



Hazır Beton Üretimi Yapan İşletmelerin Etkinliklerinin Veri Zarflama Analizi Yöntemiyle Belirlenmesi*

Kasım Can Işık^{a**}, Selahattin Koç^b

^a Doktora Öğrencisi, Cumhuriyet Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Ana Bilim Dalı, 58140 Sivas, TÜRKİYE.
e-posta: canm001@gmail.com ORCID: orcid.org/0000-0002-9637-8889

^b Doç. Dr., Cumhuriyet Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, 58140 Sivas, TÜRKİYE.
e-posta: skoc@cumhuriyet.edu.tr, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-4285-5632>

MAKALE BİLGİSİ

Geliş Tarihi: 11.7.2017
Kabul Tarihi: 13.9.2017
Çevrimiçi Kullanım
Tarihi: 10.02.2017

Anahtar Kelimeler:

VZA, Etkinlik,
Verimlilik, Hazır Beton

ÖZ

Bu çalışmada Sivas ilinde hazır beton üretimi yapan işletmelerin veri zarflama analizi (VZA) yöntemiyle etkinlik düzeyleri hesaplanmıştır. Etkin olmayan işletmelerin etkin hale gelebilmeleri için girdi-çıkıtı miktarlarında etkin durumda olan işletmelere göre ne kadar iyileştirme yapmaları gerektiği belirlenmiştir. Çalışmada etkinlikler, girdi ve çıkıtı odaklı CCR ve BCC modelleri kullanılarak hesaplanıp incelenmiştir. Ayrıca süper etkinlik modeli yardımıyla işletmelerin etkinlik sıralamaları da belirlenmiştir.

Determination of Effectiveness of Companies with Ready-Concrete Production by Data Envelopment Analysis Method

ARTICLE INFO

Received: 11.7.2017
Accepted: 13.9.2017
Available online: 10.02.2017

Keywords:

DEA, Efficiency,
Productivity, Ready-
mixed Concrete

ABSTRACT

In this study, efficiency levels of ready mixed concrete producers in Sivas were calculated by data envelopment analysis method (DEA). In order for inefficient businesses to become effective, it has been determined how much improvement in input-output quantities should be made in relation to efficient businesses. In the study, efficiencies were calculated and evaluated using input and output focus CCR and BCC models. Furthermore efficiency ranking of producers determined in help of superefficiency model.

* Bu çalışma, 20-22 Nisan 2017 tarihlerinde Bursa'da düzenlenen Uludağ Üniversitesi 2. Lisansüstü İşletme Öğrencileri Sempozyumu'nda sunulmuş, geliştirilerek makale formatına getirilmiştir.

** Sorumlu Yazar / Corresponding Author

1. Giriş

1.1. Araştırma Problemi

Günümüzde işletmelerin yaşadığı yoğun rekabet nedeniyle üretimden satışa bütün süreçler de iyileştirme yapılması zorunlu hale gelmiştir. Bu süreçte birçok zorlukla karşılaşan işletmelerin karşı karşıya kaldıkları en önemli sorunlardan biri de kaynakların israf edilip edilmediğinin tespitidir. Bu sorunun çözülmesi için benzer girdiler kullanarak benzer çıktılar elde eden işletmelerin birbirleriyle kıyaslanması gerekmektedir. İşletmelerin birbirleri ile yapılan bu karşılaştırmalar, işletmelerin etkinliklerinin ve performanslarının belirlenmesi için elimizde önemli bir veridir. Öte yandan iş kollarının aynı olması sebebiyle bu karşılaştırmalar bize işletmelerin güçlü ve zayıf yanlarını da birbirleriyle kıyaslama şansı vermektedir (Başkaya ve Akar, 2005).

Bu çalışmadaki araştırma problemi Sivas ilinde faaliyet gösteren 12 hazır beton işletmesinin etkinliklerinin girdi ve çıktı odaklı CCR (Charnes, Cooper, Rhodes, 1978) ve BCC (Banker, Charnes, Cooper, 1984) modelleriyle belirlenmesi, mevcut araştırma ve ne gibi iyileştirmelerde bulunulabileceğini ortaya konulmasıdır.

1.2. Amaç ve Önem

Çalışmamızın amacı hazır beton alanında faaliyet gösteren işletmeleri etkinlik seviyesine göre sıralamak, etkin olmayan işletmeleri belirlemek, bu işletmelerin neden etkin olmadıklarını girdi/çıktı açısından değerlendirmek, bu girdi/çıktılar da ne ölçüde iyileştirme yapılırsa etkin olmayan işletmelerin etkin hale geleceğini ortaya koymak, etkin olmayan işletmelerin hangi etkin olan işletmeleri kendine referans olarak alması gerektiğini belirlemektir. Çalışma sonucunda hazır beton üretimi alanında etkin olmayan işletmelerin ağırlıklı olarak hangi girdi/çıktılarda iyileştirme yapmaları gerektiğine ulaşılmaya çalışılarak hem sektörün genel olarak verimlilik durumu incelenecek hem de sektördeki diğer işletmelere daha verimli üretim yapabilmeleri için önerilerde bulunulacaktır. Bu çalışma ulaşılmaması düşünülen yüksek potansiyelleri bakımından önem arz etmektedir. Araştırmamızda yalnızca Sivas ilinin kullanılması ve hazır beton üretiminde faaliyet gösteren sadece 12 adet işletmenin analizde kullanılacak olması ise sınırlarımızı oluşturmaktadır.

Günçan (1994) tez çalışmasında İstanbul'da faaliyet gösteren hazır beton üretimi yapan tesislerin verimliliğini ölçülmeye çalışmış olup değerlendirmeler teknoloji, kuruluş yeri, taşıma uzaklıkları, yatırımcı ve yükleniciler baz alınarak yapılmıştır. Şentürk (2000) tez çalışmasında hazır beton üretimi yapan işletmelerin ürettiği ürünleri kalite/performans açısından değerlendirmeye çalışmışken Güner (2003) benzer olarak tezinde hazır beton üretimi yapan işletmelerin girdilerini kalite/performans açısından değerlendirmeye almıştır. Kayalidere ve Kargın (2004) makalesinde çimento ve tekstil alanında faaliyet gösteren işletmelerin hem fiziksel koşullarını hem de bilançolarını veri zarflama analizi yöntemini kullanarak etkinliklerini kıyaslamaya çalışmıştır. Başkaya (2012) makalesinde çimento/hazır beton alanında üretim yapan işletmelerin finansal etkinliklerini veri zarflama analizi yardımıyla belirleme çalışmıştır. Min (2005) çalışmasında Çin ve Singapur'da hazır beton üreticilerinin performanslarının artmaları için ne yapmaları gerektiğini stok, sipariş ve maliyet olarak inleyerek ve önerilerini sunmuştur. Anson (2002) çalışmasında Hong Kong'daki hazır beton işletmelerinin performanslarını değerlendirmiş olup; kaynaklarını verimli kullanıp kullanmadıklarını ve tedarik-teslimat sistemlerini ayrıntılı bir şekilde gözden geçirmiştir.

Veri zarflama analizi (VZA) etkinlik/verimlilik ölçümü yaptığı için birçok sektörde kullanımına ihtiyaç duyulmaktadır fakat veri zarflama analizi yardımıyla ülkemizde hazır beton üretimi yapan işletmelerin etkinlik ölçümü çalışmada baz alınan girdi ve çıktılar özelinde ayrıntılı bir çalışma yer almamaktadır. Çalışma sonucunda hazır beton üretimi alanında etkin olmayan işletmelerin ağırlıklı olarak hangi girdi/çıktılarda iyileştirme yapmaları gerektiği tespit edilmeye çalışılarak hem sektörün genel olarak verimlilik durumunun incelenmesi hem de sektördeki diğer işletmelere daha verimli üretim yapabilmeleri için önerilerde bulunmaya çalışılarak literatüre katkı sunulabileceği düşünülmüştür.

2. Teorik çerçeve

Teorik çerçeve altında birinci başlıkta öncelikle verimlilik ve etkinlik kavramları incelenecek ardından ikinci başlıkta etkinlik ölçüm türlerine değinilecektir ve son olarak üçüncü başlıkta ise veri zarflama analizi incelenecektir.

2.1. Verimlilik ve etkinlik kavramı

Verimlilik bir sistemin ürettiği çıktılar ile bu çıktıları yaratmak için kullanılan girdiler arasındaki ilişki şeklinde tanımlandığı gibi aynı girdiyle daha çok çıktı elde etmek veya daha az girdiyle aynı çıktıyı elde etmek şeklinde tanımlanabilir (Tetik, 2003, s.221). Etkinlik kavramına da verimliliğin tanımından ulaşılabılır ki üretim esnasında kullanılan; enerji, işçilik, makine-teçhizat, su, hammadde ve bunlar gibi girdiler (üretim faktörleri) ile üretim prosesi sonunda ortaya çıkan ürünler (çıktılar) arasındaki oranı bize anlatır (Odabaşı, 1997, s.15). Yani genel olarak tanımlayacak olursak etkinlik bir faaliyetin yönelmiş olduğu hedefe ulaşma derecesidir (Komşuoğlu ve Karakadılar, 2010). Verimlilik her bir karar birimi (KVB) için bağımsız olarak hesaplanabilir yani göreceli bir kavram değildir. Etkinlik ise farklı olarak her bir karar biriminin verimliliğini belirli bir grup dahilinde ölçer ve bu yüzden göreceli bir kavramdır (Başkaya ve Akar, 2005). İşletmelerin performanslarını ölçmek amacıyla çeşitli etkinlik yöntemleri geliştirilmiştir. İşletmelerin sahip oldukları girdileri en uygun şekilde kullanarak maksimum çıktıyı üretmesine teknik etkinlik denirken, üretilmek istenen çıktıyı en uygun ve minimum miktarda girdi kullanarak üretmesine ise tahsis(ölçek) etkinliği denir (Kayalidere ve Kargin, 2004).

2.2. Etkinlik ölçüm türleri

Etkinlik ölçümleri 3 yöntemle yapılmaktadır bunlar, oran analizleri, parametrelili yöntemler ve parametresiz yöntemlerdir. İki değişken arasında olan ilişkiyi inceleyen ve tek girdiyle tek çıktının birbirine oranı şeklinde tanımlanan oran analizi, performans kavramının sadece bir boyutunu göz önüne alıp incelerken diğer boyutlarını incelememektedir. (Balkan ve Arıkan, 2010) Parametrik yöntemler ise çoklu regresyon analizini temel alırken, aralarında neden sonuç ilişkisi olan bağımsız değişkenler ile bağımlı değişken arasındaki ilişkiyi ve bu ilişkinin yapısını tespit etmeye yarayan yöntemlerdir. Parametrik yöntemlerde; herhangi bir sisteme ait etkinlik değeri, genel olarak ortalama etkinliği gösteren regresyon doğrusunun üzerinde yer alıyor ise o sistemin etkin olduğu söylenir ki aksi halde bu sistem etkin olmayacaktır. Parametrik olmayan yöntemler ise birden fazla çıktı ve birden çok girdi değişkenlerinin mevcut olduğu ve bunların birbirinden farklı ölçüm birimleriyle de ölçülmüş olabileceği sistemlerinin etkinliğini hesaplamada kullanılmaktadır yani bir nevi elimizdeki yapının üretim sınırına olan uzaklığını ölçerler (Özden, 2008, s.168). Parametrik olmayan yöntemlerden biri olan veri zarflama analizi (VZA) çok boyutlu örneklerle çözüm sunması, matematiksel programlamayı teknik olarak kullanması, diğer yöntemlere kıyasla daha esneyebilir bir yapıya sahip olması ve herhangi bir analitik forma gerek duyulmaması nedenleriyle üstün bir etkinlik analizi yöntemi olarak kabul edilmektedir (Yolalan, 1993, s.5).

2.3. Veri zarflama analizi

VZA aracılığıyla gözlenen karar birimleri ile ilgili verilerle, ampirik gözlemsel bir etkin sınır belirlenmektedir. Herhangi bir karar biriminin bu sınır üzerinde olması durumunda bu karar birimine etkin, üzerinde olmaması durumunda ise etkin olmayan karar birimi denmektedir. VZA ek olarak etkin olmayan karar birimlerine referans olacak diğer karar birimlerinin de tespitini sağlar. Referans alınacak olan bu karar birimleri, etkin sınır üzerinde varsayılan birimlerdir. VZA yönteminin isminde yer alan zarflama ifadesi etkinlik sınırının üretim imkanları kümesindeki (belirli bir üretim fonksiyonunun üretmesi ihtimal dahilinde olan, etkin veyahut etkin olmayan tüm girdi-çıkıtı bileşenlerini içeren küme) en az bir nokta üzerinden geçmesi ve kalan diğer tüm noktaların bu sınırın üzerinde bulunması ya da altına yer alması özelliğinden gelmektedir. Bunun nedeni ise matematik dilinde, bu şekilde bir sınırın bu noktaları "zarfladığı" şeklinde söylenmesidir (Cooper, Seiford ve Tone, 2006).

Araştırmamızda VZA'nın tercih edilmesindeki en önemli etken farklı birimlere sahip çoklu girdi-çıkıtı faktörlerinin aynı anda analizde değerlendirilebilmesidir. Böylelikle etkin olmayan işletmelerin

ağırlıklı olarak hangi girdi/çıkıtlarda iyileştirme yapmaları gerektiği vurgulanacak, bu sektör için hangi girdi-çıkıtların etkinlik açısından daha önemli olduğu belirtilecek ve sektörün genel olarak verimlilik durumu gözden geçirilerek hazır beton faaliyeti alanında faaliyet gösteren işletmelere yol gösterilerek ve önerilerde bulunmaya çalışılacaktır.

2.3.1. Veri zarflama analizinin temel aldığı yaklaşımlar ve ortaya çıkması

Veri zarflama analizine temel oluşturan çalışma Farrell'in (Farrell, 1957, s.253-281) 1957 yılında doğrusal programlama tekniğini kullanarak yaptığı etkinlik ölçme çalışmasıdır. (Erciş, 2009, s.3). Bu çalışmaya ek olarak Boles'in 1966 yılında ve Afriat'ın 1972 yılında matematiksel programlamaya yönelik bazı önerileri olmuştur fakat bu çalışmalar fazla tutulmamıştır (Başkaya ve Akar, 2005). 1978 yılında Farrell'in çalışmasından yola çıkan Charnes, Cooper ve Rhodes (1978) literatürde CCR modeli olarak geçen çalışma çok boyutlu ve parametrik olmayan etkinlik ölçme yöntemi olan VZA'nın başlangıcı sayılabilir. Bu çalışmada Charnes Cooper ve Rhodes (1978) tarafından ölçüğe göre sabit getiri (Constant Return to Scale, CRS) durumu varsayılmaktadır. Sonrasında ise Banker, Charnes ve Cooper (1984) başka bir çalışmada ölçüğe göre değişken getiri (Variable Return to Scale, VRS) durumunu ele almışlar ve literatürde bu BCC modeli olarak geçmektedir. CCR ve BCC modelleri girdi ve çıkıtlara yönelik olmak üzere iki ayrı şekilde incelenebilmektedir. Bu sayede VZA ile yapılan çalışmalarda sonuçları yorumlama esnekliği oluşmuş ve yöntemin uygulama alanları da genişlemiştir (Yeşilyurt ve Alan, 2003). Veri zarflama analizi kullanılarak etkinliği ölçülen birimlere karar verme birimi (KVB) denir ve girdileri çıkıtlara dönüştürerek performans değerlendirilmesi yapar. Veri zarflama analizinde her bir girdi ve çıktı için "Kara Verme Birimleri" (KVB)'ne ait ağırlıklar belirlenmektedir. Ağırlıkların pozitif olması ve ağırlıklı çıkıtların ağırlıklı girdilere oranının birden küçük olması ise kısıtlardır. (Komşuoğlu ve Kadılar, 2010) CCR modeli etkin olan ve olmayan karar verme birimlerini belirleyebilir ama etkin olan KVB'lerinden hangilerinin daha etkin olduğunu belirleyemez. (Karakaya, Kurtaran ve Dağlı, 2014).

Etkin olan karar verme birimleri için CCR etkinlik skoru 1'den büyük değerler alabilirse, etkin olan KVB'leri sıralanabilecektir bu yönetime süper etkinlik modeli denir. (Andersen ve Petersen, 1993).

2.3.2. Veri zarflama analizinin üstün ve zayıf yönleri

Her analiz yöntemi gibi VZA yönteminin de üstünlük ve zayıflıkları vardır ve aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Girdi-çıkıtlı değişkenlerini birden fazla sayıda kullanmak mümkündür.
- Doğrusal formu hariç tutarsak, girdi ve çıkıtlar arasında fonksiyonel bir ilişki oluşturulmasına gerek yoktur.
- Girdi-çıkıtlı değişkenleri için farklı ölçü birimlerinin aynı anda kullanması mümkündür (ağırlık, uzunluk, parasal değer vb) Farklı ölçüm birimleriyle işlem yapılırken de bir varsayım veya dönüşüm kullanmaya gerek yoktur.
- Her bir KVB için ayrı ayrı farklı bir doğrusal programlama modelinin çözülmesi gerekir. Bu da büyük çapta olan problemlerin çözümü için zaman kısıtını ortaya çıkarır.
- Etkinlik hesabı en iyi uç değerlere göre yapıldığından, bu uç değerlere duyarlıdır. Bu sebeple VZA ile hesaplanan etkinlik sonuçlarına mutluluk çerçevesinde değil, görecelik çerçevesinde bakılmalıdır.
- Analizde rassal hata olmadığından, verilerden kaynaklanan hatalar (ölçme-veri toplama) ayıklanmazsa veya analizde yer alması gereken değişkenler analize dahil edilmemişse, KVB'lerin görece etkinliklerinin yanlış hesaplanması olabilir. Bu nedenle analizlerde KVB'nin doğru ve eksiksiz seçilmesi önemlidir.
- Girdi ve çıkıtlardaki değişken sayısı fazla olmamalıdır. Çünkü fazla miktarda girdi-çıkıtlı değişkeni kullanılırsa, görece etkin ve etkin olmayan KVB'lerin ayrıştırılması zorlaşır. Hatta girdi ve çıktı arasında da bir değerlendirme yapılacak olursa çıktı sayısının girdi sayısından fazla olması tercih edilmektedir (Özden, 2008, s.169).

2.3.3. Veri zarflama analizinin aşamaları

Veri zarflama analizi bütün KVB için girdi veya çıktılardaki etkinsizlik kaynağının ne olduğunu, bunların miktarlarının belirlenmesini ve etkin olan birimlerin etkinlik sıralaması bulmamızı sağlayan bir tekniktir. KVB arasında minimum girdi kullanarak maksimum çıktıya ulaşıp etkinlik sınırını oluşturan KVB'leri belirlenir ve her bir KVB için nispi bir etkinlik skoru halinde sunulur. Bu sayede belirlenmiş etkinlik sınırı referans alınarak etkin halde olmayan birimlerin bu sınıra uzaklıkları yani etkinsizlik seviyeleri bulunur. Etkin olmayan KVB için en iyi uygulamalar rol model olarak alınarak kendi durumları iyileştirilebilir. Veri zarflama analizinin tasarımı girdi ve çıktı odaklı olarak yapılabilir. Girdi odaklı modeller etkin olmayan KVB'nin referans olarak alınan etkin KVB'ne göre girdilerini ne ölçüde azaltmaları gerektiğini bize gösterirken, çıktı odaklı modeller ise etkin olmayan KVB'nin referans olarak alınan etkin KVB'ne göre çıktılarını ne kadar artırmaları gerektiğini bize gösterir ve sistemde yapılacak iyileştirmeler hakkında bize öngörüler sağlar (Komşuoğlu ve Karakadılar, 2010).

Veri zarflama analizinin kullanılmasında öncelikli şart aynı kararların uygulandığı ve benzer faaliyet alanlarına sahip olan yani girdi ve çıktılardan ortak olduğu KVB'nin seçilmesi zorunludur. Benzer nitelikte olan karar verme birimlerinin etkinliklerinin ölçülmesinde dört ana aşama vardır:

- Etkinlik hesabı yapılacak olan KVB'nin tespiti
- Girdi-çıkıtı faktörlerinin ne olacağına tespiti ve bunlarla ilişkili olan verilerin elde edilmesi
- Hangi modelin uygun olduğunun tespit edilerek seçilmesi
- Etkinlik skorlarının bulunması ve ulaşılan bu sonuçların yorumlanması. (Cooper vd., 2006)

KVB'lerin seçiminde homojenlik haricinde KVB'nin sayısı da önemlidir. Etkinlik ölçümü yapılırken analize katılacak karar verme birimlerinin sayısı yapılan araştırmanın amacına ve bu doğrultuda ne miktarda homojen KVB elde edilebileceğiyle doğru orantılı olmakla birlikte karar verme birimi sayısı tespitinde girdi ve çıktı değişkenlerinin kaç tane olduğu da önem arz etmektedir. Analizde yer alan karar verme birimi sayısı azaltılıp kullanılan girdi ve çıktı faktörlerinin sayısı arttırılırsa etkin olduğu ifade edilen karar verme birimi sayısı da artış eğiliminde olmaktadır ki bu da veri zarflama analizinin etkin bulunan ve bulunmayan karar verme birimlerini ayırt etme gücünü düşürmektedir. Bu sebeplerle girdi ve çıktı faktörlerinin miktarına bağlı olarak seçilmesi gereken karar verme birimi sayısının tespiti için uyulması gereken bazı kurallar öne sürülmüştür.

- Karar verme birimi sayısının, girdi-çıkıtı faktörleri sayılarının toplamının katları şeklinde olması gerektiğini hatta 2 veya 3 katın daha ideal olduğunu vurgulamıştır. (Ramanathan, 2003, s.174)
- KVB sayısına n , girdi faktörlerine m , çıktı faktörlerinin sayısına ise s denilmek üzere, $n \geq \max\{m \times s, 3(m + s)\}$ formülüyle KVB sayısının tespit edilmesi gerektiğini öne sürmüştür.
- Seçilen girdi faktörü sayısına m , çıktı faktörü sayısına da s demek üzere en az $m+s+1$ tane karar verme birimi sayısının olması kısıtı güvenilirlik açısından önem arz eder.
- Değerlendirmeye alınan KVB sayısı, girdi-çıkıtı faktörleri sayılarının toplamının en az 2 katı olması gerekliliği sağlanmalıdır ki bu da Ramanathan'ın (2003) önerisiyle paraleldir.

VZA'de etkinliği ölçülecek benzer yapıdaki KVB'leri için girdi ve çıktı faktörleri seçiminde hem etkinlik ölçümündeki önem düzeyi hem de bu faktörlerin sayısı önem arz etmektedir. Girdi faktörleri karar verme birimlerinin kullanmış oldukları kaynakları, çıktı faktörleri ise bu kaynaklarla ulaşılan değerleri belirtmektedir. Bu sebeple değişkenleri belirleme aşamasında; daha az girdi kullanılarak aynı çıktı seviyesine ulaşıldığında veya aynı girdi miktarı kullanılarak daha fazla çıktı düzeyine ulaşıldığında etkinlik artacağından girdi değişkenleri sayısı için “daha az”, çıktı değişkenleri sayısı için de “daha fazla” olması tercih edilmelidir.(Özdemir ve Demireli, 2013).

2.3.4. Veri zarflama analizinin matematiksel yapısı

VZA'de genel etkinlik formülü, çıktılardan girdilere oranı şeklindedir bu yüzden her bir karar biriminin (KVB) etkinliğini artırmak için iki yol mevcuttur. Bunlardan ilki çıktılar sabitken, girdi miktarının küçültülmesi, ikincisi ise girdiler sabitken, çıktı miktarının büyütülmesidir. Yani birinci

yaklaşımına girdiye yönelik, ikinci yaklaşım ise çıktıya yöneliktir. Girdi odaklı olan VZA modelleri, belirli bir çıktı bileşimini en uygun olarak elde edebilmek hedefiyle, kullanılacak en iyi girdi bileşiminin nasıl bir içerikte olması gerektiğini tespit etmeye çalışır. Çıktı odaklı VZA modelleri ise, belirli bir girdi bileşimiyle en fazla ne miktarda çıktı bileşimi elde edilebileceğini tespit etmeye çalışır. (Ulutaş, 2006, s.12). VZA modellerinde, birbirleriyle kıyaslanacak N adet KVB olduğu ve her bir KVB' nin n adet girdi kullanarak m adet çıktı ürettiği varsayılır. Bu durumda, $k(k=1, \dots, N)$, KVB' nin etkinliği aşağıda yer alan kesirli programlama modelinin çözümü ile elde edilir. (Charnes , Cooper ve Rhodes, 1978).

VZA'nın genel formülasyonu kullanılan notasyonlarla birlikte gösterilecek olursa

j = Karar verme birimi (KVB) dizini $j=1,2, \dots, n$

i = Girdi dizini $i=1,2, \dots, m$

r = Çıktı dizini $r=1,2, \dots, s$

e_0 = (KVB)o 'nin göreceli etkinliği

x_{io} = (KVB)o 'nin i.girdisi

x_{ij} = j.KVB 'nin i.girdisi

y_{ro} = (KVB)o 'nin r.çıktısı

y_{rj} = j.KVB 'nin r.çıktısı

v_i = i.girdinin ağırlığı

e_o = r.çıktının ağırlığı

$$\max e_0 = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{ro}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{io}} \quad (1)$$

$$\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1 \quad (2) \quad j=1,2, \dots, n$$

$$u_r \geq 0, v_i \geq 0 \quad (3) \quad r=1,2, \dots, s; \quad i=1,2, \dots, m$$

Modelde n adet karar birimi için m adet girdisi ve s adet çıktısı bulunan amaç fonksiyonu, ağırlıklandırılmış toplam çıktıların, ağırlıklandırılmış toplam girdilere oranının maksimizasyonu şeklinde tanımlanabilir. Aynı ölçütün diğer KVB açısından 1'den küçük eşit olması (2) ile gösterilen ilk kısıttır. Etkinlik ölçümü yapılırken verilmiş olan ağırlık değerlerinin (u_r, v_i) sıfırdan büyük değer alması gerekmektedir. Model, her j karar birimi için doğrusal programlama ile çözümlenerek her birim için bir etkinlik değeri elde edilmelidir. Eğer $e_0 = 1$ olarak hesaplanırsa ilgili olan karar verme birimi (KVB) etkin kabul edilirken; eğer $e_0 < 1$ olarak hesaplanırsa, bahsi geçen KVB'nin etkin halde olmadığı söylenir (Balkan ve Arıkan, 2010).

3. Uygulama

Bu çalışmada VZA yöntemi kullanılarak Sivas ilinde hazır beton üretimi yapan işletmelerin performanslarının ölçülmesi, değerlendirilmesi ve etkinlik düzeylerinin ölçülmesi amaçlanmıştır. Çalışmada Sivas İl Bilim, Sanayi ve Teknoloji Müdürlüğü'nün Sanayi Sicil Bilgi Sistemi'nde üretici olarak yer alan 12 adet işletmenin 2014 yılına ait üretim verileri kullanılmıştır ki bunun nedeni 2016 yılına ait verilerin henüz toplanmamış olması ve 2015 yılı verilerinde ise eksiklik bulunmasıdır. Bu 12 adet işletme, analizimizdeki karar verme birimleri (KVB) olacaktır. İşletmelerin Elektrik Tüketimleri (et) (Kwh), Çalışan Sayıları (cs) (Kişi) ve Hazır Beton Üretim Kapasiteleri (uk) (Ton) girdi olarak; Hazır Beton Satışı (sq) (TL), Hazır Beton Üretimi (uq) (Ton) ve 1 Tonun Satış Değeri (sd) (TL) ise çıktı olarak kullanılmıştır. Ayrıca çalışmada işletmelerin üretim, tüketim ve kapasite verileri kullanıldığından gizlilik açısından gerçek isimler kullanılmamış Tablo 1'de gösterildiği gibi kodlama yapılmıştır. Hazır beton üretimi yapan işletmelerin etkinlik ölçümleri yapılırken EMS (Efficiency Measurement System) paket programı kullanılmıştır. Ölçüm sırasında ölçeğe göre sabit getiri varsayımına dayalı olarak toplam etkinlik ölçümü yapan CCR modeli ve ölçeğe göre değişken getiri varsayımına dayalı olarak toplam etkinlik ölçümü yapan BCC modeli kullanılmıştır. Çıktılarda bir

değişim olmaksızın (çıktılar sabit tutulurken) girdilerin minimum olmasını amaçlayan girdi odaklı modellerde, girdilerde bir değişiklik olmaksızın (girdiler sabit tutulurken) çıktıların maksimum olmasını amaçlayan çıktı odaklı model araştırmamızda kullanılmıştır. Ayrıca CCR ve BCC modellerine göre etkin çıkan işletmelerin de kendi aralarındaki sıralamasını görmek için süper etkinlik modelinden yararlanılmıştır. Sonuçlar Tablo 2’de yer almaktadır.

Tablo 1. Analizde Kullanılan 12 Adet İşletmeye Ait Girdi ve Çıktı Değerleri

İşletme	GİRDİLER			ÇIKTILAR		
	Elektrik Tüketimi (Kwh)	Çalışan Sayıları (Kişi)	Hazır Beton Üretim Kapasitesi (Ton)	Hazır Beton Satışı (TL)	Hazır Beton Üretimi (Ton)	1 Tonun Satış Değeri (TL/Ton)
A	203.100	10	248.832	1.958.000	43.500	45,01
B	153.533	4	353.894	8.378.689	221.495	37,83
C	118.500	31	304.128	6.123.288	100.000	61,23
D	222.375	20	276.480	7.339.615	129.132	56,84
E	224.543	14	313.344	2.840.915	54.289	52,33
F	585.871	14	186.624	1.575.400	31.508	50,00
G	260.000	98	155.520	729.400	16.776	43,48
H	75.486	20	497.664	12.517.365	308.419	40,59
I	103.413	24	331.776	11.209.019	282.800	39,64
J	170.835	27	518.400	16.361.888	412.800	39,64
K	76.384	17	253.440	9.361.000	235.699	39,72
L	332.561	14	331.776	9.523.169	236.498	40,27

Tablo 2. Girdi ve Çıktı Odaklı CCR - BCC Modelleri Sonuçları

KVB	SKOR	SÜPER ETKİNLİK SKORU	et	cs	uk	sq	uq	sd	Referans Grupları
			{I} {V}	{I} {V}	{I} {V}	{O} {V}	{O} {V}	{O} {V}	
GİRDİ ODAKLI CCR MODELİ									
A	100,00%	111,76%	0,11	0,4	0,49	0	0	1	1
B	100,00%	328,36%	0	1	0	0	0,43	0,57	3
C	100,00%	121,80%	0,23	0	0,77	0	0	1	0
D	100,00%	109,89%	0,1	0,25	0,65	0,12	0	0,88	0
E	95,22%	95,22%	0,44	0,29	0,27	0	0	1	1 (0,96) 2 (0,01) 11 (0,22)
F	100,00%	130,10%	0	0,05	0,95	0	0	1	0
G	100,00%	120,31%	0,17	0	0,83	0	0	1	0
H	100,00%	135,31%	1	0	0	1	0	0	1
I	91,65%	91,65%	0	0	1	0	1	0	11 (1,20)
J	95,12%	95,12%	0,25	0,47	0,28	1	0	0	2 (0,35) 8 (0,03) 11 (1,39)
K	100,00%	127,46%	0,3	0,32	0,38	0	0,32	0,68	4
L	92,53%	92,53%	0	0,32	0,68	1	0	0	2 (0,39) 11 (0,67)
GİRDİ ODAKLI BCC MODELİ									
A	100,00%	116,59%	0,15	0,25	0,6	0	0	1	0
B	100,00%	342,23%	0	1	0	0	1	0	1
C	100,00%	136,46%	0,84	0,08	0,09	0	0	1	0
D	100,00%	139,84%	0	1	0	0,19	0	0,81	1
E	100,00%	115,44%	0,01	0,99	0	0	0	1	0
F	100,00%	136,92%	0	0,07	0,93	0	0	1	0
G	100,00%	138,94%	0,18	0	0,82	0	0	1	0
H	100,00%	162,40%	1	0	0	0,51	0	0,49	1
I	97,90%	97,90%	0,52	0	0,48	0	1	0	8 (0,01) 10 (0,26) 11 (0,73)
J	100,00%	123,05%	0,04	0,13	0,83	0	1	0	2
K	100,00%	135,48%	0,41	0,26	0,33	0	0	1	2
L	95,69%	95,69%	0	0,36	0,64	0,56	0	0,44	2 (0,37) 4 (0,07) 10 (0,10) 11 (0,46)

Tablo 2. Girdi ve Çıktı Odaklı CCR - BCC Modelleri Sonuçları (Devamı)

KVB	SKOR	SÜPER ETKİNLİK SKORU	ef {I} {V}	cs {I} {V}	uk {I} {V}	sq {O} {V}	uq {O} {V}	sd {O} {V}	Referans Grupları
ÇIKTI ODAKLI CCR MODELİ									
A	100,00%	89,48%	0,1	0,36	0,44	0	0	1	1
B	100,00%	30,45%	0	0,3	0	0	0,43	0,57	3
C	100,00%	82,10%	0,19	0	0,63	0	0	1	0
D	100,00%	91,00%	0,09	0,22	0,59	0,12	0	0,88	0
E	105,02%	105,02%	0,46	0,31	0,28	0	0	1	1 (1,01) 2 (0,01) 11 (0,23)
F	100,00%	76,87%	0	0,04	0,73	0	0	1	0
G	100,00%	83,12%	0,14	0	0,69	0	0	1	0
H	100,00%	73,90%	0,74	0	0	1	0	0	1
I	109,11%	109,11%	0	0	1,09	0	1	0	11 (1,31)
J	105,13%	105,13%	0,26	0,49	0,3	1	0	0	2 (0,37) 8 (0,04) 11 (1,46)
K	100,00%	78,46%	0,23	0,25	0,3	0	0,32	0,68	4
L	108,07%	108,07%	0	0,35	0,73	1	0	0	2 (0,42) 11 (0,73)
ÇIKTI ODAKLI BCC MODELİ									
A	100,00%	84,68%	0,1	0,24	0,67	0	0	1	0
B	100,00%	29,01%	0,68	0,32	0	0,41	0,58	0	1
C	100,00%	73,22%	0,92	0	0,08	0	0	1	1
D	100,00%	87,85%	0	0,48	0,52	0,22	0	0,78	1
E	100,00%	95,07%	0,01	0,99	0	0	0	1	0
F	100,00%	74,06%	0	0,07	0,93	0,02	0,08	0,9	0
G	100,00%	73,08%	0,18	0	0,82	0	0,03	0,97	0
H	100,00%	64,63%	1	0	0	1	0	0	1
I	100,77%	100,77%	0,47	0	0,53	0	0,44	0,56	3 (0,03) 8 (0,01) 10 (0,28) 11 (0,68)
J	100,00%	74,71%	0,05	0,08	0,87	0	1	0	2
K	100,00%	73,84%	0,19	0,03	0,78	0,19	0,39	0,54	2
L	102,32%	102,32%	0	0,36	0,64	0,56	0	0,44	2 (0,37) 4 (0,13) 10 (0,14) 11 (0,36)
K	100,00%	73,84%	0,19	0,03	0,78	0,19	0,39	0,54	2
L	102,32%	102,32%	0	0,36	0,64	0,56	0	0,44	2 (0,37) 4 (0,13) 10 (0,14) 11 (0,36)

3.1. Girdi odaklı CCR modeli sonuçları

Elde edilen sonuçlara göre etkin olmayan işletmeler için iyileştirme miktarları aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

E İşletmesi : %95,22 etkinlik oranıyla etkin çıkmamıştır. Referans kısmına bakacak olursak E işletmesi girdi değerlerinde %96 oranında A işletmesini, %1 oranında B işletmesini ve %22 oranında K işletmesini örnek olarak iyileştirmelere gidebilir. E işletmesinin hedeflenen değerlerini hesaplayacak olursak

$$\text{Elektrik Tüketimi} = [(0,96)*203100+(0,01)*153533+(0,22)*76384]= 213316$$

$$\text{Çalışan Kişi Sayıları} = [(0,96)*10+(0,01)*4+(0,22)*17]= 13,38$$

Hazır Beton Üretim Kapasitesi =

$$[(0,96)*248832+(0,01)*353894+(0,22)*253440]=298174 \text{ bulunacaktır.}$$

İşletme girdi değerlerini yukarıdaki hedeflenen değerlere kadar azaltabilirse etkinliği %100 olacaktır

I İşletmesi : %91,65etkinlik oranıyla etkin çıkmamıştır. Referans kısmına bakacak olursak I işletmesi girdi değerlerinde %120 oranında K işletmesini örnek olarak iyileştirmelere gidebilir. Hedeflenen değeri ise şu şekildedir

$$\text{Hazır Beton Üretim Kapasitesi} = [1,200*253440]= 304128 \text{ bulunacaktır.}$$

İşletme hazır beton üretim kapasitesini yukarıda hedeflenen değere kadar azaltabilirse etkinliği %100 olacaktır. Bu sonuç bize atıl kapasite miktarının fazla olduğunu anlatmaktadır; fakat kapasite miktarı makine-tesisat, üretim teknolojisi gibi durumlarla yakın ilişkili olduğundan işletme başta kurulduğunda belirlenmektedir ve daha önceden yüklenilmiş maliyet olduğundan kapasitede azalmaya gitmek çok da mantıklı olmayacaktır, o yüzden çıktılarda maksimizasyonu sağlamak daha mantıklıdır.

J İşletmesi : %95,12 etkinlik oranıyla etkin çıkmamıştır. Referans kısmına bakacak olursak J işletmesi girdi değerlerinde %35 oranında B işletmesini, %3 oranında H işletmesini ve %139 oranında K işletmesini örnek olarak iyileştirmelere gidebilir. Hedeflenen değerler ise şu şekildedir

$$\text{Elektrik Tüketimi} = [(0,35)*153533+(0,03)*75486+(1,39)*76384]= 162175$$

$$\text{Çalışan Kişi Sayıları} = [(0,35)*4+(0,03)*20+(1,39)*17]= 25,63$$

Hazır Beton Üretim Kapasitesi =

$$[(0,35)*353894+(0,03)*497664+(1,39)*253440]=491074 \text{ bulunacaktır.}$$

İşletme girdi değerlerini yukarıda hedeflenen değerlere kadar azaltabilirse etkinliği %100 olacaktır

L İşletmesi : %92,53 etkinlik oranıyla etkin çıkmamıştır. Referans kısmına bakacak olursak L işletmesi girdi değerlerinde %39 oranında B işletmesini, %67 oranında K işletmesini örnek olarak iyileştirmelere gidebilir. Hedeflenen değerler ise şu şekildedir

$$\text{Çalışan Kişi Sayıları} = [(0,39)*4+(0,67)*17]= 12,95$$

$$\text{Hazır Beton Üretim Kapasitesi} = [(0,39)*353894+(0,67)*253440]= 307823 \text{ bulunacaktır.}$$

İşletme girdi değerlerini yukarıda hedeflenen değerlere kadar azaltabilirse etkinliği %100 olacaktır

A,B,C,D,F,G,H,K İşletmeleri ise analiz sonucunda etkin çıkmıştır herhangi bir iyileştirme yapılmasına gerek yoktur

3.2. Girdi odaklı BCC modeli sonuçları

Elde edilen sonuçlara göre etkin olmayan işletmeler için iyileştirme miktarları aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

I İşletmesi : %97,90 etkinlik oranıyla etkin çıkmamıştır. Referans kısmına bakacak olursak I işletmesi girdi değerlerinde %1 oranında H işletmesini, %26 oranında J işletmesini, %73 oranında da K işletmesini örnek olarak iyileştirmelere gidebilir. Hedeflenen değerler ise şu şekildedir

$$\text{Elektrik Tüketimi} = [(0,01)* 75.486+(0,26)* 170.835+(0,73)* 76.384]= 100932$$

$$\text{Çalışan Kişi Sayıları} = [(0,01)*20+(0,26)*27+(0,73)*17]= 19,63$$

Hazır Beton Üretim Kapasitesi = [(0,01)* 497.664+(0,26)* 518.400+(0,73)*253440]=324772 bulunacaktır.

İşletme girdi değerlerini yukarıda hedeflenen değerlere kadar azaltabilirse etkinliği %100 olacaktır

L İşletmesi : %95,69 etkinlik oranıyla etkin çıkmamıştır Referans kısmına bakacak olursak L işletmesi girdi değerlerinde %37 oranında B işletmesini, %7 oranında D işletmesini, %10 oranında J işletmesini ve %46 oranında K işletmesini örnek olarak iyileştirmelere gidebilir. Hedeflenen değerler ise şu şekildedir

$$\text{Çalışan Kişi Sayıları} = [(0,37)*4+(0,07)*20+(0,10)*27+(0,46)*17]= 13,4$$

Hazır Beton Üretim Kapasitesi = [(0,37)* 353.894+(0,07)* 276.480+(0,10)* 518.400+(0,46)* 253.440]= 318716 bulunacaktır.

İşletme girdi değerlerini yukarıda hedeflenen değerlere kadar azaltabilirse etkinliği %100 olacaktır

A,B,C,D,E,F,G,H,I,K İşletmeleri ise analiz sonucunda etkin çıkmıştır herhangi bir iyileştirme yapılmasına gerek yoktur

3.3.Çıktı Odaklı CCR Modeli Sonuçları

E İşletmesi : %105,02 skoruyla etkin çıkmamıştır. Referans kısmına bakacak olursak E işletmesi çıktı değerlerinde; A işletmesini %101 oranında, B işletmesini %1 oranında, K işletmesini de %23 oranında örnek olarak iyileştirmelere gidebilir. Hedeflenen değeri ise şu şekildedir

$$\text{Satış Değeri} = [(1,01)*45,01+(0,01)*37,83+(0,23)*39,72]= 54,97 \text{ bulunacaktır.}$$

İşletme satış değerini yukarıda hedeflenen değere kadar artırabilirse etkinliği %100 olacaktır

I İşletmesi : %109,11 skoruyla etkin çıkmamıştır. Referans kısmına bakacak olursak I işletmesi çıktı değerlerinde K işletmesini %131 oranında örnek olarak iyileştirmelere gidebilir. Hedeflenen değeri ise şu şekildedir

$$\text{Hazır Beton Üretimi}=[(1,31)*235699]= 308766 \text{ bulunacaktır.}$$

İşletme belirtilen çıktı değerini yukarıda hedeflenen değere kadar artırabilirse etkinliği %100 olacaktır

J İşletmesi : %105,13 skoruyla etkin çıkmamıştır. Referans kısmına bakacak olursak J işletmesi çıktı değerlerinde, B işletmesini %37 oranında, H işletmesini %4 oranında ve K işletmesini de %146 oranında örnek olarak iyileştirmelere gidebilir. Hedeflenen değeri ise şu şekildedir

$$\text{Hazır Beton Satışı} = [(0,37)*8378689+(0,04)*12517365+(1,46)*9361000]=17267870 \text{ bulunacaktır.}$$

İşletme hazır beton satışını yukarıda hedeflenen değere kadar artırabilirse etkinliği %100 olacaktır

L İşletmesi : %108,07 skoruyla etkin çıkmamıştır. Referans kısmına bakacak olursak L işletmesi çıktı değerlerinde, B işletmesini %42 oranında ve K işletmesini de %73 oranında örnek olarak iyileştirmelere gidebilir. Hedeflenen değeri ise şu şekildedir

$$\text{Hazır Beton Satışı} = [(0,42)*8378689+(0,73)*9361000]=10352579 \text{ bulunacaktır.}$$

İşletme hazır beton satışını yukarıda hedeflenen değere kadar artırabilirse etkinliği %100 olacaktır

A,B,C,D,F,G,H,K İşletmeleri ise analiz sonucunda etkin çıkmıştır herhangi bir iyileştirme yapılmasına gerek yoktur

3.4. Çıktı odaklı BBC modeli sonuçları

I İşletmesi : %109,77 skoruyla etkin çıkmamıştır. Referans kısmına bakacak olursak I işletmesi çıktı değerlerinde C işletmesini %3 oranında, H işletmesini %1 oranında, J işletmesini %28 oranında ve K işletmesini %69 oranında örnek olarak iyileştirmelere gidebilir. Hedeflenen değerler ise şu şekildedir

$$\text{Hazır Beton Üretimi} =$$

$$[(0,02)*100.000+(0,01)*308.419+ (0,28)*412.800+ (0,69)* 235.699]=283301$$

$$\text{Satış Değeri}=[(0,02)*61,23+(0,01)*40,59+(0,28)*39,64+(0,69)*39,72]=40,14 \text{ bulunacaktır.}$$

İşletme belirtilen çıktı değerlerini yukarıda hedeflenen değere kadar artırabilirse etkinliği %100 olacaktır

L İşletmesi : %102,32 etkinlik oranıyla etkin çıkmamıştır. Referans kısmına bakacak olursak L işletmesi girdi değerlerinde %37 oranında B işletmesini, %13 oranında D işletmesini, %14 oranında J işletmesini ve %36 oranında K işletmesini örnek olarak iyileştirmelere gidebilir. Hedeflenen değerler ise şu şekildedir

$$\text{Hazır Beton Satışı} =$$

$$(0,37)*8.378.689+(0,13)*7.339.615+(0,14)*16.361.888+(0,36)*9.523.169]= 9773270$$

Hazır Beton Üretimi=

$$(0,37)*221495+(0,13)*129132+(0,14)*412800+(0,36)*235699]=241384 \text{ bulunacaktır.}$$

İşletme çıktı değerlerini yukarıda hedeflenen değerlere kadar artırırsa etkinliği %100 olacaktır.

A,B,C,D,E,F,G,H,I,K İşletmeleri ise analiz sonucunda etkin çıkmıştır herhangi bir iyileştirme yapılmasına gerek yoktur

Tüm analizler itibariyle: Tablo 3’de hangi KVB’lerinin diğer işletmelerinin iyileştirilmesinde daha çok referans gösterildiğine, Tablo 4’de hangi girdi ve çıktılarda daha fazla iyileştirmeye ihtiyaç duyulduğuna, Tablo 5’de beklenen girdi değerlerinin hedeflenen değerlerle karşılaştırılmasına, Tablo 6’da beklenen çıktı değerlerinin hedeflenen değerlerle karşılaştırılmasına, Tablo 7’de yapılacak iyileştirmelerin mevcut değerlere göre yüzdesine, Tablo 8’de ise süper etkinlik skorlarına göre işletmelerin etkinliklerine yer verilmiştir.

Tablo 3. Girdi-Çıktı Odaklı CCR-BCC Modellerindeki İyileştirmeler İçin İşletmelerin Referans Gösterilme Sayıları

KVB	Referans Gösterilme Sayıları
K	12
B	8
H	4
J	4
D	2
A	2
C	1
F	0
G	0
E	0
L	0
I	0

Tablo 4. CCR - BCC Modellerinde Etkin Olabilmek İçin İyileştirilmesi Gereken Girdi ve Çıktıların Frekansları

Girdi ve Çıktılar	İyileştirme Yapılması Gereken Frekans Değerleri
Elektrik Tüketimi	3
Çalışan Sayıları	5
Hazır Beton Üretim Kapasitesi	6
Hazır Beton Satışı	3
Hazır Beton Üretimi	3
1 Tonun Satış Değeri	2

Tablo 5. Girdi Odaklı CCR - BCC Modellerinin Beklenen Değerlerinin Gerçek Değerlerle Karşılaştırılması

KVB	GERÇEK GİRDİ DEĞERLERİ			HEDEFLENEN GİRDİ DEĞERLERİ							
				GİRDİ ODAKLI CCR MODELİ				GİRDİ ODAKLI BCC MODELİ			
	Elektrik Tüketimi (Kwh)	Çalışan Sayıları (Kişi)	Hazır Beton Üretim Kapasitesi (Ton)	Etkinlik Skoru	Elektrik Tüketimi (Kwh)	Çalışan Sayıları (Kişi)	Hazır Beton Üretim Kapasitesi (Ton)	Etkinlik Skoru	Elektrik Tüketimi (Kwh)	Çalışan Sayıları (Kişi)	Hazır Beton Üretim Kapasitesi (Ton)
A	203100	10	248832	111,76	203100	10	248832	116,59	203100	10	248832
B	153533	4	353894	328,36	153533	4	353894	342,23	153533	4	353894
C	118500	31	304128	121,8	118500	31	304128	136,46	118500	31	304128
D	222375	20	276480	109,89	222375	20	276480	139,84	222375	20	276480
E	224543	14	313344	95,22	213316	13,38	298174	115,44	224543	14	313344
F	585871	14	186624	130,1	585871	14	186624	136,92	585871	14	186624
G	260000	98	155520	120,31	260000	98	155520	138,94	260000	98	155520
H	75486	20	497664	135,31	75486	20	497664	162,4	75486	20	497664
I	103413	24	331776	91,65	103413	24	304128	97,9	100932	19,63	324772
J	170835	27	518400	95,12	162175	25,63	491074	123,05	170835	27	518400
K	76384	17	253440	127,46	76384	17	253440	135,48	76384	17	253440
L	332561	14	331776	92,53	332561	12,95	307823	95,69	332561	13,4	318716

Tablo 6. Çıktı Odaklı CCR - BCC Modellerinin Beklenen Değerlerinin Gerçek Değerlerle Karşılaştırılması

KVB	GERÇEK ÇIKTI DEĞERLERİ			HEDEFLENEN GİRDİ DEĞERLERİ							
				ÇIKTI ODAKLI CCR MODELİ				ÇIKTI ODAKLI BCC MODELİ			
	Hazır Beton Satışı (TL)	Hazır Beton Üretimi (Ton)	1 Tonun Satış Değeri (TL/Ton)	Etkinlik Skoru	Hazır Beton Satışı (TL)	Hazır Beton Üretimi (Ton)	1 Tonun Satış Değeri (TL/Ton)	Etkinlik Skoru	Hazır Beton Satışı (TL)	Hazır Beton Üretimi (Ton)	1 Tonun Satış Değeri (TL/Ton)
A	1958000	43500	45,01	89,48	1958000	43500	45,01	84,68	1958000	43500	45,01
B	8378689	221495	37,83	30,45	8378689	221495	37,83	29,01	8378689	221495	37,83
C	6123288	100000	61,23	82,1	6123288	100000	61,23	73,22	6123288	100000	61,23
D	7339615	129132	56,84	91	7339615	129132	56,84	87,85	7339615	129132	56,84
E	2840915	54289	52,33	105,02	2840915	54289	54,97	95,07	2840915	54289	52,33
F	1575400	31508	50	76,87	1575400	31508	50	74,06	1575400	31508	50
G	729400	16776	43,48	83,12	729400	16776	43,48	73,08	729400	16776	43,48
H	12517365	308419	40,59	73,9	12517365	308419	40,59	64,63	12517365	308419	40,59
I	11209019	282800	39,64	109,11	11209019	308766	39,64	100,77	11209019	283301	40,14
J	16361888	412800	39,64	105,13	17267870	412800	39,64	74,71	16361888	412800	39,64
K	9361000	235699	39,72	78,46	9361000	235699	39,72	73,84	9361000	235699	39,72
L	9523169	236498	40,27	108,07	10352579	236498	40,27	102,32	9773270	241384	40,27

Tablo 7. Girdi ve Çıktı Odaklı CCR-BCC Modellerindeki İyileştirmelerin Mevcut Değerlere Göre Değişim Yüzdeleri

ODAK	MODEL	KVB	İYİLEŞTİRME YAPILACAK GİRDİ-ÇIKTI	DEĞİŞİM YÜZDESİ(%)
GİRDİ	CCR	E	Elektrik Tüketimi	-5,00
			Çalışan Sayısı	-4,43
			Hazır Beton Üretim Kapasitesi	-4,84
		I	Hazır Beton Üretim Kapasitesi	-8,33
			Elektrik Tüketimi	-5,07
			Çalışan Sayısı	-5,07
	BCC	J	Hazır Beton Üretim Kapasitesi	-5,27
			Çalışan Sayısı	-7,50
			Hazır Beton Üretim Kapasitesi	-7,22
		L	Elektrik Tüketimi	-2,40
			Çalışan Sayısı	-18,20
			Hazır Beton Üretim Kapasitesi	-2,11
ÇIKTI	CCR	E	1 Tonun Satış Değeri	+5,04
			Hazır Beton Üretimi	+9,18
			Hazır Beton Satışı	+5,54
		I	Hazır Beton Satışı	+8,71
			Hazır Beton Üretimi	+0,18
			1 Tonun Satış Değeri	+1,26
	BCC	J	Hazır Beton Satışı	+2,63
			Hazır Beton Üretimi	+2,07
			L	

Tablo 8. İşletmelerin Girdi ve Çıktı Odaklı CCR - BCC Modelleri Süper Etkinlik Skorlarına Göre Sıralaması

Sıra	KVB	Girdi Odaklı CCR Modeli Etkinlik Skoru	Çıktı Odaklı CCR Modeli Etkinlik Skoru	KVB	Girdi Odaklı BCC Modeli Etkinlik Skoru	KVB	Çıktı Odaklı BCC Modeli Etkinlik Skoru
1	B	328,36	30,45	B	342,23	B	29,01
2	H	135,31	73,90	H	162,40	H	64,63
3	F	130,10	76,87	D	139,84	G	73,08
4	K	127,46	78,46	G	138,94	C	73,22
5	C	121,80	82,10	F	136,92	K	73,84
6	G	120,31	83,12	C	136,46	F	74,06
7	A	111,76	89,48	K	135,48	J	74,71
8	D	109,89	91,0	J	123,05	A	84,68
9	E	95,22	105,02	A	116,59	D	87,85
10	J	95,12	105,13	E	115,44	E	95,07
11	L	92,53	108,07	I	97,90	I	100,77
12	I	91,65	109,11	L	95,69	L	102,32

4. Sonuç

Bir etkinlik ölçme metodu olan VZA, çalışmamız bağlamında Sivas ilinde faaliyet gösteren 12 adet hazır beton üretimi yapan işletmenin 2014 yılına ait aynı 3 girdi ve 3 çıktı değerlerine uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre CCR modeline göre 4 adet işletme (E,I,J ve L) BCC modeline göre ise 2 adet işletme (I ve L) etkin çıkmamıştır. CCR modeline göre incelenen işletmelerin %66,67'sinin, BBC modeline göre %83,33'nin etkin olarak çalıştığı gözlenmiştir. Girdi ve çıktı odaklı ayrı ayrı olmak üzere bu CCR ve BCC modellerine göre süper etkinlik yöntemi kullanılarak skorlara göre etkinlik sıralaması yapılmıştır. Burada B ve H işletmeleri genel olarak etkinliği en yüksek olan 2 işletme olurken, I ve L işletmeleri ise etkinliği en düşük 2 işletme olmuştur. Etkin çıkmayan işletmelerin etkin olabilmeleri için en fazla referans almaları gereken (rol modeli) işletmeler ise K ve B işletmeleri olmuştur. Etkin olmayan işletmelerin etkin hale gelebilmeleri için iyileştirme yapmaları gereken girdi ve çıktılara bakıldığında ise kapasite miktarını veya çalışan sayısını azaltarak etkin hale gelmek istemek en makul seçenek olarak görülmektedir. Bunların içinde ise hali hazırda kurulu olan kapasiteyi azaltarak atıl kapasiteden kurtulmak yerine çalışan sayısını düşürerek etkin hale gelmek daha makuldür. Etkin olmayan işletmelerin gerçekleşen girdi-çıkta değerleriyle hedefledikleri girdi-çıkta değerleri arasındaki farklara yüzde olarak bakılarak en önce ve en kolay hangi girdi-çıkta değişiklik yapılması gerektiğine karar verilebilir.

İleride yapılacak çalışmalarda verilere ulaşamadığımız için kullanamadığımız; çalışanlara verilen toplam maaş, tüketilen ana malzemeler (çimento, su ...vb), elde edilen kar gibi etmenler de baz alınarak girdi ve çıktı kümesi genişletilebilir. Malmquist toplam faktör verimlilik endeksi kullanılarak yıl bazında da etkinlik hesabı yapılabilir, örneklem genişletilip şehir yerine ülke baz alınarak bölgesellik etkisi ortadan kaldırılabilir. Bunlarla birlikte hem ölçülen etkinlik değeri daha doğru ve zaman boyutuyla belirlenebilir hem de etkin olmayan işletmelere iyileştirme açısından daha farklı seçenekler sunulabilir.

Bu analizle sektörde hali hazırda faaliyet gösteren veya sektöre yeni giriş yapacak işletmelerin, hangi girdi ve çıktılarının sistemde muhtemel bir etkinsizliğe sebep olacağını tahmin etmelerine yardımcı olup, ne tür iyileştirmelere giderek daha etkin çalışan bir sistem tasarımında bulunmasına katkıda bulunmaya çalışılmıştır.

Kaynakça

- Andersen, P. , Petersen, N.C. (1993). A Procedure for Ranking Efficient Units in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, 39, 1261-1264.
- Anson , M., Tang, S.L. , Ying, K.C.. (2002). Measurement of the Performance of Ready Mixed Concreting Resources As Data For System Simulation. *Construction Management and Economics*, 20, 237-250.
- Afriat, S.N. , (1972). Efficiency Estimation of Production Functions. *International Economic Review*, 13, 568-598.
- Balkan, M. , Arıkan, M. (2010). Sivas İlindeki Ortaöğretim Kurumlarının Etkinliklerinin Öğrenci Başına Düşen Öğretmen ve Derslik Sayısı Bakımından Veri Zarflama Analizi İle Ölçülmesi. *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 2, 133-154.
- Banker,R.D., Charnes, A., Cooper W.W. (1984). Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, 30, 1078-1092.
- Başkaya, Z. , Akar, C. (2005). Sigorta Şirketlerinin Satış Performanslarının Veri Zarflama Analizi Yöntemiyle Belirlenmesi. *Muğla Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 15, 37-51.
- Başkaya, Z. , Avcı Öztürk, B. , (2012). Measuring Financial Efficiency of Cement Firms Listed in İstanbul Stock Exchange via Fuzzy Data Envelopment Analysis. *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, 54, 175-188.
- Boles, J.N.(1966). Efficiency Squared—Efficient Computation of Efficiency Indexes. *Western Agricultural Economics Association*, 39, 137-142.
- Charnes A., Cooper W.W., , Rhodes E. (1978). Measuring the Efficiency of Decision Making Units. *European Journal of Operational Research*, 2, 429-444.

- Cooper, W.W., Seiford, L.M. ve Tone, K.. (2000). *Data envelopment analysis a comprehensive text with models, Applications, References and DEA Solver Software*. USA: Kluwar Academic Publishers.
- Cooper,W.W.,Seiford, L.M., ve Tone, K.. (2006). *Introduction to data envelopment analysis and its uses with DEA-Solver software and references*. USA: Springer.
- Erciş. M.S. (2009). Halk Eğitim Merkezlerinde Veri Zarflama Analiz Yöntemiyle Pazarlama Odaklı Hizmet Performans Ölçümü ve Doğu Anadolu Bölgesinde Bir Uygulama. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 2, 321-329.
- Farrell, M.J. (1957). The Measurement of Productivite Efficiency. *Journal of Royal Statistical Society*, 3, 253-290.
- Güncan, A.E. (1994). *Hazır Beton Tesislerinin Verimlilik Araştırması*, (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Güner, E. (2003). *Kalite, Kalite Maliyetleri ve Hazır Beton, Çimento Sanayiinde Bir Uygulama*, (Yüksek Lisans Tezi). Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Hatay.
- Karakaya, A.,Kurtaran, A. , Dağlı, H. (2014). Bireysel Emeklilik Şirketlerinin Veri Zarflama Analizi ile Etkinlik Ölçümü: Türkiye Örneği. *Yönetim ve Ekonomi Araştırma Dergisi*, 22, 1-23. <http://dx.doi.org/10.11611/JMER213>.
- Kayalidere, K. , Kargın, S. (2004). Çimento ve Tekstil Sektörlerinde Etkinlik Çalışması ve Veri Zarflama Analizi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 1, 196-219.
- Komşuoğlu Yılmaz, N. , Karakadılar İ.S. (2010). Türk Otomobil Pazarında Yerli Üretim ve İthal Araçların Verimliliklerinin Veri Zarflama Analizi İle Değerlendirilmesi. *Marmara Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi*, 1, 499-521.
- Min, W. , Pheng, L.S. (2005). *Re- modelling EOQ and JIT Purchasing for Performance Enhancement in the Ready Mixed Concrete Industries of Chongqing*. China and Singapore : Emerald Group Publishing. <http://dx.doi.org/10.1108/17410400510593811>
- Odabaşı, M.. (1997). *Verimlilik Diye Diye Söyleşiler*. Ankara: MPM.
- Özdemir, A. , Demireli, E. (2013). Ağırlık Kısıtlı Veri Zarflama Analizi İle Mevduat Bankalarının Etkinlik Ölçümüne Yönelik Bir Uygulama. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 9, 215-238. <http://dx.doi.org/10.111122/ijmeh.2013.9.19.473>
- Özden, Ü.H. (2008). Veri Zarflama Analizi ile Türkiye'deki Vakıf Üniversitelerinin Etkinliğinin Ölçülmesi. *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 2, 167-185.
- Ramanathan, R.. (2003). *An introduction to data envelopment analysis a tool for performance measurement*. New Delhi: Sage Publications.
- Şentürk, E. (2000). *Bir Hazır Beton Tesisi Performansının İstatistiksel Değerlendirilmesi*, (Yüksek Lisans Tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Tetik, S. (2003). İşletme Performansını Belirlemede Veri Zarflama Analizi. *Celal Bayar Üniversitesi İ.İ.B.F. Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, 2, 221-229.
- Ulutaş, B.B. (2006). *Türkiye'deki Havaalanı Etkinliklerinin Veri Zarflama Analizi ile Değerlendirilmesi*, (Yüksek Lisans Tezi). Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Yeşilyurt, C. , Alan, M.A. (2003) “Fen Liselerinin 2002 Yılı Göreceli Etkinliğinin Veri Zarflama Analizi (VZA) Yöntemi İle Ölçülmesi. *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 2, 91-104.
- Yolalan, R..(1993). *İşletmelerarası Göreli Etkinlik Ölçümü*. Ankara: MPM.