ya da çıktı karar birimlerinin etkin olması için çıktıların ne kadar artacağı ya da girdilerin ne kadar azaltılacağı hakkında yardımcı olmaktadır (Güran ve Cingi, 2002: 69). Kısacası etkin çıkması hakkında bilgi vermektedir. Referans kümesindeki KVB ‘ye ait çıktı ve girdi değerleri aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır (Tarım, 2001: 67).

$$\text{Kuramsal Girdi} = \sum_{j=1}^n X_{ij} \lambda_j \quad (i = 1, \dots, m) \quad (2.4)$$

$$\text{Kuramsal Çıktı} = \sum_{j=1}^n Y_{rj} \lambda_j \quad (r = 1, \dots, s)$$

Kuramsal girdi ve çıktıların aylak değişkenlerin yardımıyla aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır (Cooper ve diğerleri, 2000: 47).

$$\text{Kuramsal Girdi} = \theta_k X_{ik} - s_i^- \quad (i = 1, \dots, m) \quad (2.5)$$

$$\text{Kuramsal Çıktı} = Y_{rk} + s_r^+ \quad (r = 1, \dots, s)$$

2.3.2.3. Banker-Charnes-Cooper (BCC) modeli

BCC VZA modeli Banker ve diğ. (1984) tarafından girdiler ve çıktılar arasındaki orantılılığın etkin sınır boyunca sabit olmadığı durumların üstesinden gelmek için önerilmiştir ve ölçeğe göre değişken getiri varsayımına dayanmaktadır (Mello vd. 2013). BCC modeli de CCR modeliyle aynı şekilde girdi ve çıktıya yönelik olarak iki farklı şekilde yorumlanmaktadır Model, CCR modeline aşağıdaki kısıt eklenerek oluşturulmaktadır (Rasamison, 2014, s. 32).

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \quad (2.6)$$

BCC modelinin girdiye yönelik primal ve duali formülasyonu aşağıda gösterilmektedir.

Girdi yönlü BCC primal model

$$\begin{aligned} E_k &= \max \sum_{r=1}^s \mu_k Y_{rk} - \mu_k \\ \sum_{i=1}^m v_i X_{ik} &= 1 \\ \sum_{r=1}^s \mu_r Y_{rj} - \mu_k - \sum_{i=1}^m v_i X_{ij} &\leq 0 \quad j = 1, \dots, n \\ v_i, \mu_r &\geq \varepsilon \quad i = 1, \dots, m; r = 1, \dots, s \\ \mu_k &\text{ sınırsız} \end{aligned} \quad (2.7)$$

BCC ve CCR modelleri kıyaslandığında aralarındaki farkın serbest değişken μ_k olduğu görülmektedir. Dual modeldeki konvekslik kısıtıyla ilişkili olan μ_k değişkeni sayesinde ölçeğe göre getiriler hesaplanmaktadır. Modelin çözümü sonucunda;

- En az bir optimal çözüm için $\mu_k = 0$ olduğunda ÖGSG,
- Tüm optimal çözümler için $\mu_k > 0$ olduğunda ölçeğe göre azalan getiri,
- Tüm optimal çözümler için $\mu_k < 0$ olduğunda ölçeğe göre artan getiri altında

Girdi Yönlü BCC dual model

$$\begin{aligned} E_k &= \min \theta_k - \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right) \\ \sum_{j=1}^n X_{ij} \lambda_j + s_i^- &= \theta X_{ik} \quad i = 1, \dots, m \\ \sum_{j=1}^n Y_{rj} \lambda_j - s_r^+ &= Y_{rk} \quad r = 1, \dots, s \\ \sum_{j=1}^n \lambda_j &= 1 \\ \lambda_j, s_r^+, s_i^- &\geq 0 \quad \forall i, j, r \\ \theta_k &\text{ sınırsız} \end{aligned} \tag{2.8}$$

BCC modelinde saf etkinlik ve ölçek etkinlik değerleri birbirinden bağımsız hesaplanabilmektedir. BCC Modellerin ayrımı ve yorumlanması CCR modelleri ile benzerlik göstermektedir (Banker vd. 1984: 1087). VRS modeli CCR modeline benzer şekilde iki aşama şeklinde uygulanmaktadır. Birinci aşamada girdiler radyal olarak minimize edilirken ikinci aşamada aylak değişkenlerin optimize edilmesiyle etkin üretim sınırına erişilmektedir (Zhu, 2008: 8).

KVB_k'nin etkin olarak değerlendirilmesi için aşağıdaki şartları sağlaması yeterlidir.

$$E_k = 1 ; \theta_k^* = 1 ; \lambda_k^* = 1 ; \lambda_j^* = 0 \quad (j \neq k)$$

- Tüm aylak değişkenlerin değeri sıfırdır.

BCC modellerinde etkin olmayan KVB'lerin etkin duruma getirilmesi için yapılması gereken işlemler CCR modellerindeki gibi uygulanmaktadır.

Çıktı Yönlü BCC primal model

$$\begin{aligned} E_k &= \min \sum_{i=1}^m v_{ik} X_{ik} - v_k \\ \sum_{r=1}^s \mu_r Y_{rj} &= 1 \end{aligned} \tag{2.9}$$

$$\sum_{i=1}^m v_i X_{ij} - v_k - \sum_{r=1}^s \mu_r Y_{rj} \geq 0 \quad j = 1, \dots, n$$

$$v_i, \mu_r \geq \varepsilon \quad i = 1, \dots, m; r = 1, \dots, s$$

$$v_k \quad \text{sınırsız}$$

Çıktıya yönelik BCC modeline göre KVB_k 'nin BCC-etkin olarak değerlendirilmesi için aşağıdaki iki şartın gerçekleşmesi gerekmektedir.

- $E_k = 1$
- En az bir optimal ağırlık (μ^*, v^*) için $\mu_k^* > 0$ ve $v_k^* > 0$ olmalıdır. Aksi durumlarda KVB_k BCC-etkinsiz olarak değerlendirilir.

Çıktı Yönlü BCC dual model

$$E_k = \min \theta_k - \epsilon \left(\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right)$$

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} \lambda_j + s_i^- = \theta X_{ik} \quad i = 1, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^n Y_{rj} \lambda_j - s_r^+ = Y_{rk} \quad r = 1, \dots, s \quad (2.10)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$$

$$\lambda_j, s_r^+, s_i^- \geq 0 \quad \forall i, j, r$$

$$\theta_k \quad \text{sınırsız}$$

Bu modelde KVB_k 'nin etkin olabilmesi için aşağıdaki iki koşulun sağlanması gereklidir.

- $E_k = 1; \phi_k^* = 1; \lambda_k^* = 1; \lambda_j^* = 0 (j \neq k)$
- Tüm aylak değişkenlerin değeri sıfırdır.

Yukarıda bahsedilen BCC modellerine ait matematiksel formülasyonlar Tablo 9'da gösterilmektedir.

Tablo 9. BCC-VZA Modelleri

Girdiye Yönelik Model	
Çarpan Model	Zarflama Modeli
$E_k = \max \sum_{r=1}^s \mu_k Y_{rk} - \mu_k$ $\sum_{i=1}^m v_i X_{ik} = 1$ $\sum_{r=1}^s \mu_r Y_{rj} - \mu_k - \sum_{i=1}^m v_i X_{ij} \leq 0 \quad j = 1, \dots, n$ $v_i, \mu_r \geq \varepsilon \quad i = 1, \dots, m; r = 1, \dots, s$ $\mu_k \quad \text{sınırsız}$	$E_k = \min \theta_k - \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right)$ $\sum_{j=1}^n X_{ij} \lambda_j + s_i^- = \theta X_{ik} \quad i = 1, \dots, m$ $\sum_{j=1}^n Y_{rj} \lambda_j - s_r^+ = Y_{rk} \quad r = 1, \dots, s$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ $\lambda_j, s_r^+, s_i^- \geq 0 \quad \forall i, j, r$ $\theta_k \quad \text{sınırsız}$
Çıktıya Yönelik Model	
Çarpan Model	Zarflama Modeli
$E_k = \min \sum_{i=1}^m v_{ik} X_{ik} - v_k$ $\sum_{r=1}^s \mu_r Y_{rj} = 1$ $\sum_{i=1}^m v_i X_{ij} - v_k - \sum_{r=1}^s \mu_r Y_{rj} \geq 0 \quad j = 1, \dots, n$ $v_i, \mu_r \geq \varepsilon \quad i = 1, \dots, m; r = 1, \dots, s$ $v_k \quad \text{sınırsız}$	$E_k = \min \theta_k - \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right)$ $\sum_{j=1}^n X_{ij} \lambda_j + s_i^- = \theta X_{ik} \quad i = 1, \dots, m$ $\sum_{j=1}^n Y_{rj} \lambda_j - s_r^+ = Y_{rk} \quad r = 1, \dots, s$ $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ $\lambda_j, s_r^+, s_i^- \geq 0 \quad \forall i, j, r$ $\theta_k \quad \text{sınırsız}$

2.4. Veri Zarflama Analizinin Uygulama Aşamaları

VZA uygulama aşamaları aşağıda ifade edilmiştir.

- KVB'lerin belirlenmesi
- Girdi ve çıktı karmasının belirlenmesi
- VZA modelinin seçilmesi
- VZA modelinin çözümü
- Uygulama sonuçlarının değerlendirilmesi

2.4.1. Karar Verme Birimlerinin Belirlenmesi

VZA uygulamalarında ilk aşama etkinlik ölçümü için KVB'lerin belirlenmesi gerekmektedir. VZA uygulamalarında KVB'lerin homojen olması kısaca, özdeş girdi ve

çıktı değişkenleri kullanılması gerekmektedir (Kecek, 2010: 78-79). VZA modelinde KVB'ler için seçilen girdi sayısı (n) ve çıktı sayısı (m) ise, en az $(n+m+1)$ adet olmalıdır. KVB'lerin sayısına ilişkin farklı düşünceler olmasına karşın, genelde uygulamalarda KVB sayısının girdi-çıktı değişkenleri toplamının en az iki katı olması gerektiği şeklinde ifade edilmektedir (Budak, 2011: 97).

2.4.2. Girdi ve Çıktı Değişkenlerinin Seçimi

VZA çalışmalarında girdi ve çıktı değişkenlerinin seçimi uygulamaların iyi bir sonuç vermesi için önemlidir. Bu sebeple araştırmacılar en iyi şekilde girdi ve çıktı seti karmasını belirlemelidir (Yolalan, 1993: 67). Bununla birlikte uygun olan girdi ve çıktı değişkenlerinin pozitiflik ve eş-uyumluluk ilkelerine sahip olması gerekmektedir. Pozitiflik ilkesi girdi ve çıktı karmasının negatiflikten uzak olmasıdır. Eş uyumluluk ilkesi ise kurulan modelde herhangi bir girdi değişkeninde meydana gelen artış çıktı değişkenini arttırırken, herhangi bir çıktı değişkeninde azalma olmamalıdır. Literatürde bu amaç doğrultusunda korelasyon analizi yapılmakta ve kurulan modelde girdi çıktı faktörlerinin arasında eş-uyumluluk özelliği olması kabul görmektedir (Bowlin, 1998; 17).

2.4.3. VZA Modelinin Seçilmesi

VZA uygulamalarında diğer önemli bir aşamada uygun olan VZA modelini seçmektir. VZA modelleri girdi ve çıktı yönelimli olmak üzere ikiye ayrılır. Çalışmalarda girdi değişkenleri kontrol altına alınamadığı durumlarda çıktıya yönelik modeller kullanılır. Girdi yönlü modellerde ise belli bir düzeyde çıktı elde etmek için minimum düzeyde girdi kullanımı araştırılır. Araştırmacı çalışmada KVB'lerin etkinlik durumunu araştırıyorsa herhangi bir model tercih edebilir. Aksi durumda toplamsal modeller kullanılmamalıdır. Çünkü toplamsal modeller karma etkinliği gösterir (Sarı, 2015).

2.4.4. VZA Modelinin Çözümü

VZA çalışmalarında kullanılmak üzere özel VZA programları geliştirilmiştir. Diğer bir seçenek ise doğrusal programlama çözücüleridir. VZA uygulamalarında modelinin çözümü sonucunda aşağıdaki bilgiler ortaya çıkmaktadır (Ulucan, 2002:188).

- Etkin ve etkinsiz KVB'ler belirlenir.
- Etkinsiz çıkan KVB'ler referans kümeleri oluşturulur.
- Etkinsiz çıkan KVB'lerin girdi-çıkıtlara ilişkin aylak değişken değerleri bulunur.

2.4.5. Uygulama Sonuçlarının Değerlendirilmesi

VZA uygulaması sonucunda elde edilen veriler karar vericiler tarafından incelenir. Etkinsiz çıkan KVB'lerin etkin duruma nasıl getirilmesi konusunda önlemler araştırılır. Buna karşın çalışmaya konu olan endüstri hakkında varsayımlar yapılabilir (Yolalan, 1993: 66).

2.5. VZA'nın Güçlü ve Zayıf Yönleri

VZA'nın bazı güçlü ve zayıf yönleri bulunmaktadır. VZA'nın güçlü yönleri aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- VZA, çok sayıda girdi ve çıktı karması ile çalışabilir.
- VZA tekniği objektiftir ve sayısal verilere dayalıdır (Ramanathan, 2003: 177).
- VZA'da farklı ölçüm birimlerine sahip girdi çıktı değişkenleri için etkinlik ölçülebilir.
- VZA parametrik yöntemler gibi girdi-çıkıtlar için fonksiyonel varsayım gerektirmez.
- VZA yöntemi ile etkinliğine bakılan KVB'lerin etkin hale gelmesi için alternatifler gösterilir.

VZA'nın zayıf yönleri ise aşağıda sıralanmaktadır:

- VZA, veri hatalarına karşı çok duyarlıdır. Bu sebeple yanlış veriler etkinlik ölçümlerinde büyük hatalara sebep olabilir.
- VZA, KVB'leri etkin ve etkinsiz şeklinde ayrıştırabilmekte ancak etkin olan karar birimlerini sıralayamamakta ve karşılaştırma yapamamaktadır.
- VZA parametrik olmayan yöntemler arasında yer aldığı için hipotez testlerinin uygulaması oldukça zordur.
- VZA, KVB'lerin sadece göreceli etkinliklerinin ölçümünde kullanılır.
- VZA'da büyük boyutlu problemlerde her KVB için farklı doğrusal programa modeli kurulacağından çözümü çok zaman alıcıdır.

2.6. VZA – Pencere Analizi

Charnes, Clark, Cooper ve Golany tarafından 1985 yılında geliştirilen bu yöntemde her bir KVB'nin farklı periyotlardaki verileri farklı birer KVB olarak ele alınmaktadır. VZA'nın zamana bağlı bir sürümü olan pencere analizinin temeli hareketli ortalamalar yöntemine dayanır. Her bir karar verme birimlerinin zaman içerisindeki performans eğilimini göstermek amacıyla kullanışlı bir yöntemdir. VZA-Pencere analizi yönteminde her bir KVB'nin farklı zaman dilimindeki verileri farklı bir birimmiş gibi değerlendirilerek hesaplama yapılmaktadır.

Pencere (Window) analizinde KVB, süre ve pencere büyüklüğü kullanılan temel kavramlardır. Süre, KVB'nin izleneceği dönem/ periyot sayısını göstermektedir. Pencere büyüklüğünün belirlenmesi araştırmacının amacına göre değişmektedir. Pencere boyutunun küçük olması durumunda, daha az sayıda KVB'ye sebep olabilir ve bu durum çok sayıda değişkenle birleştiğinde analizin ayırım gücünü azaltabilir. Aynı zamanda, pencere boyutunun daha büyük olduğu durumlarda ise yanıltıcı sonuçlar çıkabilir, Bu sebeple zaman içinde ortaya çıkan büyük değişiklikler daha fazla pencere ile karşılanabilir (Cooper vd. 2011). Pencere analizinin adımları aşağıda açıklanmaktadır.

Değerlendirmeye alınan n sayıda KVB ve T sayıda periyot olsun. T sayısı her birinin genişliği k ($k < T$) olan pencere sayısına bölünür ve böylece her pencere $n*k$ sayıda KVB' den oluşur. Buna göre ilk pencere $\{1, \dots, k\}$ zaman periyotunda $n*k$ sayıda birime sahip olurken, ikinci pencere $\{2, \dots, k+1\}$ periyotta $n*k$ birime ve en son pencere de $\{T-k+1, \dots, T\}$ yine $n*k$ sayıda KVB' ye sahip olacaktır. Toplamda her biri $n*k$ birim içeren $T-k+1$ sayıda ayrı analiz yapılır.

Zaman periyodu t ile başlayan bir pencere analizinde girdi ve çıktı matrisleri sırasıyla aşağıdaki gibi gösterilir.

$$X_{tk} = \{x_1^t, x_2^t, \dots, x_n^t, x_1^{t+1}, x_2^{t+1}, \dots, x_n^{t+1}, \dots, x_1^{t+k}, x_2^{t+k}, x_n^{t+k}\} \quad (2.11)$$

$$Y_{tk} = \{y_1^t, y_2^t, \dots, y_n^t, y_1^{t+1}, y_2^{t+1}, \dots, y_n^{t+1}, \dots, y_1^{t+k}, y_2^{t+k}, y_n^{t+k}\}$$

Buna göre KVB n girdi ve çıktıları klasik CCR ve BCC modellerine adapte ederek VZA-pencere analizi uygulaması yapılabilir.

2.7. CILOS Yöntemi

CILOS yöntemi, 1976 yılında Mirkin tarafından sunulan ve daha sonra diğer çalışmalarda daha da geliştirilen bir objektif ağırlıklandırma yaklaşımıdır (Zavadskas, 1987). Yeni bir yöntem sayılabilecek CILOS yönteminde, diğer değişkenler için en büyük ya da en küçük sonuç elde edildiğinde her bir değişkenin önem dereceleri dikkate alınmaktadır. Bu yöntemin matematiksel algoritması hakkında aşağıda bilgiler verilmiştir (Cereška vd. 2016:2).

Adım 1: Karar matrisinin oluşturulması

m adet karar kriteri ve n adet karar alternatifinden oluşan bir karar matrisi X eşitlik (2.12) ile gösterilmektedir. Burada x_{11} 1. alternatifin 1. kriterden aldığı değeri göstermektedir.

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2m} \\ \vdots & & & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nm} \end{bmatrix} \quad (2.12)$$

Adım 2. Karar kriterlerinin fayda yönlüye dönüştürülmesi

CILOS yönteminin uygulanabilmesi için tüm karar değişkenlerinin fayda (maksimizasyon) yönlü olması gerekmektedir. Bu nedenle tüm maliyet (minimum) yönlü kriterler Eşitlik 2.13 yardımıyla fayda kriterine dönüştürülür. Maksimize edilmiş ölçütlerin değerleri için dönüştürme gerekmemektedir.

$$\bar{X} = \frac{\min x_{ij}}{x_{ij}} \quad (2.13)$$

Adım 3: Karar matrislerinin normalize edilmesi

Karar matrisinde yer alan birbirinden farklı indeks boyutlarının eşölçülemezlik üzerindeki etkilerini kaybetmek amacıyla indeksler çeşitli yöntemlerle normalize edilmektedir. Bu çalışmada tercih edilen normalizasyon formülü 2.14 ile gösterilmektedir.

$$\bar{X} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^n x_{ij}} \quad (2.14)$$

Adım 4: P bağıl kayıp matrisinin elde edilmesi

Bu aşamada, her bir kriter için alternatiflerin aldığı maksimum değerler;

$x_j = \max_i x_{ij} = x_{k_j j}$ şeklinde hesaplanır. Burada, $x_{k_j j}$ i . kriterin normalize matristeki maksimum değerini gösterir. Daha sonra bu maksimum değerlerin köşegen olarak yer aldığı bir A kare matrisi $A = \|a_{ij}\|, a_{ii} = x_i, a_{ij} = x_{k_i j} \ (i, j=1, 2, \dots, m \text{ kriter sayısını ifade eder})$ şeklinde oluşturulur. Buna göre A matrisinin i . satırı X matrisinin k_i satırındaki elemanlardan oluşacaktır.

$P = \|p_{ij}\|$ ile ifade edilen P-bağıl kayıp matrisi (2.15) numaralı eşitlik yardımıyla hesaplanır.

$$P_{ij} = \frac{x_j - a_{ij}}{x_j} = \frac{a_{ii} - a_{ij}}{a_{ii}}, \quad (p_{ii}=0; i, j=1, 2, \dots, m) \quad (2.15)$$

P matrisinde yer alan p_{ij} , i . kriter en iyi olarak seçildiğinde j . kriterin göreceli kaybını ifade edecektir.

Adım 5: Kriter ağırlıklarının hesaplanması

Yöntemin son aşamasında kriter ağırlıkları Denklem 2.16 kullanılarak hesaplanır.

$$Fw^T = 0 \quad (2.16)$$

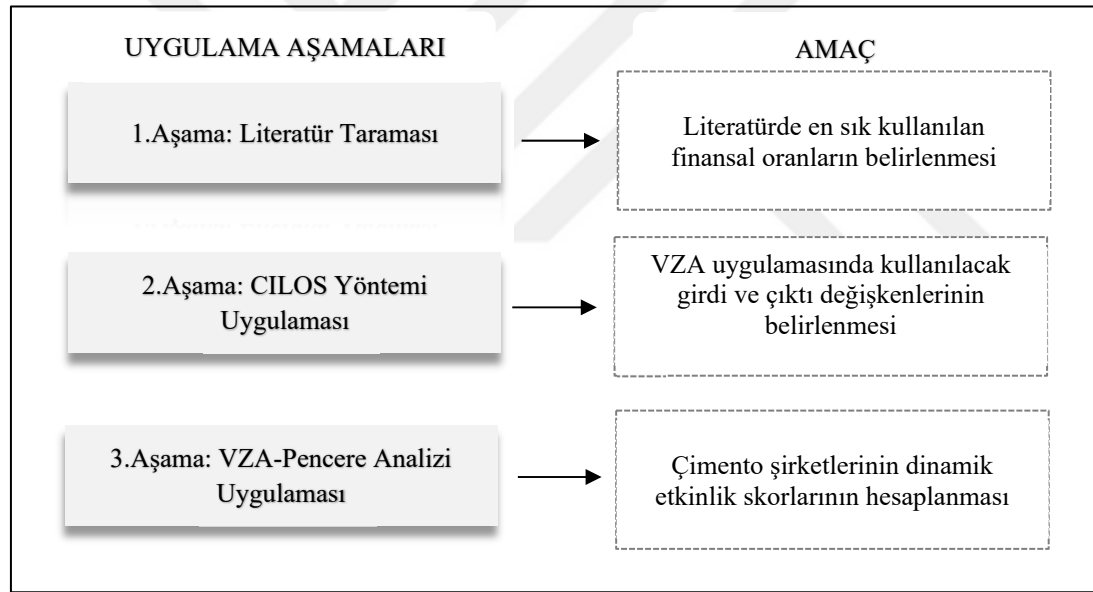
Burada w ağırlık vektörünü göstermek üzere F matrisi Eşitlik (2.17) ile hesaplanmaktadır.

$$F = \begin{bmatrix} -\sum_{i=1}^m P_{i1} & P_{12} & P_{1m} \\ P_{21} & -\sum_{i=1}^m P_{i2} & P_{2m} \\ P_{m1} & P_{m2} & -\sum_{i=1}^m P_{im} \end{bmatrix} \quad (2.17)$$

3. UYGULAMA

3.1. Araştırma Modeli

Bu çalışmada çimento sektörünün Türkiye ekonomisi açısından öneminden hareketle VZA-Pencere Analizi ve CILOS Yöntemi kullanarak BİST’e kote olmuş ve çimento sektöründe faaliyet gösteren 12 firmanın 2015-2022 yılları arasındaki sekiz yıllık verilerine göre dinamik etkinlikleri ölçülmüştür. Veriler Kamu Aydınlatma Platformu (KAP)’nun her yıl yayımladığı raporlardan derlenmiştir. Bu çalışmada ilk aşamada CILOS yöntemi ile 3 adet girdi ve 3 adet çıktı değişkeni belirlenecektir. İkinci aşamada ise girdi odaklı CCR ve girdi odaklı BCC Pencere modelleri kullanılarak çimento firmalarının etkinlik değişimleri incelenecektir. Buna göre araştırma modeli şekil 10’da gösterilmektedir.



Şekil 10. Araştırmanın Modeli

3.2. VZA-Pencere Analizi Uygulaması

VZA-Pencere analizi uygulama aşamaları aşağıda belirtilmiştir.

3.2.1. Değerlendirilecek Karar Verme Birimlerinin Seçimi

Etkinlik değerlerinin hesaplanabilmesi için ilk olarak uygun KVB seçiminin yapılması gerekmektedir. Bu çalışmada BIST’te kote olmuş 12 çimento fabrikası KVB olarak belirlenmiştir. Söz konusu karar birimleri Tablo 10’da yer almaktadır.

Tablo 10. Karar Verme Birimleri

KVB	Karar Birimi Adı	Borsa Kodu
KVB1	Afyon Çimento Sanayi Ticaret A.Ş	AFYON
KVB2	Akçansa Çimento Sanayi ve Ticaret A.Ş	AKCNS
KVB3	Baştaş Başkent Çimento Sanayi ve Ticaret A.Ş	BASCM
KVB4	Batiçim Batı Anadolu Çimento Sanayii T.A.Ş	BTCIM
KVB5	Batisöke Söke Çimento Sanayi Ticaret A.Ş	BSOKE
KVB6	Bursa Çimento Fabrikası A.Ş	BUCIM
KVB7	Çimentaş İzmir Çimento Fabrikası Ticaret A.Ş	CMENT
KVB8	Çimsa Çimento Sanayi ve Ticaret A.Ş	CIMSA
KVB9	Göлтаş Göller Bölgesi Çimento Sanayi ve Ticaret A.Ş	GOLTS
KVB10	Konya Çimento Sanayii A.Ş	KONYA
KVB11	Nuh Çimento Sanayi A.Ş	NUHCM
KVB12	Oyak Çimento Fabrikaları A.Ş	OYAKC

3.2.2. CILOS Yöntemiyle Girdi ve Çıktı Setinin Belirlenmesi

VZA yöntemlerinde KVB sayısı ile girdi ve çıktı değişkeni arasındaki ilişki dikkate alınarak uygulamada üç girdi ve üç çıktı değişkenleri kullanılması uygun görülmüştür. Bu doğrultuda birinci aşamada literatürde en çok kullanılan finansal oranlar seçilmiştir. Daha sonra belirlenmiş finansal oranlar literatürdeki uygulamalar değerlendirilerek girdi çıktı değişkenleri biçimde ikiye ayrılmıştır. Belirlenen 10 adet girdi 10 adet çıktı değişkenleri sırasıyla Tablo 11 ve Tablo 12’de yer almaktadır.

Tablo 11. CILOS Uygulamasında Kullanılan Girdi Değişkenleri

Kodu	Adı	Formülü	Kullanıldığı Çalışmalar
G1	Finansal Kaldıraç Oranı	$\text{Toplam Borç} / \text{Toplam Aktifler}$	Psillaki ve diğerleri (2010) Yalama ve sayım (2008)
G2	Borç-Öz Sermaye Oranı	$\text{Toplam Borç} / \text{Öz sermaye}$	Gutiérrez-Nieto ve diğerleri (2007) Gerek ve diğerleri (2011)
G3	Kısa Vadeli Borçların Toplam Borçlara Oranı	$\text{Kısa Vadeli Borçlar} / \text{Toplam Borçlar}$	Öcal ve diğerleri (2007) Babacan, Kısakürek ve Özcan (2009)
G4	Kısa Vadeli Borçların Toplam Aktiflere Oranı	$\text{Kısa Vadeli Borçlar} / \text{Toplam Aktifler}$	Yörük ve diğerleri (2013) Bardi (2020)
G5	Yabancı Kaynakların/ Öz Kaynaklara Oranı	$\text{Toplam Yabancı Kaynaklar} / \text{Öz kaynaklar}$	Yalama ve Sayım (2008) Gerek ve diğerleri (2011)
G6	Duran Varlıkların Devamlı Sermayeye Oranı	$\text{Duran Varlıklar} / (\text{Uzun Vadeli Borçlar} + \text{Öz Sermaye})$	Wang ve Lee (2008), Gerek ve diğerleri (2011)
G7	Maddi Duran Varlıklar	$\text{Net Satışlar} / \text{Ortalama Duran Varlıklara Oranı}$	Karsak ve İşcan (2000) Kayalidere ve Kargın (2004)
G8	Toplam Aktifler	$\text{Dönen Varlıklar} + \text{Duran Varlıklar}$	Yıldız (2007) Çelik ve Ayan (2017)
G9	Öz Sermaye	$\text{Toplam Aktifler} - \text{Toplam Borçlar}$	Bayyurt ve Sagbansua (2007) Yılmaz ve Çıracı (2004)
G10	Faaliyet Giderleri	$\text{Genel Yönetim Giderleri} + \text{Pazarlama Sat. ve Dağ. Giderleri}$	Yen ve Othman (2011) Akbalık ve Sırma (2013)

Tablo 12. CILOS Uygulamasında Kullanılan Çıktı Değişkenleri

Kodu	Adı	Formülü	Kullanıldığı Çalışmalar
Ç1	Alacak Devir Hızı	Net Satışlar / Ticari Alacaklar	Wang (2008) Cenger (2011)
Ç2	Stok Devir Hızı	Satılan Malın Maliyeti/Ortalama Stoklar	Ata ve Yakut (2009) Gerek ve diğerleri (2011)
Ç3	Aktif Devir Hızı	Net Satışlar/Ortalama Aktifler	Ahangar (2011) Çelik ve Ayan (2017)
Ç4	Maddi Duran varlıklar Devir Hızı	Net satışlar/ Ortalama maddi duran varlıklar	Kaya, Öztürk ve Özer (2010) Kızıl ve Aslan (2019)
Ç5	Net Kar Marjı	Net Kar/Net Satışlar	Halkos ve diğerleri (2012) Akbulut ve Rençber (2015)
Ç6	Öz Sermaye Kar Marjı (ROE)	Net Kar/Öz Sermaye	Tseng ve diğerleri (2009) Yılmaz ve Çıracı (2004)
Ç7	Aktif Kar Marjı (ROA)	Net Kar/Toplam Aktifler	Margaritis ve Psillaki (2007) Öztürk (2016)
Ç8	Esas Faaliyet Kar Marjı	Esas Faaliyet Karı/Net Satışlar	Dill ve diğerleri (2014) Babacan, Kısakürek ve Özcan (2009)
Ç9	Piyasa Değeri/Defter Değeri Oranı	Hisse Senedi Fiyatı/(Öz sermaye/ Ödenmiş Sermaye)	Chen ve diğerleri (2005) Bektaş ve Tekin(2013)
Ç10	Fiyat/Satış Oranı	Piyasa Değeri/ (Net Satışlar/Ödenmiş Sermaye)	Rizvi ve diğerleri (2012) Yılmaz (2019)

Kriter ağırlıklarının hesaplanması amacıyla firmaların 2015-2022 yılları arasındaki sekiz yıllık veriler kullanılmıştır. Buna göre her bir yıl için ayrı ayrı kriter ağırlıkları hesaplanmıştır. Daha sonra bu ağırlıkları kullanarak girdi değişkenleri için bütünleşik tek bir ağırlık skoru $\bar{w}_i$ elde edilmiştir. Bu amaçla Gao vd. (2017) tarafından önerilen denklem (3.1)'den yararlanılmıştır.

$$\bar{w}_i = \frac{\prod_{k=1}^K w_{ik}}{\sum_{i=1}^m \prod_{k=1}^K w_{ik}}, \quad k = \{1, \dots, K\} \quad (3.1)$$

Burada, K kriter ağırlıklandırma amacıyla kullanılan farklı yöntemlerin sayısını ifade etmektedir. Bu çalışmada ise $k = \{1, \dots, 8\}$ yıl sayısını göstermektedir.

Uygulamada ilk olarak CILOS yöntemiyle girdi değişkenleri belirlenmiştir.

3.2.2.1. CILOS Yöntemiyle Girdi Setinin Belirlenmesi

2022 yılı için girdi değişkenlerinin belirlenmesi adımları aşağıda açıklanmaktadır.

Adım 1: Karar matrisinin oluşturulması

2022 yılı verileriyle oluşturulan karar matrisi Tablo 13'te gösterilmektedir.



Tablo 13. 2022 Yılı Girdi Değişkenleri Karar Matrisi

	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10
KVB1	0,36	0,57	0,92	0,33	0,57	0,67	547.397.480	1.269.368.191	807.574.844	18.048.353
KVB2	0,55	1,20	0,90	0,49	1,20	0,90	1.124.359.479	8.601.508.214	3.667.092.549	280.455.901
KVB3	0,56	1,25	0,97	0,54	1,25	0,57	558.267.702	2.420.601.375	1.075.437.257	153.187.496
KVB4	0,77	3,33	0,45	0,35	3,33	1,12	4.714.641.000	6.748.994.000	1.560.186.000	230.083.000
KVB5	0,98	46,43	0,42	0,41	46,43	1,28	2.511.091.000	3.343.156.000	70.479.000	114.905.000
KVB6	0,17	0,20	0,88	0,15	0,20	0,46	1.631.157.491	5.328.120.504	4.444.966.302	330.436.341
KVB7	0,43	0,76	0,82	0,36	0,76	0,93	720.287.000	4.388.121.000	2.487.486.000	391.565.000
KVB8	0,47	0,90	0,91	0,43	0,90	0,86	1.759.933.650	11.598.581.031	6.108.559.189	401.151.953
KVB9	0,57	1,31	0,75	0,43	1,31	0,99	541.669.706	2.946.085.306	1.273.664.783	298.923.161
KVB10	0,68	2,17	0,96	0,66	2,17	0,75	379.649.387	1.663.467.012	524.432.049	127.754.994
KVB11	0,35	0,53	0,80	0,28	0,53	0,67	1.269.069.841	6.942.826.333	4.542.449.309	401.240.072
KVB12	0,35	0,54	0,88	0,31	0,54	0,60	2.488.219.540	11.357.888.086	7.364.215.108	552.912.888

Adım 2. Karar kriterlerinin fayda yönüne dönüştürülmesi

CILOS yönteminin uygulanabilmesi için kriterlerin tamamının fayda yönlü olması gerekmektedir. Bu nedenle tüm girdi değişkenleri Eşitlik 2.13 yardımıyla fayda kriterine dönüştürülmüştür. Buna göre elde edilen dönüştürülmüş matris Tablo 14'te gösterilmiştir.

Tablo 14. 2022 Yılı Girdi Değişkenleri Dönüşüm Matrisi

	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10
KVB1	0,4722	0,3509	0,4565	0,4545	0,3509	0,6866	0,6936	1,0000	0,0873	1,0000
KVB2	0,3091	0,1667	0,4667	0,3061	0,1667	0,5111	0,3377	0,1476	0,0192	0,0644
KVB3	0,3036	0,1600	0,4330	0,2778	0,1600	0,8070	0,6800	0,5244	0,0655	0,1178
KVB4	0,2208	0,0601	0,9333	0,4286	0,0601	0,4107	0,0805	0,1881	0,0452	0,0784
KVB5	0,1735	0,0043	1,0000	0,3659	0,0043	0,3594	0,1512	0,3797	1,0000	0,1571
KVB6	1,0000	1,0000	0,4773	1,0000	1,0000	1,0000	0,2327	0,2382	0,0159	0,0546
KVB7	0,3953	0,2632	0,5122	0,4167	0,2632	0,4946	0,5271	0,2893	0,0283	0,0461
KVB8	0,3617	0,2222	0,4615	0,3488	0,2222	0,5349	0,2157	0,1094	0,0115	0,0450
KVB9	0,2982	0,1527	0,5600	0,3488	0,1527	0,4646	0,7009	0,4309	0,0553	0,0604
KVB10	0,2500	0,0922	0,4375	0,2273	0,0922	0,6133	1,0000	0,7631	0,1344	0,1413
KVB11	0,4857	0,3774	0,5250	0,5357	0,3774	0,6866	0,2992	0,1828	0,0155	0,0450
KVB12	0,4857	0,3704	0,4773	0,4839	0,3704	0,7667	0,1526	0,1118	0,0096	0,0326
TOPLAM	4,7559	3,2199	6,7403	5,1941	3,2199	7,3355	5,0711	4,3653	1,4877	1,8427

Adım 3: Karar matrisinin normalize edilmesi

Denklem (2.14) kullanılarak veriler normalize edilmiştir. Buna göre hesaplanan normalize değerler Tablo 15’te verilmiştir.

Tablo 15. Girdi Değişkenleri için Normalizasyon Tablosu Matrisi

	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10
KVB1	0,0993	0,1090	0,0677	0,0875	0,1090	0,0936	0,1368	0,2291	0,0587	0,5427
KVB2	0,0650	0,0518	0,0692	0,0589	0,0518	0,0697	0,0666	0,0338	0,0129	0,0349
KVB3	0,0638	0,0497	0,0642	0,0535	0,0497	0,1100	0,1341	0,1201	0,0441	0,0639
KVB4	0,0464	0,0187	0,1385	0,0825	0,0187	0,0560	0,0159	0,0431	0,0304	0,0426
KVB5	0,0365	0,0013	0,1484	0,0704	0,0013	0,0490	0,0298	0,0870	0,6722	0,0852
KVB6	0,2103	0,3106	0,0708	0,1925	0,3106	0,1363	0,0459	0,0546	0,0107	0,0296
KVB7	0,0831	0,0817	0,0760	0,0802	0,0817	0,0674	0,1039	0,0663	0,0190	0,0250
KVB8	0,0761	0,0690	0,0685	0,0672	0,0690	0,0729	0,0425	0,0251	0,0078	0,0244
KVB9	0,0627	0,0474	0,0831	0,0672	0,0474	0,0633	0,1382	0,0987	0,0372	0,0328
KVB10	0,0526	0,0286	0,0649	0,0438	0,0286	0,0836	0,1972	0,1748	0,0903	0,0767
KVB11	0,1021	0,1172	0,0779	0,1031	0,1172	0,0936	0,0590	0,0419	0,0104	0,0244
KVB12	0,1021	0,1150	0,0708	0,0932	0,1150	0,1045	0,0301	0,0256	0,0064	0,0177

Adım 4: P bağıl kayıp matrisinin elde edilmesi

Normalize matrisin her bir sütunundaki en büyük değerli elemanın köşegen olarak yer aldığı satırların dizilmesi ile ortaya çıkan A kare matrisi Tablo 16 ile gösterilmektedir.

Tablo 16. Kare A Matris Değerleri

	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10
A1	0,2103	0,3106	0,0708	0,1925	0,3106	0,1363	0,0003	0,0003	0,0107	0,0002
A2	0,2103	0,3106	0,0708	0,1925	0,3106	0,1363	0,0003	0,0003	0,0107	0,0002
A3	0,0365	0,0013	0,1484	0,0704	0,0013	0,0490	0,1981	0,4412	0,9312	0,5547
A4	0,2103	0,3106	0,0708	0,1925	0,3106	0,1363	0,0003	0,0003	0,0107	0,0002
A5	0,2103	0,3106	0,0708	0,1925	0,3106	0,1363	0,0003	0,0003	0,0107	0,0002
A6	0,2103	0,3106	0,0708	0,1925	0,3106	0,1363	0,0003	0,0003	0,0107	0,0002
A7	0,0526	0,0286	0,0649	0,0438	0,0286	0,0836	0,1972	0,1748	0,0903	0,0767
A8	0,0993	0,1090	0,0677	0,0875	0,1090	0,0936	0,1368	0,2291	0,0587	0,5427
A9	0,0365	0,0013	0,1484	0,0704	0,0013	0,0490	0,0298	0,0870	0,6722	0,0852
A10	0,0993	0,1090	0,0677	0,0875	0,1090	0,0936	0,1368	0,2291	0,0587	0,5427

Tablo 16'deki veriler ve Eşitlik (2.15) kullanılarak girdi değişkenleri için hesaplanan görelî kayıp matrisi Tablo 17'de listelenmiştir

Tablo 17. P-Bağıl Kayıp Matris Değerleri

	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10
A1	0,0000	0,0000	0,5227	0,0000	0,0000	0,0000	0,9985	0,9988	0,9841	0,9996
A2	0,0000	0,0000	0,5227	0,0000	0,0000	0,0000	0,9985	0,9988	0,9841	0,9996
A3	0,8265	0,9957	0,0000	0,6341	0,9957	0,6406	-0,0047	-0,9260	-0,3853	-0,0221
A4	0,0000	0,0000	0,5227	0,0000	0,0000	0,0000	0,9985	0,9988	0,9841	0,9996
A5	0,0000	0,0000	0,5227	0,0000	0,0000	0,0000	0,9985	0,9988	0,9841	0,9996
A6	0,0000	0,0000	0,5227	0,0000	0,0000	0,0000	0,9985	0,9988	0,9841	0,9996
A7	0,7500	0,9078	0,5625	0,7727	0,9078	0,3867	0,00	0,2369	0,8656	0,8587
A8	0,5278	0,6491	0,5435	0,5455	0,6491	0,3134	0,3064	0,0000	0,9127	0,0000
A9	0,8265	0,9957	0,0000	0,6341	0,9957	0,6406	0,8488	0,6203	0,0000	0,8429
A10	0,5278	0,6491	0,5435	0,5455	0,6491	0,3134	0,3064	0,0000	0,9127	0,0000
Top	3,4586	4,1975	4,2631	3,1319	4,1975	2,2948	6,4493	4,9252	7,2264	6,6778

Adım 5: Kriter ağırlıklarının hesaplanması

Yöntemin son aşamasında kriter ağırlıkları (2.16) ve (2.17) numaralı denklemler yardımıyla hesaplanmıştır. Bu amaçla elde edilen F matrisi Tablo 18'de gösterilmiştir.

Tablo 18. F Matrisi

	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10
A1	-3,4586	0,0000	0,5227	0,0000	0,0000	0,0000	0,9985	0,9988	0,9841	0,9996
A2	0,0000	-4,1975	0,5227	0,0000	0,0000	0,0000	0,9985	0,9988	0,9841	0,9996
A3	0,8265	0,9957	-4,2631	0,6341	0,9957	0,6406	-0,0047	-0,9260	-0,3853	-0,0221
A4	0,0000	0,0000	0,5227	-3,1319	0,0000	0,0000	0,9985	0,9988	0,9841	0,9996
A5	0,0000	0,0000	0,5227	0,0000	-4,1975	0,0000	0,9985	0,9988	0,9841	0,9996
A6	0,0000	0,0000	0,5227	0,0000	0,0000	-2,2948	0,9985	0,9988	0,9841	0,9996
A7	0,7500	0,9078	0,5625	0,7727	0,9078	0,3867	-6,4493	0,2369	0,8656	0,8587
A8	0,5278	0,6491	0,5435	0,5455	0,6491	0,3134	0,3064	-4,9252	0,9127	0,0000
A9	0,8265	0,9957	0,0000	0,6341	0,9957	0,6406	0,8488	0,6203	-7,2264	0,8429
A10	0,5278	0,6491	0,5435	0,5435	0,6491	0,3134	0,3064	0,0000	0,9127	-6,6778

F matrisinin satır elemanları doğrusal denklemin katsayılarını göstermektedir. Örneğin 1. Satır için w_i 'ler ağırlıkları göstermek üzere denklem aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$-3,4586.w_1 + 0,000.w_2 + 0,5227.w_3 + 0,000.w_4 + 0,000.w_5 + 0,000.w_6 + 0,9985.w_7 + 0,9988.w_8 + 0,9841.w_9 + 0,9996.w_{10} = 0$$

Bu denklem F matrisinin diğer satırları içinde aynı şekilde oluşturulur. Denklemlerde bulunan katsayı toplamalarının 1 olması dikkate alınarak işlem yapılmalıdır. Tablo 19'da 2022 yılına ait girdi değişkeni ağırlıkları gösterilmiştir.

Tablo 19. 2022 Yılı Girdi Değişkeni Ağırlıkları

W_1	W_2	W_3	W_4	W_5	W_6	W_7	W_8	W_9	W_{10}
0,1102	0,0908	0,0785	0,1217	0,0908	0,1661	0,0941	0,0909	0,0897	0,0671

Buna göre sırasıyla w_6 , w_4 ve w_1 ile kodlanan duran varlıkların devamlı sermayeye oranı, kısa vadeli borçların toplam aktiflere oranı ve finansal kaldıraç oranı değişkenleri en yüksek ağırlığa sahip girdi değişkenleri olarak ortaya çıkmıştır. Beklendiği gibi bu değişkenler CILOS yöntemine göre sırasıyla en küçük etki kaybına sahip değişkenlerdir.

CILOS yöntemine göre 2022 yılı için izlenen adımlar tekrarlanarak diğer yıllar için de girdi değişkeni ağırlıkları hesaplanmıştır.

Tablo 20'ye bakıldığında 2015-2022 yıllarının hepsi CILOS yöntemine göre kıstas ağırlıkları hesaplanmıştır. Söz konusu ağırlıklar Tablo 20'de listelenmiştir.

Tablo 20. 2015-2022 Yılları Girdi Değişkenleri Ağırlıkları

	W_1	W_2	W_3	W_4	W_5	W_6	W_7	W_8	W_9	W_{10}
2015	0,0880	0,0742	0,0812	0,3102	0,0743	0,2117	0,0447	0,0456	0,0374	0,0328
2016	0,1214	0,1042	0,1078	0,1477	0,1042	0,1749	0,0277	0,0300	0,0978	0,0843
2017	0,1244	0,1010	0,1030	0,1717	0,1010	0,1760	0,0243	0,0260	0,0942	0,0781
2018	0,1207	0,0965	0,1205	0,1538	0,0965	0,1536	0,0409	0,0457	0,0948	0,0771
2019	0,1300	0,1053	0,1570	0,1509	0,1053	0,1338	0,0279	0,0307	0,0830	0,0760
2020	0,1717	0,1272	0,1957	0,1398	0,1272	0,0676	0,0309	0,0332	0,0646	0,0421
2021	0,1125	0,0896	0,2194	0,1180	0,0896	0,1165	0,0652	0,0717	0,0700	0,0475
2022	0,1102	0,0908	0,0785	0,1217	0,0908	0,1661	0,0941	0,0909	0,0897	0,0671

Son olarak her bir girdi değişkenine ait on farklı ağırlık skorunu bütünleştirerek tek bir birleşik skor elde etmek için (3.1) numaralı denklemden yararlanılmıştır. Bu yolla hesaplanan bütünleşik girdi ağırlıkları Tablo 21’de verilmiştir. Buna göre en yüksek ağırlığa sahip girdi değişkenleri sırasıyla w4, w6 ve w3 ile kodlanan kısa vadeli borçların toplam aktiflere oranı, duran varlıkların devamlı sermayeye oranı ve kısa vadeli borçların toplam borçlara oranı olarak ortaya çıkmıştır. Bu nedenle söz konusu 3 değişken VZA-Pencere analizi uygulamasında kullanılacak olan girdi değişkeni olarak belirlenmiştir.

Tablo 21. Girdi Değişkenlerinin Bütünleşik Ağırlıkları

W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10
0.0671	0.0124	0.0870	0.5545	0.0124	0.2646	0.0000	0.0000	0.0017	0.0003

3.2.2.2. CILOS Yöntemiyle Çıktı Setinin Belirlenmesi

Girdi değişkenlerini CILOS yöntemine göre önem sıralarının belirlenmesinde izlenen aşamalar çıktı değişkenleri için de izlenerek VZA-Pencere analizi uygulamasında kullanılacak olan 3 adet çıktı değişkeni belirlenmiştir. 2022 yılı için çıktı değişkenlerinin belirlenmesi adımları aşağıda açıklanmaktadır.

Adım 1: Karar matrisinin oluşturulması

2022 yılı verileriyle oluşturulan karar matrisi Tablo 22’de gösterilmektedir.

Adım 2. Karar kriterlerinin fayda yönlüye dönüştürülmesi

Tüm çıktı değişkenleri fayda yönlü olduğu için çıktılara herhangi bir dönüşüm işlemi uygulamaya gerek yoktur.

Adım 3: Karar matrisinin normalize edilmesi

Denklem (2.14) kullanılarak karar matrisi normalize edilmiştir. Buna göre hesaplanan normalize değerler Tablo 23’te verilmiştir.

Adım 4: P Bağlı kayıp matrisinin elde edilmesi

Normalize matrisin her bir sütunundaki en değerli elemanın köşegen olarak yer aldığı satırların dizilmesi ile ortaya çıkan A kare matrisi Tablo 24’te gösterilmektedir.

Tablo 24’teki veriler ve Eşitlik (2.15) kullanılarak çıktı değişkenleri için hesaplanan göreceli kayıp matrisi Tablo 25’te listelenmiştir.

Tablo 22. 2022 Yılı Çıktı Değişkenlerinin Karar Matrisi

	Ç1	Ç2	Ç3	Ç4	Ç5	Ç6	Ç7	Ç8	Ç9	Ç10
KVB1	4,7000	9,3400	1,2800	2,4900	0,2000	0,3300	0,2100	0,2500	2,2500	6,8100
KVB2	4,7600	8,5400	1,5400	8,3600	0,1700	0,4100	0,1900	0,1300	1,4400	3,4800
KVB3	3,0700	7,4800	1,4500	5,6400	0,0700	0,1700	0,0800	0,1200	2,6200	15,4200
KVB4	13,5600	10,0800	1,0700	1,4900	-0,0700	-0,2900	-0,0700	0,0900	2,9400	-10,2300
KVB5	7,9800	7,5600	0,7500	1,0000	-0,3600	-10,9200	-0,2300	-0,0200	16,9600	-1,5500
KVB6	4,4600	5,3100	1,5900	5,8400	0,2100	0,2800	0,2300	0,2800	1,0900	3,8600
KVB7	5,2600	10,3100	1,3700	7,4400	0,1800	0,3500	0,2000	0,0600	1,4900	4,2700
KVB8	4,5900	7,7900	1,0200	5,3500	0,4000	0,5600	0,3000	0,1500	1,0800	1,9200
KVB9	4,7000	7,8200	1,2500	5,6500	0,2100	0,4600	0,2000	0,1600	0,9600	2,0900
KVB10	3,3900	5,9300	1,6000	6,3700	0,0800	0,3000	0,0900	0,1400	13,2800	44,4800
KVB11	8,8300	7,8800	1,4900	7,4700	0,2700	0,4600	0,3000	0,2300	2,1000	4,5800
KVB12	4,8700	7,0800	1,5700	5,6600	0,3500	0,6100	0,4000	0,2600	2,0500	3,3500
TOPLAM	70,1700	95,1200	15,9800	62,7600	1,7100	-7,2800	1,9000	1,8500	48,2600	78,4800

Tablo 23. 2022 Yılı Çıktı Değişkenlerinin Normalize Matrisi

	Ç1	Ç2	Ç3	Ç4	Ç5	Ç6	Ç7	Ç8	Ç9	Ç10
KVB1	0,0670	0,0982	0,0801	0,0397	0,1170	-0,0453	0,1105	0,1351	0,0466	0,0868
KVB2	0,0678	0,0898	0,0964	0,1332	0,0994	-0,0563	0,1000	0,0703	0,0298	0,0443
KVB3	0,0438	0,0786	0,0907	0,0899	0,0409	-0,0234	0,0421	0,0649	0,0543	0,1965
KVB4	0,1932	0,1060	0,0670	0,0237	-0,0409	0,0398	-0,0368	0,0486	0,0609	-0,1304
KVB5	0,1137	0,0795	0,0469	0,0159	-0,2105	1,5000	-0,1211	-0,0108	0,3514	-0,0198
KVB6	0,0636	0,0558	0,0995	0,0931	0,1228	-0,0385	0,1211	0,1514	0,0226	0,0492
KVB7	0,0750	0,1084	0,0857	0,1185	0,1053	-0,0481	0,1053	0,0324	0,0309	0,0544
KVB8	0,0654	0,0819	0,0638	0,0852	0,2339	-0,0769	0,1579	0,0811	0,0224	0,0245
KVB9	0,0670	0,0822	0,0782	0,0900	0,1228	-0,0632	0,1053	0,0865	0,0199	0,0266
KVB10	0,0483	0,0623	0,1001	0,1015	0,0468	-0,0412	0,0474	0,0757	0,2752	0,5668
KVB11	0,1258	0,0828	0,0932	0,1190	0,1579	-0,0632	0,1579	0,1243	0,0435	0,0584
KVB12	0,0694	0,0744	0,0982	0,0902	0,2047	-0,0838	0,2105	0,1405	0,0425	0,0427

Tablo 24. 2022 Yılı Çıktı Değişkenlerinin Kare A Matrisi

	Ç1	Ç2	Ç3	Ç4	Ç5	Ç6	Ç7	Ç8	Ç9	Ç10
A1	0,1932	0,1060	0,0670	0,0216	-0,0409	0,0398	-0,0368	0,0476	0,0609	-0,1304
A2	0,0750	0,1084	0,0857	0,1079	0,1053	-0,0481	0,1053	0,0317	0,0309	0,0544
A3	0,0483	0,0623	0,1001	0,0924	0,0468	-0,0412	0,0474	0,0741	0,2752	0,5668
A4	0,0678	0,0898	0,0964	0,1332	0,0994	-0,0563	0,1000	0,0703	0,0298	0,0443
A5	0,0654	0,0819	0,0638	0,0776	0,2339	-0,0769	0,1579	0,0794	0,0224	0,0245
A6	0,1137	0,0795	0,0469	0,0145	-0,2105	1,5000	-0,1211	0,0106	0,3514	-0,0198
A7	0,0694	0,0744	0,0982	0,0821	0,2047	-0,0838	0,2105	0,1405	0,0425	0,0427
A8	0,0636	0,0558	0,0995	0,0847	0,1228	-0,0385	0,1211	0,1514	0,0226	0,0492
A9	0,1137	0,0795	0,0469	0,0145	-0,2105	1,5000	-0,1211	0,0106	0,3514	-0,0198
A10	0,0483	0,0623	0,1001	0,0924	0,0468	-0,0412	0,0474	0,0741	0,2752	0,5668

Tablo 25. 2022 Yılı Çıktı Değişkenlerinin P Kriter Göreli Kayıp Matris

	Ç1	Ç2	Ç3	Ç4	Ç5	Ç6	Ç7	Ç8	Ç9	Ç10
A1	0,0000	0,0223	0,3313	0,8377	1,1750	0,9734	1,1750	0,6854	0,8267	1,2300
A2	0,6121	0,0000	0,1438	0,1898	0,5500	1,0321	0,5000	0,7902	0,9121	0,9040
A3	0,7500	0,4248	0,0000	0,3063	0,8000	1,0275	0,7750	0,5106	0,2170	0,0000
A4	0,6490	0,1717	0,0375	0,0000	0,5750	1,0375	0,5250	0,5357	0,9151	0,9218
A5	0,6615	0,2444	0,3625	0,4174	0,0000	1,0513	0,2500	0,4756	0,9363	0,9568
A6	0,4115	0,2667	0,5313	0,8911	1,9000	0,0000	1,5750	0,9301	0,0000	1,0348
A7	0,6409	0,3133	0,0188	0,3837	0,1250	1,0559	0,0000	0,0714	0,8791	0,9247
A8	0,6711	0,4850	0,0062	0,3641	0,4750	1,0256	0,4250	0,0000	0,9357	0,9132
A9	0,4115	0,2667	0,5313	0,8911	1,9000	0,0000	1,5750	0,9301	0,0000	1,0348
A10	0,7500	0,4248	0,0000	0,3063	0,8000	1,0275	0,7750	0,5106	0,2170	0,0000
TOPLAM	5,5575	2,6198	1,9625	4,5876	8,3000	8,2308	7,5750	5,4397	5,8390	7,9202

Adım 5: Kriterlerin ağırlıklarının hesaplanması

Yöntemin son aşamasında kriter ağırlıkları (2.16) ve (2.17) numaralı denklemler yardımıyla hesaplanmıştır. Bu amaçla elde edilen F matrisi Tablo 26’da gösterilmiştir.

Tablo 26. F Matris Katsayıları

	Ç1	Ç2	Ç3	Ç4	Ç5	Ç6	Ç7	Ç8	Ç9	Ç10
A1	-5,5575	0,0223	0,3313	0,8975	1,1750	0,9734	1,1750	0,6854	0,8267	1,2300
A2	0,6121	-2,6198	0,1438	0,4883	0,5500	1,0321	0,5000	0,7902	0,9121	0,9040
A3	0,7500	0,4248	-1,9625	0,5619	0,8000	1,0275	0,7750	0,5106	0,2170	0,0000
A4	0,6490	0,1717	0,0375	-4,5876	0,5750	1,0375	0,5250	0,5455	0,9151	0,9218
A5	0,6615	0,2444	0,3625	0,6320	-8,3000	1,0513	0,2500	0,4756	0,9363	0,9568
A6	0,4115	0,2667	0,5313	0,9312	1,9000	-8,2308	1,5750	0,9301	0,0000	1,0348
A7	0,6409	0,3133	0,0188	0,6107	0,1250	1,0559	-7,5750	0,0714	0,8791	0,9247
A8	0,6711	0,4850	0,0062	0,5983	0,4750	1,0256	0,4250	-5,4397	0,9357	0,9132
A9	0,4115	0,2667	0,5313	0,9312	1,9000	0,0000	1,5750	0,9301	-5,8390	1,0348
A10	0,7500	0,4248	0,0000	0,5619	0,8000	1,0275	0,7750	0,5106	0,2170	-7,9202

F Matrisinin girdi değişkenlerinde olduğu gibi satır elemanları doğrusal denklemin katsayılarını göstermektedir. Örneğin 1. satır için w_i 'ler ağırlıkları göstermek üzere ilgili denklem aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$-5,5575. w_1 + 0,0223. w_2 + 0,3313. w_3 + 0,89752. w_4 + 1,1750. w_5 + 0,9734. w_6 + 1,1750. w_7 + 0,6854. w_8 + 0,8267. w_9 + 1,2300. w_{10} = 0$$

Bu denklem F matrisinin diğer satırları için de aynı şekilde oluşturulur. Denklemden bulunan katsayı toplamalarının 1 olması dikkate alınarak işlem yapılmalıdır. Tablosu 27'de 2022 yılına ait çıktı değişkenleri ağırlıkları gösterilmiştir.

Tablo 27. 2022 Yılı Kriter Ağırlıklandırma Katsayıları

W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10
0,1001	0,1812	0,2162	0,0701	0,0619	0,0737	0,0528	0,0866	0,1039	0,0536

Tablo 27'ye göre sırasıyla w_3 , w_2 ve w_9 ile kodlanan aktif devir hızı, stok devir hızı ve piyasa değerinin defter değerine oranı ile en yüksek ağırlığa sahip çıktı değişkenleri olarak ortaya çıkmıştır. Beklendiği gibi bu değişkenler CILOS yöntemine göre sırasıyla en küçük etki kaybına sahip değişkenlerdir.

CILOS yöntemine göre 2022 yılı için izlenen adımlar tekrarlanarak diğer yıllar için de çıktı değişkeni ağırlıkları hesaplanmıştır. Söz konusu ağırlıklar Tablo 28'de gösterilmiştir.

Tablo 28. 2015-2022 Yılları Çıktı Değişkeni Ağırlıkları

	W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10
2015	0,1601	0,0871	0,1513	0,0935	0,0971	0,0802	0,0933	0,1386	0,0523	0,0466
2016	0,1410	0,1891	0,1055	0,0835	0,0975	0,0644	0,0720	0,1121	0,0630	0,0721
2017	0,1820	0,0887	0,0990	0,0794	0,1007	0,1266	0,0786	0,0917	0,0581	0,0953
2018	0,2764	0,0804	0,0650	0,0516	0,0533	0,0580	0,0521	0,2454	0,0642	0,0537
2019	0,1810	0,0967	0,1085	0,0900	0,0827	0,0837	0,0814	0,0760	0,1276	0,0723
2020	0,2281	0,1013	0,1451	0,1006	0,0778	0,0938	0,0484	0,0822	0,0425	0,0803
2021	0,1873	0,1349	0,1112	0,0908	0,0806	0,0951	0,0569	0,0830	0,1022	0,0579
2022	0,1001	0,1812	0,2162	0,0701	0,0619	0,0737	0,0528	0,0866	0,1039	0,0536

Son olarak girdi değişkenlerinde yapıldığı gibi her bir çıktı değişkenine ait sekiz farklı ağırlık skorunu bütünleştirerek tek bir birleşik skor elde etmek için (3.1) numaralı denklemden yararlanılmıştır. Bu yolla hesaplanan bütünleşik çıktı ağırlıkları Tablo 29’da verilmiştir. Buna göre en yüksek ağırlığa sahip çıktı değişkenleri sırasıyla w_1 , w_3 ve w_2 ile kodlanan alacak devir hızı, aktif devir hızı ve stok devir hızı olarak ortaya çıkmıştır. Bu nedenle söz konusu 3 değişken VZA-Pencere analizi uygulamasında kullanılacak olan çıktı değişkenleri olarak belirlenmiştir.

Tablo 29. Çıktı Değişkenlerinin Bütünleşik Ağırlıkları

W1	W2	W3	W4	W5	W6	W7	W8	W9	W10
0,9074	0,0290	0,0402	0,0019	0,0017	0,0022	0,0003	0,0162	0,0007	0,0003

Buna göre CILOS uygulaması sonucunda belirlenen ve VZA–Pencere Analizi uygulamasında kullanılacak olan üç adet girdi ve üç adet çıktı değişkeni Tablo 30’da bir arada gösterilmektedir.

Tablo 30. CILOS Yöntemine Göre Belirlenen Girdi ve Çıktı Değişkenleri

Girdi Değişkenleri	Çıktı Değişkenleri
Kısa Vadeli Borçların Toplam Borçlara Oranı	Alacak Devir Hızı
Kısa Vadeli Borçların Toplam Aktiflere Oranı	Stok Devir Hızı
Duran Varlıkların Devamlı Sermayeye Oranı	Aktif Devir Hızı

3.2.3. VZA-Pencere Analizi Yöntemiyle Etkinlik Ölçümü

Uygulamanın ikinci aşamasında Holger Scheel tarafından geliştirilen EMS 1.3 paket programını kullanarak VZA-pencere analizi yöntemiyle çimento şirketlerinin dinamik etkinliği ölçülmüştür. Bu amaçla 12 adet çimento firmasının 2015-2022 yılları arasındaki 8 yıllık ($T=8$) verileri kullanılmıştır. Girdi yönlü CCR-VZA ve BCC-VZA modellerinin kullanıldığı uygulamada pencere genişliği literatürdeki çalışmalar dikkate alınarak “3” olarak belirlenmiştir.

Buna göre:

n = KVB sayısı, k = Dönem sayısı w = pencere sayısı p = pencere uzunluğu

olmak üzere uygulamada kullanılan pencere sayısı ve KVB sayısı aşağıdaki gibi hesaplanır.

- $w = k - p + 1 = 8 - 3 + 1 = 6$
- Her penceredeki KVB sayısı: $w * p = 6 * 3 = 18$
- Toplam KVB sayısı: $n * p * w = 12 * 3 * 6 = 216$.

Buna göre pencere analizinde kullanılan toplam KVB sayısı, VZA literatüründe yer alan “karar birimi sayısı girdi+çıktı değişkeni toplamının iki veya üç katı olmalıdır” kısıtını rahatlıkla karşılamaktadır.

Tablo 31’de CCR VZA- Pencere analizi sonuçları yer almaktadır.

Tablo 31. CCR VZA-Pencere Analizi Sonuçları

NO	KVB	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Ort.	Std. Sap.	Aralık
1	AFYON	1,000	0,467 0,805 1,000	0,820 1,000 0,854 0,880	0,856 0,829 1,000	0,880 1,000 1,000	1,000 1,000 0,750			0,883	0,151	0,533
2	AKCNS	0,980	0,671 0,805	0,658 0,782 0,675	0,796 0,743 0,709	0,962 0,931 0,907	0,964 0,956 0,917	0,711 0,536 0,889		0,811	0,133	0,444
3	BASCM	0,754	0,757 0,978	0,653 0,782 0,708	0,725 0,693 0,657	0,644 0,619 0,608	0,718 0,718 0,701	0,583 0,600 1,000		0,717	0,114	0,417
4	BTCIM	0,838	0,856 1,000	0,773 1,000 1,000	0,994 1,000 1,000	0,981 0,979 1,000	0,804 0,825 0,481	0,602 0,439 1,000		0,865	0,185	0,561
5	BSOKE	1,000	0,870 1,000	0,487 0,699 0,771	1,000 1,000 1,000	1,000 1,000 1,000	1,000 1,000 0,546 0,543	0,315 0,804		0,835	0,225	0,685

Tablo 31 (Devam). CCR VZA-Pencere Analizi Sonuçları

6	BUCIM	1,000	0,970 0,986	1,000 1,000 0,963	1,000 1,000 1,000	1,000 1,000 1,000	1,000 1,000 1,000	0,991	0,020	0,073
7	CMENT	0,655	0,686 0,916	0,676 0,847 0,908	0,787 0,817 0,707	0,686 0,594 0,596	0,671 0,671 0,678	0,669 0,645	0,987	0,733 0,115 0,393
8	CIMSA	0,779	0,427 0,607	0,510 0,648 0,630	0,736 0,724 0,692	0,706 0,683 0,716	0,805 0,766 0,568	0,696 0,625	0,736	0,670 0,097 0,378
9	GOLTS	0,773	0,470 0,516	0,571 0,590 0,572	0,720 0,686 0,686	0,504 0,502 0,502	0,762 0,762 0,715	0,711 0,582	0,819	0,636 0,113 0,349
10	KONYA	1,000	0,789 1,000	0,846 0,909 0,890	0,881 0,862 0,831	0,962 0,910 0,907	0,872 0,872 0,799	0,785 0,685	0,886	0,871 0,078 0,315
11	NUHCM	1,000	0,937 1,000	0,670 0,819 0,733	0,749 0,722 0,702	1,000 0,987 0,969	1,000 1,000 0,929	1,000 1,000	1,000	0,889 0,127 0,330
12	OYAKC	0,627	0,840 1,000	0,804 0,757 0,852	0,791 0,774 0,765	1,000 1,000 1,000	0,664 0,664 0,620	0,880 0,818	0,993	0,825 0,133 0,380
Ortalama		0,867	0,806	0,778	0,819	0,854	0,816	0,692	0,926	0,811
Standart Sapma		0,146	0,192	0,150	0,119	0,181	0,154	0,169	0,096	0,051
Aralık		0,373	0,573	0,513	0,343	0,498	0,519	0,685	0,264	0,612

Sonuç tablosunda satırda yer alan skorlar çimento şirketlerinin etkinlik düzeylerinin dönem içindeki trendini göstermektedir. Burada tüm çimento şirketleri için aynı veri seti kullanılmaktadır. Buna göre hesaplanan etkinlik skorlarının zaman içinde azaldığı veya arttığı ancak belirli yönde bir eğilim oluşmadığı anlaşılmaktadır. Elde edilen sonuçlara göre Akçansa, Çimentaş, Çimsa ve Göltaş firmalarının hiçbir dönemde etkin çıkmadığı, Baştaş çimentonun ise sadece tek bir dönemde (2022 yılı) etkin çıktığı görülmektedir. Göltaş şirketi 2015-2022 yılları arasındaki 8 yıllık dönemde en düşük etkinlik skoru ortalamasına (0,636) sahip şirkettir. Bunun yanında, bu 5 fabrikanın ortalama etkinlik skorlarının tüm dönemler ve fabrikalar bazında etkinlik skoru ortalaması olan 0,811 değerinin altında kaldıkları da tespit edilmiştir. Buna göre bu firmaların söz konusu 12 firma içinde en kötü performans gösteren firma oldukları ifade edilebilir.

Buna karşın diğer 7 işletmenin ise birden fazla dönemde etkin çıktığı gözlenmiştir. Bu 7 fabrikanın tamamı tüm dönemlerin ortalamasının (0,811) üstünde performans göstermiştir. Söz konusu firmalar arasında Bursa (14 kez), Batisöke (10 kez) ve Afyon (9 kez) en çok dönemde etkin çıkarak en iyi performans gösteren karar birimleri olmuşlardır. Bunlar arasında Bursa 8 yıllık dönemin en yüksek etkinlik skoru ortalamasına (0,991) sahip firmadır. Bu etkin fabrikalar etkinsiz fabrikaların etkin olabilmeleri için referans alması gereken birimlerdir.

Bursa çimento en yüksek ortalama etkinlik skoruna sahip olmanın yanında etkinlik skorlarında en küçük standart sapmaya (0.02) ve en küçük değişim aralığına (ranj) (0.073) sahip olan fabrikadır. Bu ise Bursa çimento fabrikasının homojen bir performans geçmişi olduğu anlamına gelmektedir. Buna karşın Batisöke firması etkinlik skorlarında en büyük standart sapmaya (0.225) ve en büyük aralığa (0.685) sahip firma olarak ortaya çıkmıştır. Buna göre Batisöke firması 10 periyotta etkin faaliyet göstermesine rağmen homojen bir performans gösterememiştir.

Tabloda yer alan sütun değerleri referans kümeleri değiştikçe, kısaca farklı veri setleri kullanıldığında çimento şirketlerinin performans düzeylerindeki kararlılığı göstermektedir. Bu sebeple sütun sonuna eklenen ortalama, aralık, standart sapma vb. özet veriler KVB'lerin etkinlik skorlarının kararlılık derecesini yorumlamada yardımcı olacaktır. Buna göre çimento şirketlerinin etkinlik skorları sütun bazında dalgalanma göstermiştir. Başka bir deyişle, aynı yıl içinde yer alan referans veri setleri değiştikçe

şirketlerde etkinlik skorlarında artış veya azalış kaydedilmiştir. Bu noktada değişimin büyüklüğünü de dikkate almak gerekir. Zira önemsiz sayılabilecek derecedeki küçük değişiklikler kararlı bir yapıya işaret ederken, skorlarda artış veya azalış yönünde yaşanacak büyük sıçramalar istikrarsızlık anlamına gelecektir. Bu doğrultuda Afyon çimento firmasının etkinlik skorları incelendiğinde 2016 yılında 0,467’den 0,805’e yaklaşık %72, 2017 yılında %12 ve 2021 yılında %-14 seviyelerindeki sıçramalar göze çarpmaktadır. Bu bilgiler ışığında Afyon çimento firmasının istikrarlı bir performansa sahip olmadığı görülmektedir. Buna karşın Bursa çimento diğer fabrikalara göre daha istikrarlı bir performans kaydetmiştir.

Tablonun sonunda yer alan üç satırda çimento firmalarının yıl bazlı standart sapma, ortalama ve aralık değerleri hesaplanmıştır. Buna göre en yüksek ortalama etkinlik skoru 2022 yılında (0,926), en düşük ortalama skora sahip olan yıl ise 2021 yılında (0,692) gerçekleşmiştir. 2021 yılı ayrıca en küçük etkinlik skorunun (0,315) görüldüğü yıldır. Buna göre firmaların en iyi performans gösterdiği dönemin 2022 yılı, en kötü performanslarını gösterdiği dönemin ise 2021 yılı olduğu ifade edilebilir.

Yıl bazlı ortalama standart sapma ve aralık değerleri incelendiğinde sırasıyla 0,096 ve 0,264 ile en küçük skorlara sahip yılın 2022 olduğu anlaşılmaktadır. Buna göre 2022 yılının çimento firmalarının etkinliği bakımından en homojen yıl olduğu görülmektedir. Buna karşın aralık değerleri bakımından 2016 ve 2021 yılları firmaların en kararsız faaliyet gösterdiği yıllardır.

Girdi yönlü BCC modeli için VZA-Pencere Analizi sonuçları Tablo 32’de verilmiştir.

Tablo 32. BCC VZA-Pencere Analizi Sonuçları

NO	KVB	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Ortl.	Std. Sap.	Aralık
1	AFYON	1,000	1,000	1,000								
			1,000	1,000	1,000							
				1,000	1,000	1,000				0,969	0,076	0,237
					0,907	1,000	1,000					
						1,000	1,000	0,763				
							1,000	0,773	1,000			

Tablo 32 (Devam). BCC VZA-Pencere Analizi Sonuçları

2	AKCNS	1,000	0,752	0,765						
			0,812	0,789	0,800					
				0,703	0,759	1,000				
					0,760	0,956	0,967		0,851	0,117
						0,919	0,957	0,716		0,316
							0,976	0,684	1,000	
3	BASCM	0,793	0,806	0,687						
			1,000	0,795	0,730					
				0,742	0,729	0,762				
					0,726	0,761	0,739		0,774	0,092
						0,775	0,739	0,657		0,343
							0,802	0,684	1,000	
4	BTCIM	0,894	1,000	1,000						
			1,000	1,000	1,000					
				1,000	1,000	0,983				
					1,000	0,992	0,809		0,928	0,112
						1,000	0,836	0,685		0,322
							0,831	0,678	1,000	
5	BSOKE	1,000	0,877	0,679						
			1,000	0,906	1,000					
				1,000	1,000	1,000				
					1,000	1,000	1,000		0,926	0,134
						1,000	1,000	0,620		0,380
							0,940	0,638	1,000	
6	BUCIM	1,000	0,991	1,000						
			1,000	1,000	1,000					
				0,998	1,000	1,000				
					1,000	1,000	1,000		0,999	0,002
						1,000	1,000	1,000		0,009
							1,000	1,000	1,000	
7	CMENT	0,717	0,749	0,690						
			0,926	0,872	0,830					
				0,937	0,860	0,834				
					0,899	0,880	0,747		0,824	0,092
						0,912	0,748	0,708		0,310
							0,796	0,734	1,000	
8	CIMSA	0,856	0,438	0,543						
			0,635	0,712	0,757					
				0,751	0,725	0,783				
					0,728	0,825	1,000		0,755	0,134
						0,830	0,971	0,779		0,562
							0,664	0,786	0,808	

Tablo 32 (Devam). BCC VZA-Pencere Analizi Sonuçları

9	GOLTS	0,778	0,567	0,617								
			0,800	0,874	0,798							
				0,911	0,840	0,846				0,831	0,096	0,346
					0,860	0,873	0,885					
						0,887	0,888	0,873				
							0,913	0,910	0,832			
10	KONYA	1,000	0,889	0,905								
			1,000	0,976	0,953							
				1,000	0,960	1,000				0,948	0,066	0,212
					0,942	1,000	0,955					
						1,000	0,954	0,788				
							0,940	0,798	1,000			
11	NUHCM	1,000	0,972	0,680								
			1,000	0,883	0,898							
				0,895	0,920	1,000						
					0,924	1,000	1,000			0,954	0,081	0,320
						1,000	1,000	1,000				
							1,000	0,991	1,000			
12	OYAKC	0,783	1,000	0,848								
			1,000	0,913	1,000							
				0,967	1,000	1,000				0,919	0,108	0,287
					1,000	1,000	0,713					
						1,000	0,713	0,908				
							0,749	0,939	1,000			
Ortalama		0,902	0,884	0,862	0,897	0,939	0,895	0,796	0,970	0,890		
Std. Sap.		0,111	0,159	0,134	0,106	0,085	0,111	0,125	0,070		0,036	
Aralık		0,283	0,562	0,457	0,275	0,239	0,336	0,380	0,192			0,553

Tablo 32'ye göre CCR modelinde olduğu gibi etkinlik skorlarının zaman içinde azaldığı veya arttığı ancak belirli bir yönde eğilim oluşturmadığı anlaşılmaktadır. Sonuçlara göre sadece Göltaş çimento firmasının hiçbir dönemde etkin çıkmadığı, Çimentaş firmasının ise sadece tek bir yılda (2022) etkin çıktığı görülmektedir. Çimsa şirketi 2015-2022 yılları arasında 8 yıllık dönemde en düşük etkinlik skoru ortalamasına (0,755) sahip şirkettir. Bunun yanında, Akçansa, Baştaş, Çimentaş ve Göltaş şirketlerinin ortalama etkinlik skorlarının tüm dönemler ve şirketler bazında etkinlik skoru ortalaması olan 0,890 değerinin altında kaldıkları anlaşılmıştır. Buna göre söz konusu bu firmaların 12 firma içinde en kötü performans gösteren şirketler olduğu ifade edilebilir.

Tüm pencerelerde etkin çıkmayı başaran bir firma olmamakla beraber geriye kalan 7 işletmenin birden fazla dönemde etkin çıktığı gözlemlenmiştir. Bu 7 işletmenin

tamamı tüm dönemlerin etkinlik skoru ortalamasının (0,890) üstünde performans göstermiştir. Söz konusu firmalar arasında Bursa (16 kez), Afyon (15 kez) ve Batisöke (12 kez) en çok dönemde etkin çıkarak en iyi performans gösteren karar birimleri olmuşlardır. Bunlar arasında Bursa 8 yıllık dönemin en yüksek etkinlik skoru ortalamasına (0,999) sahip firmadır. Bu etkin firmalar etkinsiz işletmelerin etkin olabilmeleri için referans alması gereken birimlerdir.

Bursa çimento CCR modelinde olduğu gibi BCC modelinde de en yüksek ortalama etkinlik skoruna sahip olmanın yanı sıra etkinlik skorlarında en düşük standart sapmaya (0,002) ve en küçük değişim aralığına (0,009) sahip olan firmadır. Bu ise Bursa çimento firmasının homojen bir performans geçmişi olduğu anlamına gelmektedir. Batisöke fabrikası 12 periyotta etkin faaliyet göstermesine rağmen Çimsa fabrikasıyla beraber en büyük standart sapmaya (0,134) sahiptir. Çimsa aynı zamanda en büyük aralığa (0,562) sahip birimdir. Buna göre bu iki firma homojen bir performans gösterememiştir.

BCC modeline göre çimento şirketlerinin etkinlik skorları sütun bazında dalgalanma trendi göstermiştir. Başka bir ifadeyle, veri setleri değiştikçe şirketlerde etkinlik skorlarında artış veya azalış kaydedilmiştir. Göltaş çimento firmasının etkinlik skorları incelendiğinde 2016 yılında 0,567'den 0,800'ye yaklaşık % 30, 2017 yılında %33, 2018 yılında % 8 seviyelerindeki sıçramalar göze çarpmaktadır. Bu bilgiler ışığında Göltaş çimento firmasının çok istikrarlı bir performansla sahip olmadığı ifade edilebilir. Buna karşın CCR modelinde olduğu gibi BCC modelinde de Bursa çimento firması diğer işletmelere göre daha istikrarlı bir performans kaydetmiştir.

CCR modelinde olduğu gibi BCC modeli için de yıl bazlı ortalama standart sapma ve aralık değerleri incelendiğinde sırasıyla 0,070 ve 0,192 ile en küçük skora sahip yılın 2022 olduğu anlaşılmaktadır. Buna göre 2022 yılının çimento firmalarının etkinliği bakımından en homojen yıl olduğu görülmektedir. Buna karşın aralık değeri bazında en çok fark olan 2016 ve 2017 yılları firmaların en istikrarsız faaliyet gösterdiği yıllardır.

CCR modeliyle BCC modelinin etkinlik skorları karşılaştırıldığında şu sonuçlar çıkarılmıştır. BCC modelinde firmaların ortalama etkinlik skoru 0,970 iken CCR modelinde ortalama etkinlik skoru daha düşüktür (0,926). Her iki modelde de en yüksek ortalama etkinlik skoru 2022 yılında gerçekleşmiştir. Buna karşın iki modelde de en düşük ortalama etkinlik skoru 2021 yılında gerçekleşmiştir. Bu sebeple firmaların en iyi

performans gösterdiği dönemin 2022 yılı, en kötü dönemin ise 2021 yılı olduğu ifade edilebilir.

BCC modeline göre çimento firmalarının satır ve sütun bazında hesaplanan etkinlik skorları CCR modeline göre daha yüksektir. Bu sebeple çimento firmaları BCC modelinde, eş deyişle ölçeğe göre değişken getiri altında daha iyi performans sergilemiştir. CCR modeliyle hesaplanan skorların standart sapmaları ve aralık değerleri BCC modeline göre daha yüksektir. Buna göre çimento firmalarının BCC modelinde daha homojen ve istikrarlı bir performans gösterdiği sonucu ortaya çıkmaktadır. İki modelde de Afyon, Batisöke, Bursa en çok etkin olan şirketlerdir. Bu şirketler etkinsiz fabrikaların referans alması gereken şirketlerdir. Buna karşın Akçansa (2015 ve 2022), Çimsa (2020), Çimentaş (2022) çimento şirketleri CCR modelinde etkin değilken, BCC modelinde etkin olmuşlardır.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çimento sektörü Dünya ve Türkiye ekonomisi için kritik öneme sahiptir. Bu nedenle çimento sektöründe faaliyet gösteren firmalar için verimlilik ve etkinlik oldukça önemli bir unsurdur. Performansının düzenli olarak ölçülmesi büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle işletmelerin ne derece etkin olup olmadığını tespit etmek ve etkinsiz birimlerin etkin olması için kaynakların yeniden tahsisi gerekir. Bu amaçla karar vericiler tarafından en çok tercih edilen yöntemlerin başında VZA gelmektedir. Bununla birlikte VZA çoklu dönemde etkinliği ölçmede yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle birden fazla dönemi dikkate alarak etkinlikteki değişimi ölçmek için VZA-Pencere Analizi ve VZA-Malmquist yöntemleri kullanılmaktadır.

Bu çalışmada BİST’de taş ve toprağa dayalı sektörde faaliyet gösteren 12 çimento şirketinin dinamik etkinlikleri VZA-Pencere analizi yöntemiyle ölçülmüştür. Çalışmanın uygulama kısmı iki aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada objektif bir ÇKKV tekniği olan CILOS yöntemiyle VZA uygulamasında kullanılacak girdi ve çıktı değişkenleri belirlenmiştir. Bu kapsamda karar verir vericilerin subjektif yargıları yerine sadece firmaların ikincil verileri kullanılmıştır. Bu sayede zaman ve maliyet tasarrufu sağlanmıştır. Uygulamanın ikinci adımında CILOS yöntemiyle belirlenen girdi ve çıktı değişkenleri kullanılarak fabrikaların dinamik etkinlikleri ölçülmüştür. Bu amaçla girdiye yönelik CCR ve BCC modeline dayalı VZA-Pencere Analizi tekniğinden yararlanılmıştır.

Analiz sonucunda, çalışmaya dâhil edilen 12 çimento firmasının hiçbirisi iki modelde de tüm dönemlerde etkin çıkmayı başaramamıştır. Firmaların BCC modeline göre ortalama etkinlik skorları CCR modeline göre daha yüksektir. Aynı zamanda BCC modeli standart sapma ve aralık değeri bakımından daha küçük değerler almaktadır. Bu sebeple çimento şirketlerinin BCC modelinde daha etkin ve istikrarlı faaliyet gösterdiği bulgulanabilir. İki modelin etkinlik değişimine bakıldığında 2021 yılının performans olarak en kötü olmasındaki en önemli etkenin Covid-19 pandemi etkisi olduğu ifade edilebilir. Pandemi krizinin etkilerinin azalmasıyla birlikte 2022 yılında firmaların performansları artmıştır. Genel olarak iki modelde de en çok etkin çıkan firmalar Bursa, Batisöke ve Afyon şirketleridir. Buna karşın en kötü faaliyet gösteren işletmeler ise Çimsa ve Göltaş çimento firmalarıdır.

Türk çimento sektöründe etkinliğin yüksek olması fabrikaların düşük kapasite kullanım oranlarını artıracak, birim üretim maliyetlerini de azaltacaktır. Böylece Türk çimento sektörünün uluslararası rekabet gücü de artmış olacaktır. Bu iyileştirmeler çimento sektörünün etkileşim içinde olduğu diğer sektörlerle de yansiyacaktır. Bu sebeple, çimento sektörünün etkinlik değişimi düzenli şekilde izlenmeli ve performans artışı sağlayacak yönetsel politikaların geliştirilmesine önem verilmelidir. Bu çalışmanın literatüre katkısı aşağıdaki gibi özetlenebilir. VZA uygulamasında kullanılacak girdi-çıkıtı setinin belirlenmesi amacıyla objektif bir ÇKKV tekniği olan CILOS yöntemi önerilmektedir. Bu sayede karar vericilerin subjektif ve zaman alıcı yargılarından kaçınmak mümkündür. VZA-Pencere analizi yöntemiyle çimento sektöründe etkinlik değişiminin ölçüldüğü çalışma sayısının az olması bu çalışmanın önemini artıran diğer bir unsurdur. Burada önerilen bütünleşik CILOS-Pencere analizi yöntemi diğer sektörlerdeki karar birimlerinin etkinlik değişimlerini ölçmek amacıyla da yararlanabilecek pratik bir modeldir.

Her çalışma gibi bu çalışmanın da bazı kısıtları bulunmaktadır. VZA uygulamasında seçilen karar birimlerinin bazılarının değişmesi firmaların etkinlik skorlarının değişmesine yol açabilir. Başka bir anlatımla, VZA organizasyonel birimlerin mutlak etkinliğini yansıtmaz. Bundan dolayı, Pencere analizi ile elde edilen sonuçlar yorumlanırken bu hususa dikkat edilmelidir. Aynı şekilde uygulanan girdi-çıkıtı kümesi de değiştirildiğinde farklı sonuçlar elde edilecektir. CILOS yöntemi objektif bir teknik olduğu için karar vericiler veya ilgili sektör için önemli sayılabilecek girdi-çıkıtı değişkenleri değerlendirme dışında kalabilir. Bu bağlamda farklı girdi-çıkıtı seti kullanılarak söz konusu fabrikaların etkinliği ölçülebilir ve elde edilen sonuçlar karşılaştırılabilir.

KAYNAKÇA

- Adler, N. ve Golany, B. (2001). Batı Avrupa'ya yönelik bir uygulama ile temel bileşen analizi ile birleştirilmiş veri zarflama analizi kullanılarak kuralsızlaştırılmış havayolu ağlarının değerlendirilmesi. *Avrupa Yöneylem Araştırması Dergisi*, 132 (2), 260–273.
- Akbalık, M. ve Sırma, İ. (2013). Türkiye’de yabancı bankaların etkinliği: veri zarflama analizi uygulaması. *Finansal Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi*, 4(8), 1-16.
- Akbulut, R. ve Rençber, Ö. F. (2015). Veri zarflama ve lojistik regresyon analizi ile çimento işletmelerinde finansal performansa dayalı etkinliklerin değerlendirilmesi. *Alanya İşletme Fakültesi Dergisi*, 7(3), 91-103.
- Akdeniz, H. A. ve Durmaz, F. (1998). Verimliliğin genel performans üzerindeki yansımalarının uygulaması. *Dokuz Eylül Üniversitesi İİBF Dergisi*, 13(29), 85-99.
- Alimohammadlou, M. ve Mohammadi, S. (2016). Çift sınır verilerine dayalı Malmquist indeksi kullanılarak verimliliğin değerlendirilmesi. *Sosyal ve Davranış Bilimleri*, 230, 58-66.
- Alkan, A. ve Obut Bilim, Z. (2021). Lokasyon katsayısı yaklaşımı ile Türkiye çimento sanayiinde bölgesel yoğunlaşma. *Bitlis Eren Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 10(1), 101-113.
- Ata, H. A. ve Yakut, E. (2009). Finansal performansa dayalı etkinlik ölçümü: imalat sektörü uygulaması. *Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 18(2), 80-100.
- Atılğan, E. (2012). *Hastane etkinliğinin stokastik sınır analizi yöntemiyle değerlendirilmesi: TC Sağlık Bakanlığı hastaneleri için bir uygulama*. Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Atukalp, M. E. (2019). Borsa İstanbul'da işlem gören çimento firmalarının finansal performansının analizi. *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, 81, 213-230.
- Babacan, A., Kısakürek, M. M. ve Özcan, S. (2009). İMKB'ye kote edilmiş firmaların VZA yöntemi ile performans ölçümleri. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (24), 23-36.
- Banker, RD, Charnes, A. ve Cooper, WW (1984). Veri zarflama analizinde teknik ve ölçek verimsizliklerini tahmin etmek için bazı modeller. *Yönetim Bilimi*, 30 (9), 1078-1092.
- Bardi, Ş. (2020). Veri zarflama ve veri madenciliği ile BİST gıda içecek endeksi kapsamındaki firmaların etkinlik analizi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi*, 11(Ek sayı), 185-199.

- Başkaya, Z. ve Avcı Öztürk, B. (2012). Measuring financial efficiency of cement firms listed in Istanbul Stock Exchange via fuzzy data envelopment analysis. *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, Nisan, 175-188.
- Bayyurt, N. ve Sagbansua, L. (2007). Determining the efficiency of concrete companies ranked in top 1000 manufacturing firms trading in use: A multi-criteria data envelopment analysis model. *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 36(2), 54-71.
- Behdioğlu, S. ve Özcan, A. G. G. (2009). Veri zarflama analizi ve bankacılık sektöründe bir uygulama. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14(3), 301-326.
- Bektaş, H. ve Tekin, M. (2013). Finansal oranlar ve borsa performans ölçüleri ilişkisi: İMKB'de işlem gören bankaların kanonik korelasyon analizi. *Marmara Üniversitesi İİBF Dergisi*, XXXIV(Sayı I), 317-329.
- Beridze, J. ve Anbar, A. (2019). Gürcistan bankacılık sektöründe etkinlik analizi: veri zarflama analizi uygulaması. *Business & Management Studies: An International Journal*, 7(2), 1076-1096.
- Bowlin, W. F. (1998). Measuring performance: An introduction to data envelopment analysis (DEA). *The Journal of Cost Analysis*, 15(2), 3-27.
- Budak, H. (2011). Veri zarflama analizi ve Türk bankacılık sektöründe uygulaması. *Marmara Fen Bilimleri Dergisi*, 23(3), 95-110.
- Cenger, H. (2011). İMKB'de işlem gören çimento şirketlerinin performanslarının ölçülmesinde veri zarflama analizi yaklaşımı. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 25(3-4), 31-44.
- Cereška, A., Zavadskas, E., Cavallaro, F., Podvezko, V., Tetsman, I. ve Grinbergiene, I. (2016). Sustainable assessment of aerosol pollution decrease applying multiple attribute decision-making methods. *Sustainability*, 8(586).
- Chabotar, K. J. (1989). Financial ratio analysis comes to nonprofits. *The Journal of Higher Education*, 60(2), 188-208.
- Chandrasekaran, S. ve Chitnis, A. (2019). Hintli çimento şirketlerinin performansı: Bir süper verimlilik VZA çalışması. 9. Yıllık Uluslararası 4C Konferansı Tutanakları, 17-19 Aralık 2018, Pune, MH.
- Charnes, A. ve diğerleri (1978). Measuring the efficiency of decision-making units. *European Journal of Operational Research*, 2, 429-444.
- Charnes, A., Cooper W., Arie Y., Lewin ve Seifod L. M., (1994). *Data envelopment analysis: theory, methodology and applications*, Boston: Kluwer Academic Publishers.

- Chen, M.-C. ve diğerleri (2005). An empirical investigation of the relationship between intellectual capital and firms' market value and financial performance. *Journal of Intellectual Capital*, 6(2), 159-176.
- Choo, E. U. ve Wedley, W. C. (1985). Optimal criterion weights in repetitive multicriteria decision-making. *Journal of Operational Research Society*, 36(11),
- CoInternational Series in Operations Research and Management Science*, 164,
- Cooper, W.W. vd. (2000). *Data envelopment analysis: A comprehensive text with models, applications, references and DEA-solver software*. New York: Kluwer Academic Publishers.
- Çakır, Süleyman ve Perçin, Selçuk (2013), “Çok Kriterli Karar Verme Teknikleriyle Lojistik Firmalarında Performans Ölçümü”, *Ege Akademik Bakış*, 13(4), 449-459.
- Çakmak, M., Öktem, M. K. ve Ömürgönülşen, U. (2009). Türk kamu hastanelerinde teknik verimlilik sorunu: Veri zarflama analizi tekniği ile Sağlık Bakanlığı'na bağlı kadın doğum hastanelerinin teknik verimliliklerinin ölçülmesi. *Hacettepe Sağlık İdaresi Dergisi*, 12(1), 1-36.
- Çelik, B. (2016). İktisadi Araştırmalar Bölümü. [https://ekonomi.isbank.com.tr/UserFiles/pdf/sr201604_](https://ekonomi.isbank.com.tr/UserFiles/pdf/sr201604_CimentoSektoru.pdf) CimentoSektoru.pdf s,8. (30.10.2017)
- Çelik, İ. ve Ayan, S. (2017). Veri zarflama analizi ile imalat sanayi sektörünün finansal performans etkinliğinin ölçülmesi: Borsa İstanbul'da bir araştırma. *Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi*, 8(18), 56-74. DOI: 10.21076/vizyoner.285998
- Danijela Rabar (2017) An overview of data envelopment analysis application in studies on the socio-economic performance of OECD countries, *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, 30(1), 1770-1784. DOI: 10.1080/1331677X.2017.1383178
- Diakoulaki, D. ve diğerleri (1995). Determining objective weights in multiple criteria problems: The critic method. *Computers & Operations Research*, 22, 763-770.
- Dumanoğlu, S. (2010). İMKB'de işlem gören çimento şirketlerinin mali performanslarının TOPSIS yöntemi ile değerlendirilmesi. *Marmara Üniversitesi İİBF Dergisi*, 29(2), 323-339.
- Ege, İ. ve Yaman, S. (2017). TOPSIS ve MOORA yöntemleri ile ölçülen finansal performansın pay getirilerine etkisi: Bist çimento-beton işletmeleri üzerine bir uygulama. *AL-FARABI 1st International Congress on Social Sciences*, May 11-14 2017.

- Elitaş, C. ve Eleren, A. (2007). Çimento sektöründe İMKB'ye kayıtlı işletmelerin veri zarflama analizi yöntemi ile etkinlik analizi. *Ekonomik Yaklaşım Dergisi*, 18(64), 103-122.
- Ersoy, N. (2018). Banka etkinliklerinin veri zarflama analizi ile değerlendirilmesi. *Finans Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 3(2), 478-487.
- Ertuğrul, İ. ve Karakaşoğlu, N. (2009). Performance evaluation of Turkish cement firms with fuzzy analytic hierarchy process and TOPSIS methods. *Expert Systems with Applications*, 36(1), 702-715.
- Esmer, Y. ve Bağcı, H. (2016). Katılım bankalarında finansal performans analizi: Türkiye örneği. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 8(15), 17-30.
- Fanchon, P. (2003). Variable selection for dynamic measures efficiency in the computer industry. *International Advances in Economic Research*, 9(3), 175-188.
- Gedik, A. (2020). Çimento endüstri etkinlik analizi: İSO 500 içerisinde yer alan firmalar üzerine bir uygulama. **Sosyal Araştırmalar ve Yönetim Dergisi*, (1), 41-52.
- Gerek, İ.H., Erdiş, E. ve Yakut, E. (2011). Finansal performansa dayalı etkinlik ölçümü: Çimento sektörü uygulaması. *TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası 6. İnşaat Yönetimi Kongresi*.Bursa.
- Grmanová, E. ve Strunz, H. (2017). Sigorta şirketlerinin etkinliği: VZA ve Tobit analizlerinin uygulanması. *Uluslararası Çalışmalar Dergisi*, 10 (3).
- Gutiérrez-Nieto, B. ve diğerleri (2007). Mikrofinans kurumları ve verimlilik. *Omega*, 35, 131-142.
- Güran, MC ve Cingi, S. (2002). Devletin ekonomik müdahalelerinin performansı. **Akdeniz Üniversitesi İİBF Dergisi*, (3), 56-89.
- Harold, O. F. vd. (2008). *The measurement of productive efficiency and productivity growth*, New York: Oxford University Press.
- Jackson, M. ve Petersson, P. (1999). Productivity: An overall measure of competitiveness. *Proceedings of the 2nd Workshop on Intelligent Manufacturing Systems*, (s. 573-581), Leuven.
- Jenkins, L. ve Anderson, M. (2003). Veri zarflama analizinde değişken sayısını azaltmak için çok değişkenli bir istatistiksel yaklaşım. *Avrupa Yöneylem Araştırması Dergisi*, 14 (1), 51-61.
- Kandemir, M. (2016). *Ankara'daki hastanelerin etkinliğinin iki aşamalı veri zarflama analizi ile incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi. Gazi üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Ankara.

- Karaman, R. (2009). İşletmelerde performans ölçümünün önemi ve modern bir performans depolama aracı olarak Balanced Scorecard. *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 8 (16), 410-427.
- Karsak, E. ve İşcan, F. (2000). Çimento endüstrisine göre faaliyet performanslarının ağırlık temizlikleri ve çapraz etkinlik kullanılarak veri zarflama analizi ile değerlendirilmesi. *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, 11 (3), 2-10.
- Kaya, A., Öztürk, M. ve Özer, A. (2010). Metal, eşya makine ve gereç imalat sektöründeki nihai veri zarflama analizi ile etkinlik ölçümü. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, Cilt: 24, Sayı: 1, 129-147.
- Kaya, P. ve Aktan, HE (2011). Türk tarım dairesi düzenlemeleri parametrik olmayan bir organizma analizi. *Alanya İşletme Fakültesi Dergisi/Alanya İşletme Fakültesi Dergisi*, 3 (1), 261-282.
- Kayalıdere, K. ve Kargın, S. (2004). Çimento ve tekstil sektörlerinde etkinlik çalışması ve veri zarflama analizi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 6 (1), 196-219.
- Kecek, G. (2010). *Veri zarflama analizi teori ve uygulama örneği*. Ankara: Siyasal Yayın.
- Keskin Benli, Y. (2006). *İstanbul menkul kıymetler borsası imalat sanayi için etkinlik ve toplam faktör verimliliği analizi*. Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Keskin Benli, Y. ve Karaca, SS (2017). 2008 kriz öncesi ve sonrası İSO 500 sanayi işletmelerinin etkinliklerinin ölçümü: Veri zarflama analizi yaklaşımı. *Gazi İktisat ve İşletme Dergisi*, 3 (1), 19-34.
- Kızıllı, C. ve Aslan, T. (2019). Finansal performansın rasyo yöntemiyle analizi: Borsa İstanbul'da (BİST) işlem gören işletmeye yönelik bir uygulama. *Manas Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 8 (2), 1778-1799.
- Kızıllı, E. (2019). Borsada işlem yapan işletmelerin finansal performansları ile borsa performansları arasındaki ilişki: BİST taş, toprak endeksindeki çimento firmaları üzerine bir uygulama. *Necmettin Erbakan Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi*, 52.
- Koçyiğit, AA (2016). Borsa İstanbul'da işlem gören çimento işletmelerinin etkinliklerinin veri zarflama analizi kullanılarak ölçülmesi. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, Bahar-2016 Cilt:15 Sayı:57, 429-439.
- Kula, V. ve Özdemir, L. (2007). Çimento Sektöründe göreceli etkinsizlik alanlarının veri zarflama analiz yöntemi ile tespiti. *Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Cilt: VIII, 55-70.
- Kula, V., Kandemir, T. ve Özdemir, L. (2009). VZA malmquist toplam faktör verimlilik ölçüsü: İMKB'ye koteli çimento şirketleri üzerine bir araştırma.

Selçuk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi, (17), 187-202.

- Kyriaki Sotiriadou. (2017). Verimlilik: Yunan hastanelerinde kavramlar, ampirik araştırma ve uygulamalar. *Hellenic Journal of Nursing Science (HJNS)*, C.3, S.2, 43-48.
- Liu, FHF ve Wang, P. (2008). DEA malmquist verimlilik ölçümü: Tayvanlı yarı iletken şirketleri. *Uluslararası Üretim Ekonomisi Dergisi, 112* (1), 367–379.
- Margaritis, D. ve Psillaki, M. (2007). Sermaye yapısı ve firma verimliliği. *İşletme Finansı ve Muhasebe Dergisi, 34* (9), 1447–1469.
- Mazman İtik, Ü. ve Sel, A. (2021). Borsa İstanbul'da işlem gören perakende ticaret sektörü şirketlerinin finansal performansının cilos ağırlıklandırma ve topsis yöntemiyle incelenmesi: 2013-2019. *İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi, 10* (3), 2769-2795.
- Mello, D., Meza, L. ve Silveira, JD (2013). Çapraz değerlendirme BCC girdi odaklı modellerdeki negatif verimlilikler hakkında. *Avrupa Yöneylem Araştırması Dergisi, 229* (3), 732-737.
- Milli Prodüktivite Merkezi (2010). <http://www.mpm.org.tr/verimlilik/v1/d/>
- Mirkin, B. G. (1974). *The problem of group choice*. Moscow: Science.
- Mirmozaffari, M., et al. (2020). Eko-verimlilik değerlendirmesi için optimizasyon modelleriyle birleştirilmiş yeni bir makine öğrenimi yaklaşımı. *Uygulamalı Bilimler, 10* (15), 5210.
- Muhammed, A., Tirupathi Rao ve Qaiser Farooq. (2018). Hindistan çimento endüstrisinde bolluk temelli verimlilik ölçüsü ile DEA pencere analizi. *İstatistik, Optimizasyon ve Bilgi İşlem, 6* (2), 292-302.
- Naushada, M. (2020). Suudi Arabistan'daki çimento şirketlerinin teknik ve ölçek etkinliğinin araştırılması. *Management Science Letters, 11* (2021), 339–346.
- Oghani, M., et al. (2020). Yönetim yeteneğini ölçmek için veri zarflama analizi tekniği: İran Çimento endüstrisinden kanıtlar. *Valizadeh Oghani ve diğerleri, Cogent Business & Management, 7*, 1801960.
- Öcal, E., et al. (2007). Sanayi mali oranları—faktör analizinin Türk inşaat sektöründe uygulanması. *Bina ve Çevre, 42*, 385–392.
- Özden, Ü. (2008). Veri zarflama analizi (VZA) ile Türkiye'deki vakıf üniversitelerinin etkinliğinin ölçülmesi. *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi, 37* (2), 167-185.

- Özkan, M. ve Özcan, A. (2018). Veri zarflama analizi (VZA) ile seçilmiş çevresel göstergeler üzerinden bir değerlendirme: OECD performans incelemesi. *Yönetim Bilimleri Dergisi*, 16 (32), 485-508.
- Öztürk, E. (2016). Maliyet performansının ölçümü için göreceli etkinlik analizi: bıt çimento sektöründe veri zarflama analizi uygulaması. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 6 (1), 1-16.
- Pala, Ö. (2021). BİST turizm endeksinde yer alan firmaların CILOS ve MAIRCA tabanlı finansal performans analizi. *Abant Sosyal Bilimler Dergisi*, 21 (2), 163-185.
- Pamuk, Y. (2018). Ölçek, Rts ve Eos: Teorik ve pedagojik açılarından eleştirel bir bakış. *Ankara Üniversitesi SBF Dergisi*, 73 (2), 577-616.
- Pekel, H., N., (2001). *İşletmelerde motivasyon – verimlilik ilişkisi devlet hava meydanları işletmesi Antalya havalimanı çalışanları arasında bir örnek olay araştırması*. Yüksek Lisans Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Isparta
- Podvezko, V., Zavadskas, EK ve Podviesko, A. (2020). Yeni objektif ağırlık değerlendirme yöntemlerinin CILOS ve Idocrw'nın bulanık ÇKDM'ye uzantısı. *Ekonomik Hesaplama ve Ekonomik Sibernetik Çalışmaları ve Araştırması*, 54 (2).
- Psillaki, M., ve ark. (2010). Firma performansına dayalı kredi riskinin değerlendirilmesi. *Avrupa Yöneylem Araştırması Dergisi*, 201, 873–881.
- Raïkar, AV (2018). Analitik hiyerarşi sürecinin (AHP) çok kriterli karar verme (MCDM) tekniği ve VIKOR kullanılarak Hindistan'daki çimento sektörü ve seçilmiş çimento şirketlerinin analitik bir çalışması. *Uluslararası Yönetim, Ekonomi ve Ticaret Araştırmaları Dergisi*, 8 (5), 1-11.
- Ramanathan, R. (2003). *An introduction to data envelopment analysis: a tool for performance measurement*. New Delhi: Sage Publications.
- Rasamison, R. (2014). *Etude d'efficience de l'exploitation des lots forestiers de Madagascar: Cas des forets naturelles entre 2006 et 2007*.
- Rezaie, K., ve ark. (2014). Entegre bir bulanık AHP-VIKOR yöntemi kullanarak İran çimento firmalarının performansının değerlendirilmesi. *Uygulamalı Matematiksel Modelleme*, 38 (21-22), 5033-5046.
- Rizvi, SN ve ark. (2012). Satış promosyonunun kurum karlılığına kısa ve uzun vadeli etkisi: kolaylık ve alışveriş ürünleri arasında karşılaştırmalı bir çalışma. *Uluslararası İşletme ve Yönetim Dergisi*, 7 (5), 247-255.
- Sarı, Z. (2015). *Veri zarflama analizi ve bir uygulama*. Yüksek Lisans Tezi. Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.

- Savoviç, S. ve Mimovic, P. (2022). Sınır ötesi satın almaların satın alınan şirketlerin verimliliği ve üretkenliği üzerindeki etkileri: çimento endüstrisinden kanıtlar. *Uluslararası Verimlilik ve Performans Yönetimi Dergisi*, 71 (4), 1099-1125.
- Sel, A. (2020). Çok kriterli karar verme problemlerinde kriter ağırlıklandırma yöntemleri. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık. (ss. 37- 50).
- Senger, Ö., Tazegül, A. ve Kaygın, CY (2013). İşletmelerin davranışlarının veri zarflama analizi ile denetleme: İmalat sanayinde bir uygulama. *Akademik Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 6(8), 527-550.
- Shannon, CE (1948). Matematiksel bir iletişim teorisi. *Bell Sistemleri ve Teknoloji Dergisi*, 27, 379-423.
- Simar, L. ve Wilson, PW (2001). Parametrik olmayan verimlilik modellerinde test kısıtlamaları. *İstatistiklerde İletişim*, 30(1), 159–184.
- T.C Sanayi Bakanlığı (2022). *Çimento sektör raporu*. Ankara: Sanayi ve Verimlilik Genel Müdürlüğü
- Tarım, A. (2001). *Veri Zarflama Analizi: Matematiksel Programlama Tabanlı Göreli Etkinlik Ölçüm Yaklaşımı*. Ankara: T.C. Sayıştay Başkanlığı Yayınları.
- Taşköprü Volkan. (2014) *klasik veri zarflama analizi ile kategorik veri zarflama analizi modellerinin enerji verimliliği üzerinde karşılaştırmalı incelenmesi*. Yüksek Lisans Tezi. Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Thanassoulis, E. ve Boussofiane, ARD (1996). Performans değerlendirme araçları olarak veri zarflama analizi ve oran analizinin karşılaştırılması. *Omega*, 24(3), 229-244.
- Tone, K. (2001). Slacks-based measure of efficiency. C. William vd. (Ed), *Handbook of Data Envelopment Analysis* içinde (s.195-209), New York: Springer.
- Topçuoğlu, Ö. ve Özer, H.(2018). Özelleştirmenin etkinlik ve verimliliğe yansıması, *Verimlilik Dergisi*, (1), 139-163.
- Tseng, FM ve ark. (2009). Yüksek teknoloji imalat endüstrisindeki iş performansının ölçülmesi: Tayvan'ın büyük ölçekli TFT-LCD panel şirketlerine ilişkin bir vaka çalışması. *Omega*, 37, 686-697.
- Tüzemen, A. ve Yıldız, Ç. (2018). Geleceğe yönelik tahminleme analizi: Türkiye çimento üretim uygulaması. *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 16(3), 162-177.
- Ueda, T. ve Hoshiai, Y. (1997). VZA girdilerinin ve/veya çıktıların basit bir şekilde özetlenmesi için temel bileşen analizinin uygulanması. *Japonya Yöneylem Araştırması Derneği Dergisi*, 40(4), 466–478.

- Ulucan, A. (2000). Şirket performanslarının ölçülmesinde veri zarflama analiz yaklaşımı: Genel ve sektörel bazda değerlendirmeler. *Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 18, 405-418.
- Ulucan, A. (2002). ISO500 sistemlerinin boyutlarının ölçülmesinde veri zarflama analiz yaklaşımı: Farklı bir şekilde girilen çıkış sınırlarını ve ölçüğe göre getiri yaklaşımları ile değerlendirmeler. *Ankara Üniversitesi SBF Dergisi*, 57(2), 185-202.
- Yalama, A. ve Sayım, M. (2008). Veri zarflama analizi ile imalat sektörü performans değerlendirmesi. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 23(1), 89-107.
- Yavuz, İ. (2003). *Verimlilik ve etkinlik ölçümüne yeni yaklaşımlar ve illere göre imalat sanayinde etkinlik karşılaştırmaları*. Ankara: Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları.
- Yen, FL ve Othman, M. (2011). Malezya'daki otellerin verimliliğini ölçmek için veri zarflama analizi. *SEGi İncelemesi*, 4(1), 25-36.
- Yeşilyurt, C. (2009). Türkiye'deki iktisat bölümlerinin testleri performanslarının verisi zarflama analiz yöntemiyle ölçme: KPSS 2007 hücrelerine dayalı uygulama. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 23(4), 135-147.
- Yıldız, A. (2005). İMKB'de işlem gören şirketlerin etkinliklerinin veri zarflama analizi ve malmquist endeksi yöntemleriyle değerlendirilmesi. 9. *Ulusal Finans Sempozyumu* (s. 285-315), Nevşehir.
- Yıldız, A. (2007). İmalat sanayi işletmelerinin gösterimlerinin ölçülmesi. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 9(2), 91-103.
- Yılmaz, MK ve ÇIRACI, D. (2004). Hisse incelemeleri İMKB'de işlem gören işletme işletmesinin likidite ve karlılık açısından veri zarflama yöntemi ile etkinlik analizi. *Muhasebe Bilim Dünyası Dergisi*, 6(3), 129-148.
- Yılmaz, NK (2019). Gayrimenkul yatırım ortaklıklarının finansal sonuçların TOPSIS yöntemiyle ölçümleri. *VKI*, 7(1), 423-443. doi: <http://dx.doi.org/10.15295/bmij.v7i1.1080>
- Yolalan, O.R. (1993). *İşletmeler arası göreceli etkinlik ölçümü*. Ankara: Milli Prodüktivite Merkezi Yayınları.
- Yörük, N., et al. (2013). Hisse senedi getirileri arasındaki ilişkinin incelenmesi. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 13(2), 101-113.
- Yükçü, S. ve Atağan, G. (2009). Etkinlik, etkililik ve verimlilik kavramlarının yarattığı kafa karışıklığı. *Atatürk Üniversitesi İİBF Dergisi*, 23(4), 1-13.

- Zavadskas, E. ve Podvezko, V. (2016). MCDM'de objektif kıstaslarının ağırlıklarının entegre çıkışı. *International Journal of Information Technology & Decision Making*, 15(2), 267-283.
- Zavadskas, E.K. (1987). *Complex estimation and choice of resource saving decisions in construction*. Vilnius: Mokslas.
- Zavadskas, EK, Cavallaro, F., Podvezko, V., Ubarte, I. ve Kaklauskas, A. (2017). Sürdürülebilir kalkınma ilkelerine göre sağlıklı ve güvenli yapı bir çevrenin MCDM değerlendirmesi: Vilnius'ta pratik bir komşuluk yaklaşımı. *Sürdürülebilirlik*, 9(5), 702-801.
- Zuhdi, U. ve Prasetyo, AD (2014). Japonya'nın BİT sektörlerinin toplam çıktı değişimlerinin incelenmesi: Girdi-çıktı yaklaşımı. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 109, 659-663.



EKLER

EK 1- 2015 Yılı İçin Veri Seti

NO	KVB	X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3
1	Afyon	0,19	0,11	0,54	4,37	6,67	0,29
2	Akçansa	0,65	0,19	0,82	3,68	7,59	0,89
3	Baştaş	0,90	0,18	0,82	3,61	6,p99	0,70
4	Batıçım	0,45	0,20	0,82	3,51	6,76	0,59
5	Batısöke	0,25	0,11	0,70	5,30	4,72	0,34
6	Bursa	0,67	0,21	0,50	3,22	5,07	1,07
7	Çimentaş	0,72	0,16	0,86	3,85	5,01	0,49
8	Çimsa	0,61	0,21	0,84	3,58	7,48	0,67
9	Göлтаş	0,49	0,26	0,84	2,61	4,19	0,59
10	Konya	0,85	0,13	0,46	4,75	6,50	0,78
11	Nuh	0,54	0,14	0,73	3,33	6,29	0,70
12	Oyak	0,81	0,15	0,72	2,78	2,49	0,51

EK 2- 2016 Yılı İçin Veri Seti

NO	KVB	X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3
1	Afyon	0,58	0,41	1,59	6,05	7,13	0,13
2	Akçansa	0,86	0,29	0,91	3,51	7,10	0,82
3	Baştaş	0,90	0,21	0,82	4,13	7,35	0,77
4	Batıçim	0,34	0,20	0,92	3,05	7,75	0,45
5	Batısöke	0,22	0,15	0,99	4,45	4,46	0,22
6	Bursa	0,75	0,23	0,52	3,35	4,94	1,06
7	Çimentaş	0,72	0,16	0,85	3,71	5,45	0,51
8	Çimsa	0,77	0,36	1,20	3,68	5,82	0,52
9	Göлтаş	0,63	0,36	0,92	2,46	3,86	0,47
10	Konya	0,85	0,15	0,53	4,11	4,30	0,65
11	Nuh	0,57	0,13	0,74	3,26	5,87	0,64
12	Oyak	0,71	0,10	0,70	2,93	2,58	0,49

EK 3- 2017 Yılı İçin Veri Seti

NO	KVB	X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3
1	Afyon	0,60	0,43	1,33	2,21	13,65	0,24
2	Akçansa	0,89	0,37	1,00	3,23	7,81	0,81
3	Baştaş	0,92	0,28	0,84	3,52	6,34	0,82
4	Batıçim	0,37	0,21	1,03	2,79	9,62	0,37
5	Batısöke	0,28	0,17	1,07	2,17	4,79	0,15
6	Bursa	0,86	0,31	0,52	3,12	5,07	1,18
7	Çimentaş	0,73	0,18	0,84	3,12	6,24	0,57
8	Çimsa	0,65	0,37	1,12	2,83	6,77	0,52
9	Göltaş	0,57	0,34	0,85	2,52	4,03	0,51
10	Konya	0,88	0,17	0,52	3,54	4,40	0,80
11	Nuh	0,66	0,24	0,79	2,61	6,23	0,63
12	Oyak	0,80	0,15	0,68	2,89	3,97	0,67

EK 4- 2018 Yılı İçin Veri Seti

NO	KVB	X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3
1	Afyon	0,71	0,46	1,62	5,87	10,22	0,24
2	Akçansa	0,82	0,40	0,90	3,86	6,82	0,84
3	Baştaş	0,92	0,27	0,82	4,38	5,05	0,78
4	Batıçim	0,41	0,24	1,10	4,57	7,44	0,42
5	Batısöke	0,35	0,22	1,12	5,93	3,96	0,24
6	Bursa	0,80	0,18	0,47	4,80	4,34	1,34
7	Çimentaş	0,69	0,20	0,83	3,85	5,09	0,59
8	Çimsa	0,71	0,41	1,24	4,05	7,68	0,51
9	Göltaş	0,61	0,39	0,94	3,31	4,40	0,69
10	Konya	0,89	0,18	0,52	4,16	3,79	0,86
11	Nuh	0,63	0,26	0,76	3,36	4,73	0,63
12	Oyak	0,89	0,27	0,38	3,09	2,67	0,57

EK 5- 2019 Yılı İçin Veri Seti

NO	KVB	X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3
1	Afyon	0,62	0,46	1,66	4,92	12,10	0,25
2	Akçansa	0,67	0,32	0,92	4,95	7,38	0,88
3	Baştaş	0,81	0,27	0,86	3,65	5,01	0,71
4	Batıçim	0,39	0,27	1,10	5,34	5,17	0,32
5	Batısöke	0,40	0,31	1,20	7,09	3,01	0,18
6	Bursa	0,76	0,18	0,48	5,10	4,11	1,11
7	Çimentaş	0,69	0,20	0,86	3,05	4,62	0,47
8	Çimsa	0,59	0,36	1,12	3,42	6,58	0,43
9	Göltaş	0,58	0,36	0,96	2,20	3,21	0,49
10	Konya	0,74	0,14	0,58	3,55	3,53	0,72
11	Nuh	0,69	0,24	0,79	5,98	5,00	0,67
12	Oyak	0,61	0,24	0,74	3,30	8,58	1,17

EK 6- 2020 Yılı İçin Veri Seti

NO	KVB	X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3
1	Afyon	0,85	0,26	1,09	5,83	13,53	0,40
2	Akçansa	0,68	0,34	0,88	4,45	9,05	0,89
3	Baştaş	0,86	0,40	0,92	2,82	7,86	0,76
4	Batıçim	0,53	0,46	1,40	5,37	5,72	0,47
5	Batısöke	0,45	0,46	1,52	7,30	3,75	0,35
6	Bursa	0,74	0,19	0,39	3,83	4,24	1,12
7	Çimentaş	0,84	0,30	0,98	3,31	7,88	0,65
8	Çimsa	0,89	0,57	1,17	6,45	7,40	0,47
9	Göltaş	0,60	0,40	0,96	2,52	7,12	0,70
10	Konya	0,81	0,20	0,58	3,00	5,91	0,82
11	Nuh	0,69	0,20	0,77	5,51	7,31	0,78
12	Oyak	0,92	0,39	0,85	3,17	6,67	0,80

EK 7- 2021 Yılı İçin Veri Seti

NO	KVB	X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3
1	Afyon	0,89	0,26	1,02	5,39	6,21	0,55
2	Akçansa	0,92	0,51	1,00	5,10	5,14	0,97
3	Baştaş	0,94	0,61	1,05	2,62	7,17	0,94
4	Batıçim	0,67	0,51	1,63	2,56	6,51	0,56
5	Batısöke	0,66	0,65	2,30	4,23	4,65	0,41
6	Bursa	0,88	0,18	0,40	4,79	3,99	1,29
7	Çimentaş	0,85	0,37	1,04	3,85	7,55	0,84
8	Çimsa	0,78	0,37	0,91	4,16	6,55	0,72
9	Göлтаş	0,58	0,42	1,01	2,90	5,67	0,72
10	Konya	0,94	0,42	0,65	3,83	5,83	1,01
11	Nuh	0,65	0,24	0,69	5,87	6,19	0,83
12	Oyak	0,73	0,28	0,65	3,76	6,31	1,06

EK 8- 2022 Yılı İçin Veri Seti

NO	KVB	X1	X2	X3	Y1	Y2	Y3
1	Afyon	0,92	0,33	0,67	4,70	9,34	1,28
2	Akçansa	0,90	0,49	0,9	4,76	8,54	1,54
3	Baştaş	0,97	0,54	0,57	3,07	7,48	1,45
4	Batıçim	0,45	0,35	1,12	13,56	10,08	1,07
5	Batısöke	0,42	0,41	1,28	7,98	7,56	0,75
6	Bursa	0,88	0,15	0,46	4,46	5,31	1,59
7	Çimentaş	0,82	0,36	0,93	5,26	10,31	1,37
8	Çimsa	0,91	0,43	0,86	4,59	7,79	1,02
9	Göltaş	0,75	0,43	0,99	4,70	7,82	1,25
10	Konya	0,96	0,66	0,75	3,39	5,93	1,60
11	Nuh	0,80	0,28	0,67	8,83	7,88	1,49
12	Oyak	0,88	0,31	0,6	4,87	7,08	1,57