

## INTERNATIONAL COMPETITIVENESS ANALYSIS OF THE MOLDING INDUSTRY: AN IMPORTANT COMPONENT OF TURKISH INDUSTRY IN THE TRANSITION FROM INNOVATION TO MANUFACTURING

DOI: 10.17261/Pressacademia.2021.1374

JEFA- V.8-ISS.1-2021(2)-p.8-16

Kaya Tokmakcioglu<sup>1</sup>, Oguzhan Ozcelebi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Istanbul Technical University, Department of Management Engineering, Macka, Besiktas, Istanbul, Turkey.

[tokmakcioglu@itu.edu.tr](mailto:tokmakcioglu@itu.edu.tr), ORCID: 0000-0002-5981-299X

<sup>2</sup> Istanbul University, Department of Economics, Beyazit, Fatih, Istanbul, Turkey.

[ogozc@istanbul.edu.tr](mailto:ogozc@istanbul.edu.tr), ORCID: 0000-0001-8746-9167

Date Received: January 11, 2021

Date Accepted: March 7, 2021

OPEN ACCESS 

### To cite this document

Tokmakcioglu, K., Ozcelebi, O., (2020). International competitiveness analysis of the molding industry: an important component of Turkish industry in the transition from innovation to manufacturing. Journal of Economics, Finance and Accounting (JEFA), V.8(1), p.8-16.

Permanent link to this document: <http://doi.org/10.17261/Pressacademia.2021.1374>

Copyright: Published by PressAcademia and limited licensed re-use rights only.

### ABSTRACT

**Purpose** – The purpose of this article is to develop alternative models for how to improve the competitiveness of enterprises in the molding sector within the next 10 years by using advanced time series analysis and optimization techniques and to make them available to the relevant policy makers.

**Methodology** – With the help of the non-linear ARDL (NARDL) model, the components of the mold export are analyzed to take into account the asymmetric effects. While the EURO/TRY exchange rate is considered in the model, the GDPs of Germany, France and Italy are also included in the NARDL model. The cumulative sums approach is taken into consideration in the context of the asymmetric effects.

**Findings** – It can be argued that the decrease in the GDP of Italy will adversely affect the molding industry in the country and may create an opportunity for domestic producers within the scope of the manufacture and export of rubber and plastic products. In accordance with the findings, any asymmetric effect in general terms between the manufacture and export of rubber and plastic products and other variables of the model is not present for the short- and long-run.

**Conclusion** – The fact that the demand has significant uncertainties within the scope of mold production and export underlines the need for enterprises to focus on increasing their total factor productivity in this process.

**Keywords:** NARDL, asymmetry, cumulative sums approach, mold sector, competitiveness analysis.

**JEL Codes:** E17, L52, L62

## İNOVASYONDAN İMALATA GEÇİŞTE TÜRK SANAYİNDE ÖNEMLİ BİR BİLEŞEN OLAN KALIPÇILIK SEKTÖRÜNÜN ULUSLARARASI REKABETÇİLİK ANALİZİ

### ÖZET

**Amaç** - Söz konusu makalenin amacı, ileri zaman serisi analizi ve optimizasyon teknikleri yardımıyla kalıpcılık sektöründeki işletmelerin gelecek 10 yıllık dönemde rekabet gücünün nasıl geliştireceğine yönelik alternatif modellerin geliştirilmesi ve ilgili karar yapımcılarının hizmetine sunulabilir hale getirilmesidir.

**Yöntem** - Doğrusal olmayan ARDL (NARDL) modeli yardımıyla kalıp ihracatının bileşenleri asimetrik etkileri hesaba katacak biçimde ele alınmıştır. EURO/TRY döviz kuru modelde hesaba katılırken, Almanya, Fransa ve İtalya'nın GSYİH'ları da NARDL modelinde bulunmaktadır. Asimetrik etkilerin hesaba katılması hususunda ise kümülatif toplamlar yaklaşımı dikkate alınmıştır.

**Bulgular** - İtalya'nın GSYİH'nın düşmesinin ülkede kalıpcılık sektörünü olumsuz etkileyeceği ve yerli üreticilere kauçuk ve plastik ürünlerin imalatı ve ihracatı kapsamında bir fırsat doğurabileceği öne sürülebilmektedir. Söz konusu bulgulara uygun olarak, kauçuk ve plastik ürünlerin imalatı ve ihracatı ile modelin diğer değişkenleri arasında genel anlamda herhangi bir asimetrik etki kısa ve uzun vade için geçerli değildir.

**Sonuç** - Kalıp üretimi ve ihracatı kapsamında talebin önemli belirsizlikler taşıyor olması, işletmelerin bu süreçte üretim fonksiyonundaki toplam faktör verimliliklerini artırmaya odaklanmaları gerektiğinin altını çizmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** NARDL, asimetri, kümülatif toplamlar yaklaşımı, kalıpcılık sektörü, rekabet analizi

**JEL Kodları:** E17, L52, L62

## 1. GİRİŞ

Kalıplılık sektörü kapsamında bir değerlendirme yapıldığında, talaşlı imalat teknolojisinin CAD/CAM ve CNC'yi kapsadığı kabul edilmektedir. CAD/CAM ve CNC talaşlı imalat sektörüne bilişim sektörü adaptasyonu neticesinde vücut bulmuş ve CAD/CAM sisteminin CNC teknolojisinde verim, hız ve kullanım alanı bağlamında iyileşmelere neden olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca, sinterleme ve silikon kaplama yukarıda bahsi geçen iki yöntemden hariç olarak analiz edilebileceğinden, farklı kullanım alanlarına sahip oldukları söylenebilir. Dolayısıyla malzeme teknolojisi önem taşımakta olup söz konusu süreçler çoğu zaman birbirinin yerine geçememektedir.

20. yüzyılın ortasından itibaren kalıp şekillendirme kapsamında otomasyon sistemlerinin uygulanması giderek artmış olup, kalıplılıkta üretimin emek yoğun bir çerçeveden fiziki sermaye yoğun bir çerçeveye dönüşme süreci gerçekleşmiştir. Bu çerçevede, seri imalat kavramı ön plana çıkmış ve sadece belirli bir zaman diliminde hızlı yapılan imalat işletmeleri ve işletmelerin bağlı olduğu sektörü uluslararası rekabetçilik hususunda yetkin seviyeye getirmede başarılı kabul edilmemektedir (Kang vd., 1994). Üretilecek malzemenin zaman boyutunda uzun vadeli olarak dayanıklılığın yükseltilmesi rekabet avantajının kayda değer bir unsuru haline gelmiş ve parçalar arasında ölçü ve biçim tamlığı başta olmak üzere diğer tüm özellikler bakımından eşitliğin sağlanması ve yapılan imalatın maliyet açısından uygun olması önem kazanmıştır. Bu nedenle, üretilecek malzemeyi belirli biçim ve boyutlar gösteren bir geometri içinde sıkıştırmak suretiyle iç parçasını oluşturmak mühendislik ve ekonomi bilimi açısından en uygun çıktıyı sağlayacaktır. Ayrıca, imal edilen parçanın ölçü ve biçim tamlığının, en fazla kalıp geometrisinin sahip olduğu hassasiyet seviyesi kadar olabileceği mühendislik bilimi açısından teknik bir kabuldür. Kalıp üretimi açısından söz konusu olgunun varlığı kalıbın çıkartılması esnasında kullanılan fiziki sermayenin teknolojisi kadar CNC tezgahını kullanan beşerî sermayenin seviyesiyle de doğru orantılıdır.

Ölçü ve biçim tamlığı açılarından tasarlanan ile üretilen kalıp arasındaki farklılıkların mevcudiyeti, kalıp üretimi ile üretimin belirleyicileri arasındaki işlevsel ilişkinin çıkartılmasını zorunlu kılmaktadır. Kalıp üretiminde kullanılacak üretim teknoloji ve söz konusu teknolojinin üretim faktörleri ile doğrudan ilişkisinin belirlenmesi planlanan üretim ile gerçekleştirilen kalıp üretimi arasındaki olası farkların kaynaklarının anlaşılabilmesi açısından belirleyici olabilecektir (Kuzman ve Nardin, 2004; Schützer vd., 2006; Tosello vd., 2019). Kalıp üretiminde olası farkların iktisaden kayda değer sonuçları olduğundan iktisat bilimine dahil araçların mühendislik bilimine entegre edilmesi kalıplılık sektöründe faydalı sonuçları doğuracaktır.

Bu çalışmanın amacı, sermaye yoğun sektörlerin başında gelen kalıplılığın ticari şirketlerin artan dış ticaret olanakları çerçevesinde, gelecek 10 yıllık dönemde rekabet gücünün nasıl değişeceğine yönelik alternatif modellerin geliştirilmesi ve ilgili karar yapıcılarının hizmetine sunulabilir hale getirilmesidir. Çalışmanın hipotezi, ileri zaman serisi analizi yardımıyla döviz kuru ve yabancı ülke GSYİH'larının kalıplılık üretimi üzerinde kayda değer etkinin var olup olmadığının sınımmasıdır. Buradan hareketle kalıplılık sektörünün rekabet gücünün makroekonomik belirleyicileri tespit edilerek sektör bileşenlerine ışık tutacak bilgiler sağlanacaktır.

Bu kapsamda makalenin geri kalanı şu şekilde düzenlenmiştir. Bölüm 2 literatür taramasından oluşmaktadır. Bölüm 3 ampirik metodolojiyi okura sunarken, Bölüm 4 elde edilen bulguları yorumlanmaktadır. Son bölüm ise sonuçların yorumlanmasına ayrılmıştır.

## 2. LİTERATÜR TARAMASI

Ağırlıklı olarak CNC tezgâhları kullanılarak kalıp üretiminin gerçekleştirildiği olgusundan hareketle kalıp üretimi Cobb-Douglas tipi üretim fonksiyonunu temel alır (Butler, 1973; Chen ve Liu, 1999). Fiziki ve beşerî sermayenin üretimi etkilediği söz konusu üretim tipinde üretimde toplam faktör verimliliği düzeyi önem arz etmektedir. Bu açıdan beşerî sermayenin eğitim niteliği ve CNC tezgâhının teknolojisi de ilgili modellerde kapsamaktadır. Buna ek olarak toplam faktör verimliliği sadece bir üretim faktörü ile ilişkili varsayılmakta olup toplam faktör verimliliğinin yükselmesi tüm üretim faktörleri ile ilişkili kabul edilmektedir. Öte yandan, farklı tahmin modelleriyle tahmin edilen üretim seviyesinde ortaya çıkan sapmalar üretim faktörlerince açıklanamayan (kalıp) üretimine işaret etmekte ve planlanan ile gerçekleşen üretim arasındaki farklılığı yansıtmaktadır.

Öte yandan geometrinin parça için talep edilecek maksimum ölçü ve biçim tamlığında gerçekleştirilmesi önem taşımakla birlikte, bu özelliklerin gerek şekillendirme sürecinde gerekse belirli bir imalat süreci sırasında muhafaza edilmesi şarttır (Wang vd., 2003). Dolayısıyla, üretim sırasında hataları minimize edecek teknolojik ilerlemeler AR-GE faaliyetleri sonucunda olup üniversite-sanayi iş birliği kapsamında bilimsel destek sağlanmasının da altı çizilebilir. Kalıplılık sektöründe son dönemdeki gelişmeler göz önünde tutulduğunda, Türkiye'nin iktisadi açıdan rakipleri olan eski Doğu Bloku Ülkeleri'nin, ya da bunların dışında kalan ve adları bugüne kadar sanayileşme sürecine entegre olamamış bazı ülkelerin dahi kalıplı imalat teknolojileri kapsamındaki araştırmalarını yükselttikleri gözlemlenmektedir. Bu nedenle, kalıplılık sektörü genelinde bir üretim fonksiyonu çıkartılması genellikle hatalı sonuçlara yol açabilecektir (Chin ve Wong, 1995; Kwak vd., 2018). Kalıpların önce işçiliklerine ve kalitelerine göre sınıflandırılması en doğru üretim fonksiyonu biçiminin çıkartılması açısından önem arz etmektedir. İstanbul Ticaret Odası tarafından hazırlanan rapordaki sınıflandırma temel alındığında kalıplar A, B ve C ve D tipi

kalıplar olarak ele alınmaktadır (Alp, 2005: 4). Buna ek olarak, aynı rapor, çalışma sistemi ve ürettikleri parçalar açısından değişiklikler gösteren kalıpcılığı sac-metal, plastik ve kauçuk ile cam kalıpları olarak da tasnif edebilmektedir. Geleneksel teknolojiye dayalı olarak imalat yapan kalıpcılık sektöründeki işletmeler açısından AR-GE çalışmaları için yeterli finansal kaynak ayıramama sorunu bulunmakla birlikte yeni teknolojiler ile yapılan imalat başlangıçta yüksek maliyetli olabilmektedir (Fagade ve Kazmer, 2000). Öte yandan, yeni teknolojilerin uyarlanması orta ve uzun vadede sektöre uzmanlık, kalite, hız, verimlilik ve daha düşük maliyetler gibi sonuçlara yol açmakta ve her bir üretim teknolojisi kendi içinde ilerlemeler göstermektedir (Alp, 2005: 9). Dolayısıyla üretim fonksiyonunun elde edilmesi kalıpcılık sektörünün mikro iktisadi analizinin yapılabilmesi açısından önem arz etmekte birlikte sektör genelinde üretimin (i) belirli bir sipariş, (ii) tahmin edilen talep ve (iii) maksimize edilen çıktının piyasada alıcı bulabileceği alternatifler üzerinden gerçekleştirildiği kabul edilmektedir.

### 2.1. Kalıpcılık Sektöründe Optimizasyonun İşleyiş Mekanizması

Kalıpcılık sektöründe faaliyet gösteren firmaların optimizasyon davranışının nasıl gerçekleşeceği işletmenin içinde bulunduğu koşullara ve/veya piyasa dinamiklerine yönelik varsayımları ile doğru orantılı bir husus olarak tezahür etmektedir (Yao vd., 2008). Bu çerçevede, işletmenin belirli miktarda veya nitelikte bir siparişe karşı karşıya olduğu veya ilgili miktar ve özellikteki talebi kendisinin tahmin etmesi durumu ortaya çıkmaktadır. Her iki alternatifte de işletmenin optimizasyon koşulu farklılık göstermeyeceken, belirli miktardaki kalıp üretimini gerçekleştirmek için ihtiyaç duyulan finansman temin edilecektir. Bu şekilde, işletmenin mevcut finansman imkânı ile tanımlanan iş için ihtiyaç duyulan finansman miktarı arasındaki değişimler sayısallaştırılmakta ve işletmeni gereksiz borçlanması engellenebilmektedir.

### 2.2. Kalıpcılık Sektöründe Servet Oluşumu

Mikroekonomik çerçevede değerlendirildiğinde kaynak tahsisinde etkinliğin sağlanması, iktisatçıların üzerine odaklanması gereken bir problemken, her bir işletmenin dönem başında oluşturduğu planlamasından ne ölçüde sapmalar oluştuğu makroekonomik açıdan ilgili sorunun değerlendirilmesine katkı sağlayacaktır. Bu yöndeki çıkarım kalıpcılık sektöründe de söz konusu olmakta ve alternatif senaryolar dahilinde üretimdeki kaynak kullanımı konusu analiz edilebilmektedir (Chin ve Wong, 1996). Ayrıca, kalıbı çıkartılabilecek her bir ürün için farklı üretim faktörüne ihtiyaç duyulmakta ve dolayısıyla üretim fonksiyonunun yapısı değişim gösterebilmektedir. Bir başka deyişle, her birim üretim faktörünün üretim içerisinde farklı ağırlıkları oluşabilmekte ve farklı her bir üretim faktörü için bir değer belirlemek çoğu zaman zor bir süreç olmaktadır.

Kalıpcılık sektörünün en önemli girdilerinin başında emek faktörü gelmekte ve dolayısıyla tüketim ihtiyaçları olan ekonomik birimler kalıpcılık sektörüne emeklerini arz ederek tüketimleri için gerekli olan gelir akışını temin edebilmektedir. Bununla birlikte, kalıpcılık sektöründe üretimin giderek artan oranda makineleşmesi sonucunda ihtiyaç duyulan emeğin niteliği artmıştır. Beşerî sermaye olarak da isimlendirilebilecek nitelikli emeğin verimliliği kullanılacak fiziki sermayenin verimini ve dolayısıyla üretilen ürünün niteliğini belirlemektedir. Bu husus, geleneksel bağlamda türetilebilen üretim fonksiyonunun beşerî sermaye başına değerler cinsinden de elde edilebilmesini beraberinde getirmektedir. Ve buna bağlı olarak ilgili sektördeki tahmin, konvansiyonel olmayan modeller yardımıyla da gerçekleştirilebilmektedir (Raviwongse ve Allada, 1997; Pilani vd., 2000; Zheng vd., 2009; Tiengtavaj vd., 2017; Alexandrov vd. 2020).

## 3. AMPİRİK METODOLOJİ

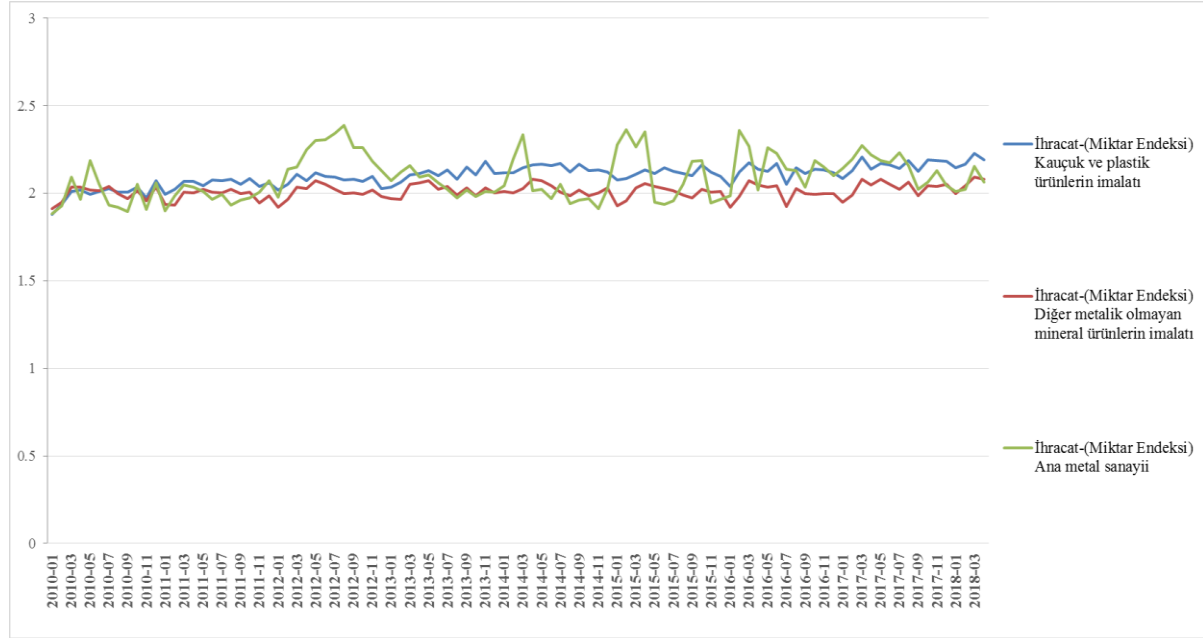
Kalıpcılık sektörünün talep dinamiklerinin uluslararası iktisat kapsamında değerlendirilmesi sektörün gelişimi açısından önem taşımaktadır. Dolayısıyla, talep dinamiklerinin açıklanması talebi belirleyen etmenlerden döviz kuru ve kalıp ürünün ihracat edilen ülkedeki GSYİH'nın önemli ölçüde etkilenebileceği var sayılabilecektir. Bu iki makroekonomik değişkenin kalıp ihracatı üzerine olan etkilerinin asimetrik özellik de gösterebilecektir. Örneğin, döviz kurunun aynı orandaki değer kaybı veya kazancı mutlak değer olarak aynı ihracat artışı veya azalışına neden olmayabilecektir. Benzer bir kabul GSYİH için de yapılabilecek olup, döviz kurunun değer kaybı ve kazançlarının net ihracat üzerinde mutlak değer olarak aynı sonucu doğurmayışı diğer makroekonomik gelişmelerden ileri gelebilecektir. Dolayısıyla, kalıp ürünü ihracatını etkileyebilecek unsurlar tek bir model aracılığıyla fonksiyonel bir ilişkiye sahip olabilecek ve kalıp ihracatını belirleyecek faktörler asimetrik açıdan irdelenebilecektir. Bu çalışmada, doğrusal olmayan ARDL (NARDL) modeli yardımıyla kalıp ihracatının bileşenleri asimetrik etkileri dikkate alacak biçimde göz önünde bulundurulacaktır. Türkiye'nin kalıp ihracatının önemli ölçüde Avrupa Birliği üye ülkelerine gerçekleştirilmesi sebebiyle EURO/TRY döviz kuru modelde hesaba katılırken, Almanya, Fransa ve İtalya'nın GSYİH'ları da NARDL modelinde kapsamaktadır. Asimetrik etkilerin değerlendirilmesi hususunda ise kümülatif toplamlar yaklaşımı adapte edilmiştir.

### 3.1. Veri Seti

Çalışmamızda kullanılan veriler TCMB ve OECD veri tabanlarından temin edilmiş olup, her bir değişkene logaritmik dönüşüm uygulanarak kalıp ihracatının hangi değişkenlere duyarlı olduğu elastikiyet yaklaşımına uygun olarak incelenmiştir. Değişkenler 2008-2009 Global Finansal Krizi sonrası döneme ilişkin olmakla birlikte 2010:01-2018:04 dönemi için aylık

frekanstadır. Çalışmamızda kullanılacak modelin tahmininde Stata, EViews ve Matlab paket programlarından yararlanılmıştır. Figür 1’de görüleceği üzere, ISIC sınıflandırması dahilinde kalıp ürünleri ihracatının gerçekleştiği kalemlerin herhangi bir artış veya azalış trendi içerisinde bulunmadığı gözlemlenmektedir.

**Figür 1: Kalıpcılık Sektörü İhracatının Kapsandığı Kalemler (ISIC REV.4 Sınıflamasına Göre (2010=100)-Logaritmik Ölçekte)**



Çalışmamızda kullanılan değişkenler arasında, kauçuk ve plastik ürünlerin imalatı ve ihracatı ( $kpl_{it}$ ), diğer metalik olmayan mineral ürünlerin imalatı ve ihracatı ( $dmnr_{it}$ ) ve ana metal sanayii ihracatı ( $anmet_{it}$ ) oluşturulacak NARDL modelinin bağımlı değişkenleridir. Bu çerçevede, çalışmada 3 adet NARDL modeli kullanılacak ve söz konusu modellerin bağımsız değişkenleri ise Almanya, Fransa ve İtalya'nın GSYİH'ları ( $gsyih_{it}^{alm}$ ), ( $gsyih_{it}^{fra}$ ), ( $gsyih_{it}^{ita}$ ) ve EURO/TRY ( $dkur_{it}^{eur}$ ) döviz kurudur. Bununla birlikte, ARDL modeli temelinde geliştirilen NARDL modelinde değişkenlerin farklı düzey değerlerinde durağan olabilmeleri geçerlidir. NARDL modeli asimetric etkileri de modelin tahmin sürecinde değerlendirmekte olduğundan, kümülatif toplamlar yaklaşımı ile modeldeki değişkenlerin nasıl ayrıştırıldığı ve pozitif ve negatif toplam serilerini elde edildiği denklemler olarak ortaya konulacaktır.

### 3.2. Kümülatif Toplamlar Yaklaşımı

Zaman serisi modellerinde ele alınacak değişkenler modelin diğer değişkenleri üzerinde asimetric etkilere neden olabilmekte, söz konusu sonuçların ölçülebilmesi açısından temel alınan bir değişkenin Hatemi-J (2012)'ye uygun olarak pozitif ve negatif toplamlara ayrılması gereklidir. Rassal yürüyüş süreci geçerli olduğunda aşağıdaki iki denklem yazılabilmektedir (Hatemi-J, 2012: 449).

$$y_{1t} = y_{1t-1} + u_t = y_{10} + \sum_{i=1}^t \varepsilon_{1i} \quad (1)$$

$$y_{2t} = y_{2t-1} + u_t = y_{20} + \sum_{i=1}^t \varepsilon_{2i} \quad (2)$$

1 ve 2 no'lu denklemlerde  $y_{10}$  ve  $y_{20}$  her iki modelin sabit terimlerini göstermekten ziyade,  $\varepsilon_{1i}$  ile  $\varepsilon_{2i}$  beyaz gürültü dağılım terimlerini yansıtmaktadır. Kümülatif toplamlar yaklaşımı ile pozitif ve negatif şoklar  $\varepsilon_{1i}^+ = \max(\varepsilon_{1i}, 0)$ ,  $\varepsilon_{1i}^- = \max(\varepsilon_{1i}, 0)$ ,  $\varepsilon_{2i}^+ = \max(\varepsilon_{2i}, 0)$ ,  $\varepsilon_{2i}^- = \max(\varepsilon_{2i}, 0)$  şeklinde ayrıştırılarak yazılabilmektedir (Hatemi-J, 2012). 1 ve 2 no'lu denklemlerdeki süreç ve kümülatif toplamlar yaklaşımı ile ayrıştırılan değişkenler temelinde aşağıdaki iki denklem çıkartılabilmektedir.

$$y_{1t} = y_{1t-1} + u_t = y_{10} + \sum_{i=1}^t \varepsilon_{1i}^+ + \sum_{i=1}^t \varepsilon_{1i}^- \quad (3)$$

$$y_{2t} = y_{2t-1} + u_t = y_{20} + \sum_{i=1}^t \varepsilon_{2i}^+ + \sum_{i=1}^t \varepsilon_{2i}^- \quad (4)$$

3 ve 4 no'lu denklemler uyarınca,  $y_{1t}$  ve  $y_{2t}$  kümülatif biçimde ( $y_{1t}^+ = \sum_{i=1}^t \varepsilon_{1i}^+$ ,  $y_{1t}^- = \sum_{i=1}^t \varepsilon_{1i}^-$ , ( $y_{2t}^+ = \sum_{i=1}^t \varepsilon_{2i}^+$ ,  $y_{2t}^- = \sum_{i=1}^t \varepsilon_{2i}^-$ ) olarak ifade edilebilmekte ve pozitif ile negatif şokların modelin diğer değişkenler üzerinde kalıcı etki sahibi

olabileceği kabul edilmektedir. Örneğin, negatif kümülatif şokların nedenselliği söz konusu olduğunda  $y_{1t}^- = (y_{1t}^-, y_{2t}^-)$  vektörü üzerinden aşağıda yazılan vektör otoregresif (VAR) modeli ile nedensellik analizi yapılabilmektedir (Hatemi-J, 2012). Dolayısıyla, 2 değişkenli bir VAR modeli aşağıdaki gibi oluşturulabilmektedir.

$$y_{1t}^- = v + A_1 y_{1t}^- + \dots + A_p y_{1t-p}^- + u_t^- \quad (5)$$

5 no'lu modelde, sabit terim  $v$ 'nin içinde bulunmaktayken trend ile dışsal değişkenler ihmal edilmiştir. Model bu çerçevede tanımlanmıştır. 5 no'lu model ile  $y_t^-$ 'nin  $k$ . elemanın  $y_t^-$ 'nin  $\omega$  elemanı üzerinde Granger nedensellik ilişkisine sahip olmadığı yönündeki hipotez sınanmaktadır. Ayrıca, VAR modeli temeli kullanılarak kümülatif toplamlar yaklaşımına göre ayrıştırılarak elde edilen değişkenler ile ikili nedensellik ilişkisi ortaya konulabilecektir. Dolayısıyla, kalıp ihracatını belirleyen faktörler çoklu fonksiyonel ilişkide bulunduğundan ARDL modeline dayanan NARDL modeli aracılığıyla söz konusu tahmin gerçekleştirilebilecektir.

### 3.3. ARDL Modeli

ARDL modeli düzey veya birinci fark düzeyinde değişkenlerden oluşmaktadır. Bu çerçevede, VAR modeline benzer yapıya sahip eşanlı denklem sistemi yapısına dayanan ARDL modeli aşağıdaki biçimde türetilmektedir.

$$Y_t = \gamma_{0i} + \sum_{i=1}^p \delta_i Y_{t-i} + \sum_{i=1}^q \beta_i X_{t-i} + \varepsilon_{it} \quad (6)$$

6 no'lu denklemde;  $Y_t$  vektörü bağımlı değişkenleri kapsamaktayken,  $X_t$  vektörü modelin bağımsız değişkenlerini içermektedir. Bu çerçevede, bağımlı değişkenler kendi ve modelin bağımsız değişkenlerinin gecikmeli değerlerinin bir fonksiyonu şeklindedir.  $\gamma_{0i}$ , 6 no'lu modeldeki sabit terimleri göstermekte ve gecikme uzunlukları  $i = 1, \dots, k, p, q$  istatistikî karar kriterleri uyarınca önerilmektedir.  $\varepsilon_{it}$  vektörü ise modelin hata terimlerini ihtiva etmektedir.

6 no'lu model kapsamında, kümülatif toplamlar yaklaşımı ile ortaya konulmuş pozitif ve negatif toplam serileri ARDL modeline entegre edilerek NARDL modeli çıkartılmaktadır. Ayrıca, ARDL modeli temelinde kısa ve uzun dönemli katsayılar tahmin edilerek değişkenler arası kısa ve uzun vadeli etkileşimdeki farklılıklar ortaya konulmaktadır. 7 no'lu modelde 3 değişken ele alınmakta ve değişkenlerin birinci farkları ( $\Delta$  ile gösterilmekte) ve katsayıları kısa vadeli etkileri değerlendirilmektedir. Dolayısıyla,  $b_{11}$ ,  $b_{21}$  ve  $b_{31}$  katsayıları uzun vadeli etkileri ifade etmektedir.

$$\Delta y_{1t} = a_{01} + b_{11} y_{1t} + b_{21} x_{1t} + b_{31} x_{2t} + \sum_{i=1}^p a_{11} \Delta y_{1t-1} + \sum_{i=1}^p a_{21} \Delta x_{1t-1} + \sum_{i=1}^p a_{31} \Delta x_{2t-1} + e_{1t} \quad (7)$$

## 4. AMPİRİK SONUÇLAR

### 4.1. Ampirik Veri

İleri zaman serisi modellerine sokulması planlanan serilerinin durağanlık özelliklerinin belirlenmesi en uygun model spesifikasyonunun ortaya konulması açısından önemlidir. Zaman serilerinin durağanlık özelliklerinin tespiti için çeşitli durağanlık testleri uygulanmakta olup söz konusu testlerin başında ADF testi gelmektedir. Bununla birlikte, ADF testi zaman serilerinin tabi olabileceği yapısal kırılmalar kapsamında da uygulanabilmektedir.

**Tablo 1: Yapısal Kırılmalı Birim Kök Testi Sonuçları**

Değişkenler	Test İstatistiği	Gecikme Uzunluğu	Önerilen Yapısal Kırılma Tarihi
$kpla_t(c, t)$	-8,13	0	2011 M03
$dmnr_l_t(c)$	-7,22	0	2011 M02
$anmet_t(c)$	-5,62	0	2011 M01
$gsyih_t^{alm}(c, t)$	-5,30	1	2017 M05
$\Delta gsyih_t^{alm}(c)$	-16,30	0	2010 M05
$gsyih_t^{fra}(c)$	-3,83	0	2011 M01
$\Delta gsyih_t^{fra}(c)$	-16,57	0	2011 M03
$gsyih_t^{ita}(c)$	-3,29	10	2011 M04
$\Delta gsyih_t^{ita}(c)$	-15,64	0	2010 M08
$dkur_t^{eur}(c)$	-9,11	0	2015 M11
$gsyih_t^{+alm}(c, t)$	-6,18	0	2016 M07
$gsyih_t^{-alm}(c, t)$	-5,22	0	2011 M08
$\Delta gsyih_t^{-alm}(c)$	-13,59	0	2014 M08

$gsyih_t^{+fra}(c,t)$	-5,95	11	2013 M08
$gsyih_t^{-fra}(c,t)$	-4,96	0	2011 M03
$\Delta gsyih_t^{-fra}(c)$	-14,27	0	2011 M04
$gsyih_t^{+ita}(c,t)$	-4,60	1	2015 M02
$\Delta gsyih_t^{+ita}(c)$	-13,93	0	2010 M10
$gsyih_t^{-ita}(c,t)$	-5,16	10	2013 M07
$\Delta gsyih_t^{-ita}(c)$	-12,82	0	2010 M09
$dkur_t^{+eur}(c,t)$	-7,56	0	2015 M07
$dkur_t^{-eur}(c,t)$	-6,15	0	2015 M09

Not: Yapısal kırılmalı ve sabit terimli (c) test için, %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeyindeki kritik değerler sırasıyla -4,94, -4,44 ve -4,19'dur. Yapısal kırılmalı, sabit ve trend terimli (c, t) test için, %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeyindeki kritik değerler sırasıyla -5,71, -5,17 ve -4,89'dur. Söz konusu kritik değerler Vogelsang (1993)'e uygun olup, testin regresyon modelindeki gecikme uzunluğu Akaike Bilgi Kriteri ile belirlenmiştir.

ARDL modeline dahil edilmesi planlanan zaman serilerinin ikinci fark değerlerinde durağan hale gelmemesi modellerin kurulması için yeterli kabul edilmektedir. Ayrıca, değişkenlerin bazılarının düzey değerlerinde durağan olması hali, bazılarının ise birinci derecede durağan olması uzun vadeli etkilerin analiz edilmesinin önüne geçmemektedir. Değişkenler arası uzun vadeli ilişkilerin olup olmadığı ise eşbütünleşme testleri ile sınanabilecek bir husus olup, ARDL modeli NARDL modeline dönüşerek değişkenler arasında kısa ve uzun vadeli asimetrik ilişkiler göz önüne alınabilmektedir.

Tablo 1'deki yapısal kırılmalı birim kök testi sonuçları değişkenlerin aynı düzeyde durağan olmadıklarına işaret etmektedir. Dolayısıyla, birinci fark düzeyinde durağan hale gelen değişkenlerden oluşan Vektör Hata Düzeltme (VEC) modeli ile uzun vadeli ilişkiler incelenememekte ve dahası asimetrik etkiler konu edilememektedir.

#### 4.2. NARDL Tahmini ve Sonuçlar

Aynı düzeyde durağan hale gelmeyen değişkenler arasındaki ilişki NARDL modeli kurularak asimetrik etkiler de hesaba katılarak bu bölümde değerlendirilecektir. Dolayısıyla, değişkenler arasında bağımlı bağımsız değişken ayrımının yapılması gerekmekte ve  $y = f(x)$  biçimindeki genel yapı kapsamında değişkenler bağımlı ve bağımsız değişken tasnifine tabi tutulmaktadır. Bu çerçevede, kalıpcılık sektörünün ihracatını etkileyebilecek olan bağımsız değişkenler 3 adet NARDL modelinde incelenmiş ve her bir model farkı bağımlı değişkene sahiptir.

Birinci NARDL modeli  $kpla_t$  değişkenini bağımlı değişken olarak içermekteyken, ilgili modelin bağımsız değişkenleri  $gsyih_t^{alm}$ ,  $gsyih_t^{fra}$ ,  $gsyih_t^{ita}$ ,  $dkur_t^{eur}$  biçimindedir. Tablo 2-4'te gösterilmekte olan uzun dönemli pozitif ve negatif etkiler Tablo 1'deki  $gsyih_t^{alm}$ ,  $gsyih_t^{-alm}$ ,  $gsyih_t^{+fra}$ ,  $gsyih_t^{-fra}$ ,  $gsyih_t^{+ita}$ ,  $gsyih_t^{-ita}$ ,  $dkur_t^{+eur}$ ,  $dkur_t^{-eur}$  göstergelere karşılık gelmektedir. İkinci NARDL modeli de aynı bağımsız değişkenleri sahiptir, ancak modelin bağımlı değişkeni  $dmnr_t$ 'dir. Üçüncü NARDL modelinde de söz konusu bağımsız değişkenler bulunmaktayken, modelin bağımlı değişkeni  $anmet_t$ 'tir. Kalıp üretimi ve ihracatının ISIC REV.4 sınıflandırılmasında içerilmekte olduğu kauçuk ve plastik ürünlerin imalatı ve ihracatı, diğer metalik olmayan mineral ürünlerin imalatı ve ihracatı ve ana metal sanayii ihracatı modelin bağımsız değişkenlerinin uzun vadede nasıl etkileneceği ve olası asimetrik etkiler NARDL modeli ile analiz edilmiştir.

Teorik beklentiler ışığında değerlendirildiğinde, en önemli kalıp ihracatı pazarlarından Almanya, Fransa ve İtalya'nın GSYİH'larının artışının Türkiye'ye yönelik bir talep artışına neden olabileceği var sayılabilecektir. Mikro iktisadi açıdan miktar etkisi çerçevesinde değerlendirilebilecek söz konusu duruma ek olarak önemli ölçüde ithal girdi kullanmayan kalıp üretimi ve kalıp ihracatının Türk Lirası'nın Euro karşısındaki değer kaybından olumlu yönde etkilenebileceği söylenebilecektir. Öte yandan, yukarıda belirtilen etkilerin zıttı ise Almanya, Fransa ve İtalya'da GSYİH'nın düşmesi ve Türk Lirası'nın Euro karşısındaki değer kazancı sonucunda gerçekleşebilecektir. Bununla birlikte, ters yönlü etkilerin mutlak değer olarak aynı olmaması olasılığının yanı sıra ters yönlü etkilerin de var olmaması makroekonomik dinamikleri teorik beklentilere uygun düşmemesi sonucunda geçerli olabilecektir. Söz konusu bulgular Fagade ve Kazmer'in (2000) çalışmasıyla paralellik arz ederken, Kwak (2018)'e ters düşmektedir.

Tablo 2, kalıp üretimi ve ihracatını kauçuk ve plastik ürünlerin imalatı ve ihracatı çerçevesinde ele almaktadır. Bu noktada, yalnızca İtalya'da GSYİH'nın düşmesinin Türkiye'nin kalıp ürünün ihracatını olumlu yönde etkileyeceği 3,672 katsayısı temelinde öne sürülebilecektir. Dolayısıyla, İtalya'da GSYİH'nın azalmasının Türkiye'nin kalıpcılık sektörünü olumsuz etkileyebileceği ve yerli üreticilere kauçuk ve plastik ürünlerin imalatı ve ihracatı için bir fırsat oluşturabileceği açıktır. Ayrıca, diğer değişkenlerin p-istatistiklerinin 0,05'den büyük olması kalıpcılık üretimi ve ihracatının ilgili kalem bazında GSYİH'ların etkisinde olmadığını ifade etmektedir. Model sonuçları uyarınca, kauçuk ve plastik ürünleri imalatı ve ihracatı ile diğer

değişkenler arasında herhangi bir asimetrik etkinin kısa ve uzun vade için söz konusu olmadığı belirlenmiştir. Dolayısıyla, kalıp üretimi ve ihracatının miktar ve fiyat etkileri açısından Avrupa pazarında yükselişe sahip olmayacağı ve üreticilerin bir miktar değeri için talep tahmini yapmalarının güç olduğu ve yapılması durumunda dahi anlamlı ekonomik sonuçlar doğurmayacağı önerilmektedir. Bu sonuçlar Chin ve Wong (1996) ile Fagade ve Kazmer (2000)'i desteklemektedir. Bununla birlikte, üretim maksimizasyonu alternatifinin üreticiler tarafından ele alınması da ihracat kapsamında arz-talep uyumsuzluğuna neden olabilecektir. Dahası bu yolla, işletme sermayesi önemli ölçüde eriyebilecek, kalıpcılık sektöründeki işletmeler gereksiz borç yüküyle karşı karşıya gelebilecektir.

**Tablo 2: NARDL Model Sonuçları (Bağımsız değişken:  $kpla_t$ )**

Asimetri İstatistikleri				
Değişkenler	Uzun Dönemli Etki (+)		Uzun Dönemli Etki (-)	
	Katsayı	p-İstatisiği	Katsayı	p-İstatisiği
$gsyih_t^{alm}$	-1,111	0,546	-6,731	0,024
$gsyih_t^{fra}$	0,429	0,851	2,645	0,197
$gsyih_t^{ita}$	0,933	0,433	3,672	0,024
$dkur_t^{eur}$	0,951	0,413	-0,775	0,395
Değişkenler	Uzun Dönemli Asimetri		Kısa Dönemli Asimetri	
	Katsayı	p-İstatisiği	Katsayı	p-İstatisiği
$gsyih_t^{alm}$	3,624	0,064	0,292	0,591
$gsyih_t^{fra}$	1,994	0,166	5,963	0,019
$gsyih_t^{ita}$	4,756	0,036	0,182	0,671
$dkur_t^{eur}$	0,044	0,835	0,122	0,728

Tablo 3'te ise kalıp üretimi ve ihracatı diğer metalik olmayan mineral ürünlerin imalatı ve ihracatı kapsamında incelenmekte ve ikinci NARDL modelinin bulguları birincisi ile büyük ölçüde örtüşmektedir. Benzer sonuçlara, ana metal sanayii ihracatı için de ulaşılabilmekle birlikte ilgili sonuçlar Tablo 4'te gösterilmektedir.

**Tablo 3: NARDL Model Sonuçları (Bağımsız değişken:  $dmnr_t$ )**

Asimetri İstatistikleri				
Değişkenler	Uzun Dönemli Etki (+)		Uzun Dönemli Etki (-)	
	Katsayı	p-İstatisiği	Katsayı	p-İstatisiği
$gsyih_t^{alm}$	3,122	0,131	-3,062	0,337
$gsyih_t^{fra}$	2,983	0,303	0,197	0,943
$gsyih_t^{ita}$	1,296	0,397	2,872	0,093
$dkur_t^{eur}$	-0,451	0,743	0,163	0,892
Değişkenler	Uzun Dönemli Asimetri		Kısa Dönemli Asimetri	
	Katsayı	p-İstatisiği	Katsayı	p-İstatisiği
$gsyih_t^{alm}$	2,172	0,148	1,0047	0,322
$gsyih_t^{fra}$	1,519	0,225	2,920	0,095
$gsyih_t^{ita}$	2,735	0,106	0,038	0,846
$dkur_t^{eur}$	0,083	0,774	0,572	0,454

**Tablo 4: NARDL Model Sonuçları (Bağımsız değişken:  $anmet_t$ )**

Asimetri İstatistikleri				
Değişkenler	Uzun Dönemli Etki (+)		Uzun Dönemli Etki (-)	
	Katsayı	p-İstatisiği	Katsayı	p-İstatisiği
$gsyih_t^{alm}$	20,243	0,228	-6,937	0,725
$gsyih_t^{fra}$	-24,584	0,194	-10,827	0,539

	0125	0,990	-4,127	0,673
$gsyih_t^{ita}$	0125	0,990	-4,127	0,673
$dkur_t^{eur}$	13,538	0,184	-23,495	0,034
Değişkenler	Uzun Dönemli Asimetri		Kısa Dönemli Asimetri	
	Katsayı	$p$ -İstatisiği	Katsayı	$p$ -İstatisiği
$gsyih_t^{alm}$	0,217	0,643	0,930	0,340
$gsyih_t^{fra}$	2,639	0,112	0,161	0,690
$gsyih_t^{ita}$	0,063	0,803	2,938	0,094
$dkur_t^{eur}$	2,288	0,138	0,029	0,864

Değişkenler arasında söz konusu olabilecek asimetrik etkileri değerlendiren her üç NARDL modeli kalıpcılık sektöründe ihracatın yükseltilmesinin etkilerinin miktar ve fiyata bağlı olarak gelişmeyeceği bulgusuna ulaşmıştır. Dolayısıyla, talebin tahmin edilerek hesaba katılan üretiminin ne kadarlık bir maliyet ile sağlanabileceğini ortaya koymak, işletmenin elindeki finansman dahilinde aşırı borçlanmamasının önüne geçmesini sağlayacaktır. Ayrıca, NARDL modeli bulguları talebi etkileyen faktörlerin ve dolayısıyla ithalat talebinin tahmin edilmesinin kolay olmadığını ortaya koymaktadır. Tahmin edilen talep, gerçekleşen talebin altında olabileceğinden işletmeler Avrupa ihracat pazarını kaybetme riskiyle karşı karşıya kalabileceklerdir. Dolayısıyla, üretim maksimizasyonu bir alternatif olarak karşımıza çıkmakta olup, söz konusu alternatif temelinde üretim sürecinin gerçekleştirilmesi de aşırı üretim ve stok birikimi riskini beraberinde getirecektir. İlgili yaklaşımın konvansiyonel olmayan modellerle tahmin yapan çalışmaları (Raviwongse ve Allada, 1997; Pilani vd., 2000; Zheng vd., 2009; Tiengtavaj vd., 2017; Alexandrov vd. 2020) destekler nitelikte olduğu ve bunun gelecekteki başka ileri zaman serisi yöntemleri ile yapılacak yeni çalışmalara ilham kaynağı olacağından bahsedilebilir.

NARDL model sonuçları, gereksiz borçlanmanın önüne geçmek için alınacak tedbirlerin işletmelerin finansal yapısı açısından olumlu olacağını önermektedir. Bu husus tek başına işletmenin finansal açıdan sağlıklı olmasına ve AR-GE harcamalarını yapabilmeleri için ihtiyacı olan finansmanı sağlayacaktır. Kalıp üretimi ve ihracatı çerçevesinde talebin önemli belirsizlikler gösteriyor olması, işletmelerin bu süreçte üretim fonksiyonundaki toplam faktör verimliliklerinin artırmaya odaklanmaları gerektiğini vurgulamaktadır. Kalıpcılık sektöründe talebi tahmin ederek ihracatı artırmak zor bir süreç olup, üretimde kullanılan sermayenin niteliğinin artırılması pazarın özelliklerinden bağımsız olarak kalıp üretimi ve ihracatının kalıcı olarak yükselmesine yol açacaktır.

## 5. SONUÇ

Yoğun rekabetçi bir sektör olan kalıpcılık sektörünün uluslararası rekabetçilik değerlendirmesini temel alan bu çalışma, sermaye yoğun sektördeki işletmelerin artan dış ticaret olanakları kapsamındaki olası avantajları ortaya koymaktadır. İleri zaman serisi analizi yardımıyla, gelecek 10 yıllık dönemde rekabet gücünün nasıl artırılabileceğine yönelik önerilerin geliştirilmesi ve karar alıcıların hizmetine sunulabilir hale getirilmesi önem arz etmektedir. Yeni ürün tasarlanmasında pazarda yer alabilmek için kalıp teknolojisi ve üretim gücünün artırılması ve uluslararası rekabet kapsamında daha güçlü bir otomotiv ve dayanıklı tüketim ürünü endüstrisinin önemi vurgulanmaktadır.

Bu çerçevede kalıp üretimi ve ihracatının uzun vadede nasıl gelişeceği ve tabi olacağı olası asimetrik etkiler NARDL modeli ile saptanmıştır. Teorik beklentiler ışığında, Türkiye'nin en önemli kalıp ihracatı pazarlarından Almanya, Fransa ve İtalya'nın GSYİH'lerinin yükselmesinin ihracatımıza yönelik bir talep artışına sebebiyet vereceği var sayılabilecektir. Öte yandan, kayda değer ölçüde ithal girdi kullanmayan kalıp üretimi ve ihracatının Türk Lirası'nın Euro karşısındaki değer kaybından olumlu yönde etkilenebileceği ortaya konulmuştur. Model sonuçlarına göre, İtalya'da GSYİH'nin gerilemesinin Türkiye'nin kalıpcılık sektörünü olumsuz etkileyeceği ancak yerli üreticilere kauçuk ve plastik ürünlerin imalatı ve ihracatı çerçevesinde fırsatlar sunacağı bulgusuna ulaşılmıştır. Model sonuçlarına göre kalıpcılık üretimi ve ihracatının ilgili kalem bazında GSYİH'lerin etkisi altında olmadığı da belirlenmiştir. Söz konusu bulgulara paralel olarak, kauçuk ve plastik ürünlerin imalatı ve ihracatı ile modelin diğer değişkenleri arasında herhangi bir asimetrik etkinin kısa ve uzun vade için bulunmadığı ortaya konulmuştur. Dolayısıyla, kalıp üretimi ve ihracatının miktar ve fiyat etkileri kapsamında Avrupa pazarında artış gösteremeyeceği ve üreticilerin bir miktar değeri için talep tahmini yapmalarının etkin sonuçlar ortaya koymayacağı bulgusuna ulaşılmıştır. Bununla birlikte, üretim maksimizasyonu senaryosunun üreticiler tarafından adapte edilmesi de ihracat hususunda arz-talep uyumsuzluğuna neden olabileceğinden işletme sermayesi önemli ölçüde eriyebilecek ve kalıpcılık sektöründeki işletmeler gereksiz borç yüküyle karşı karşıya kalabileceklerdir.

Kalıp üretimi ve ihracatında talebin önemli belirsizliklere sahip olması, işletmelerin toplam faktör verimliliklerini yükseltmeye odaklanmalarının gerektiğinin altını çizmektedir. Kalıpcılık sektöründe talebi tahmin ederek ihracatı geliştirmek zor bir süreç olduğundan, üretimde kullanılan fiziki ve beşerî sermayenin geliştirilmesi kalıp üretimi ve ihracatının istikrarlı olarak yükselmesi sonucunu doğuracaktır.



**KAYNAKÇA**

- Alexandrov, I.A., Mikhailov, M.S. & Oleinik, A.V. (2020). Application of neural simulation methods for technological parameters identification of composite products injection molding process. *Journal of Applied Engineering Science*, 18(2), 165-172. DOI: 10.5937/jaes18-25912
- Alp, S. (2005). Kalıpcılık Sektör Araştırması. İstanbul Ticaret Odası, İstanbul.
- Butler, M.J. (1973). Mold costs and how to estimate accurately. *Plastic Polymers*, 41, 60-61.
- Chen, Y.M. & Liu, J.J. (1999). Cost-effective design for injection molding. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 15(1), 1-21. DOI: 10.1016/S0736-5845(99)00005-8
- Chin, K.S. & Wong, T.N. (1995). An expert system for injection mold cost estimation. *Advances in Polymer Technology*, 14(4), 303-314. DOI: 10.1002/adv.1995.060140404
- Chin, K.S. & Wong, T.N. (1996). Developing a knowledge-based injection mould cost estimation system by decision tables. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 11, 353-365. DOI: 10.1007/BF01845694
- Fagade, A.A. & Kazmer, D. (2000). Early cost estimation for injection molded components. *Journal of Injection Molding Technology*, 4(3), 97-106.
- Hatemi-J, A. (2012). Asymmetric Causality Tests with an Application. *Empirical Economics*. 43(1): 447-456. DOI: 10.1007/s00181-011-0484-x
- Kang, K.S., Kim, T.H. & Rhee, I.K. (1994). The establishment of standard time in die manufacturing process using standard data. *Computers & Industrial Engineering*, 26, 539-542. DOI: 10.1016/0360-8352(94)90353-0
- Kuzman, K. & Nardin, B. (2004). Determination of manufacturing Technologies in mould manufacturing. *Journal of Materials Processing Technology*, 157-158, 573-577. DOI: 10.1016/j.jmatprotec.2004.07.116
- Kwak, K., Kim, W. & Kim, K. (2018). Latecomer firms' combination of strategies in a specialized suppliers sector: A comparative case study of the Korean plastic injection molding machine industry. *Technological Forecasting and Social Change*, 133, 190-205. DOI: 10.1016/j.techfore.2018.04.004
- Pilani, R., Narasimhan, K., Maiti, S.K., Singh, U.P. & Date, P.P. (2000). A hybrid intelligent systems approach for die design in sheet metal forming. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 16, 370-375. DOI: 10.1007/s001700050168
- Raviwongse, R. & Allada, V. (1997). Artificial neural network based model for computation of injection mould complexity. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 13, 577-586. DOI: 10.1007/BF01176302
- Schützer, K., Helleno, A.L. & Pereira, S.C. (2006). The influence of the manufacturing strategy on the production of molds and dies. *Journal of Materials Processing Technology*, 179(1-3), 172-177. DOI: 10.1016/j.jmatprotec.2006.03.098
- Tientavaj, S., Phimonsathienand, T. & Fongsuwan, W. (2017). Ensuring competitive advantage through innovation capability and clustering in the thai automotive parts molding industry: a SEM approach. *Management and Production Engineering Review*, 8(1), 89-100. DOI: 10.1007/s00170-018-2762-7
- Tosello, G., Charalambis, A., Kerbache, L., Mischkot, M., Pedersen, D.B., Calaon, M. & Hansen, H.N. (2019). Value chain and production cost optimization by integrating additive manufacturing in injection molding process chain. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 100, 783-795. DOI: 10.1007/s00170-018-2762-7
- Vogelsang, T.J. (1993). Unpublished computer program.
- Wang, H., Ruan, X.Y. & Zhou, X.H. (2003). Research on Injection Mould Intelligent Cost Estimation System and Key Technologies. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 21, 215-222. DOI: 10.1007/s001700300024
- Yao, D., Kim, B., Choi, J. & Brown, R. (2008). Optimizing Injection Molding Toward Multiple Quality and Cost Issues. *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, 38(5), 955-966. DOI: 10.1080/03602559909351624
- Zheng, J., Wang, Q., Zaho, P. & Wu, C. (2009). Optimization of high-pressure die-casting process parameters using artificial neural network. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 44, 667-674. DOI: 10.1007/s00170-008-1886-6