

## Using TRIZ and Brainstorming in Design: With the case study of a Bed Base Scissors Lift System

Fazıl CANBULUT<sup>1,\*</sup>, Burak DEMİRTAŞ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Erciyes University Faculty of Engineering Department of Mechanical Engineering 38039, Melikgazi/Kayseri

<sup>2</sup>Erciyes University Graduate School of Natural and Applied Sciences Department of Mechanical Engineering, 38039, Melikgazi/Kayseri

### Graphical/Tabular Abstract

#### Article Info:

Received: 25/06/2019

Revision 31/07/2019

Accepted: 06/08/2019

#### Highlights

- Using TRIZ and Brainstorming in Design
- Bed Base Scissors Lift System

#### Keywords

Bed Base scissor system,  
Brainstorming, TRIZ,  
Bed lifting system

In this study, We use the TRIZ (Theory of Inventive Problem Solving) approach and the traditional brainstorming method, and demonstrate the effectiveness of this combination by carrying out a case study on design of a bed base scissors lifting system

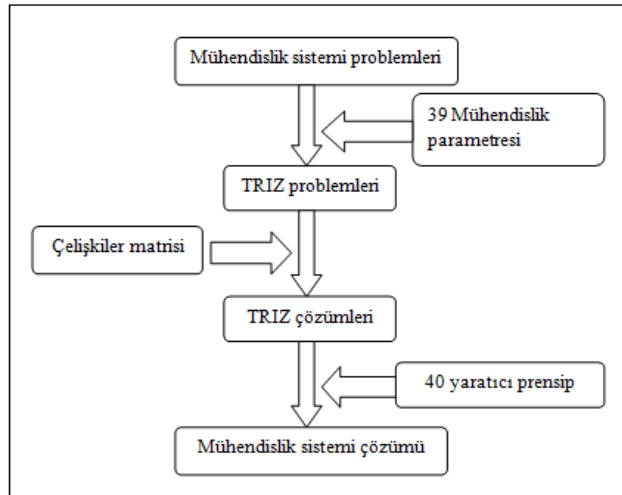


Figure A. Problem solving model with TRIZ

**Purpose:** The aim of this study is to contribute to the creation of creative solutions by combining TRIZ and brainstorming to help organizations solve the problems they face better, cheaper and faster.

**Theory and Methods:** In this study, a new scissors system design is introduced by following the design process based on brainstorming and TRIZ-contradiction matrix. Here, computerized models of commonly used scissors and redesigned scissors systems have been created, analyzed with finite element method suitable for real usage conditions and the results have been recorded.

**Results:** It is determined that the new design is superior to the old shear system in terms of parts strength, material usage and total cost.

**Conclusion:** In the design process, it is not possible to reach a solution that does not contradict with the combination of brainstorming method and TRIZ. A new plinth scissor lift system made with the new method was developed safer, lower cost and weight. Redesigned and dimensioned plinth scissor lift system increased by approximately 73%, 23.5% reduction in weight and 33% reduction in cost.

GU J Sci, Part C, 7(3): 614-626 (2019)



Gazi Üniversitesi

## Fen Bilimleri Dergisi

PART C: TASARIM VE TEKNOLOJİ

<http://dergipark.gov.tr/gujsc>


# Tasarımda Beyin Fırtınası ve TRIZ Kullanımı: Baza Makas Kaldırma Sistemi Örnek Çalışması

Fazıl CANBULUT<sup>1,\*</sup>, Burak DEMİRTAŞ<sup>2</sup><sup>1</sup>Erciyes Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü, 38039, Melikgazi/Kayseri<sup>2</sup>Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, 38039, Melikgazi/Kayseri

### Öz

Kuruluşların yaşamlarını sürdürebilmeleri, günün rekabet şartlarına adapte olmalarına bağlıdır. Ana rekabet unsurları ise teknolojik gelişmeler, kısalan ürün ömürleri ve müşteri ihtiyaçlarının hızlı değişimidir. Bu nedenle, kuruluşların karşılaştıkları problemleri daha iyi, daha ucuz ve daha hızlı bir şekilde çözmeleri gerekir. TRIZ (Yaratıcı Problem Çözme Teorisi), küçük ölçekli firmalarca çok fazla kullanılmamasına rağmen, inovatif problem çözmede etkili araçlardan birisidir. Bu çalışmada, TRIZ ve beyin fırtınası yöntemi birlikte kullanılmış ve bu kombinasyonun etkinliği bir baza makas kaldırma sistemi üzerinde gösterilmiştir. Sonuçlar net bir şekilde nihai ürünün geleneksel olanlara göre daha güvenilir, düşük maliyetli ve daha hafif olduğunu göstermektedir.

### Makale Bilgisi

Başvuru: 25/06/2019

Düzeltilme: 31/07/2019

Kabul: 06/08/2019

### Anahtar Kelimeler

Baza makas sistemi,

Beyin fırtınası, TRIZ,

Yatak kaldırma sistemi

## Using TRIZ and Brainstorming in Design: With the case study of a Bed Base Scissors Lift System

### Keywords

Bed Base scissor system,  
Brainstorming, TRIZ, Bed  
lifting system

### Abstract

The survival of organizations depends on their adaptation to the evermore competitive environment of the day. The main competitiveness areas are rapid technological developments, shortened product life cycles and rapid change of customer requirements. Therefore, organizations need to respond to these challenges by adapting to better, cheaper and faster problem solving methods throughout the product development process. Although not widely utilised by small companies, TRIZ (Theory of Inventive Problem Solving) is one of the valuable tools for such innovative problem solving approaches. We use the TRIZ approach and the traditional brainstorming method, and demonstrate the effectiveness of this combination by carrying out a case study on design of a bed base scissors lifting system. The results confidently indicate that the final product is more reliable, cost-effective and lighter as compared to the traditional ones.

## 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Teknoloji ve hizmet alanlarındaki rekabet küresel ölçekte her geçen gün daha da artmaktadır. Küresel rekabet, kuruluşlar için bir kriz ya da fırsat olabilir. Bu çetin rekabet ortamında yalnızca yeni fikirler bulup ve bunları hızla uygulayanlar ayakta kalabilir. Böylece yaratıcı problem çözme yeteneği kişi ve kurumlar için çok önemlidir. Bu bağlamda yaratıcılık ve problem çözme kabiliyeti; akıl, zekâ, bilim, tecrübe ve hayal gücüne dayalı oluşur ve gelişir. Çok iyi eğitilmiş uzman veya araştırmacılar bile yeterince yaratıcı olamayabilirler. Bu konuda doğuştan bazı yetenekler yanında (hayal gücü gibi) bazı sistematik yaklaşımlara da ihtiyaç duyulabilir. Bazı uzman/araştırmacılar; temel ve özel alanlarda bilgi sahibi olmakla birlikte zamanla yaratıcılıklarını kaybedebilirler. Gerçekte bu yetenek ergenlik ve gençlik dönemlerinde daha baskın olur ama bazı yöntemlerle ileriki yaşlarda bile etkin hale getirilebilir.

Problem çözme süreci kendi içinde ele alınmalıdır. Daha etkili fikirler üretmek ve pratik çözümler geliştirmek için beyin fırtınası vb. teknikler kullanılabilir. Çözüm için yapılan iyileşme, yeni problemler ortaya çıkarsa çözüm kısır bir döngüye girebilir. Bu bağlamda problem çözümünde geleneksel ve/veya yaratıcı yöntemler kullanılabilir. Geleneksel problem çözme teknikleri; ana problemin tespit zorluğu, yanlış işlem veya amaç, psikolojik atalet, çatışma / çelişkiden kaçma gibi nedenlerden dolayı sınırlı çözüm verebilir [1]. Bulunan fikirler genelde özgün ve yaratıcı değildir. Çok kullanılan geleneksel yöntemler; 5N1K, Beyin fırtınası, Balık kılçığı diyagramı, Eşlenik sıralama tekniği, 6 şapka vb. şekilde sıralanabilir. Problem çözme amaçlı yaratıcı yaklaşımlar ise; TRIZ (Yaratıcı Problem Çözme Teorisi), Kaliteli Fonksiyon Yayılımı (QFD), Hata Türü ve Etkileri Analizi, Taguchi yöntemi, Altı Sigma ve Deneysel Tasarım şeklinde ifade edilebilir.

Bu makale kapsamında tanıtılan ve tasarım problemine uygulanan TRIZ yöntemi mantık, veri ve araştırmaya dayalı bir problem çözme felsefesidir. Yaratıcı problem çözmeyi hızlandırmak için birçok mühendis, tasarımcı ve mucittin önceki çözüm ve tasarım tecrübelerine dayanmaktadır. Diğer taraftan geleneksel yöntemlerle çözülen problemler, çözüm grubunun bilgi ve deneyimi ile sınırlıdır. TRIZ ile sistematik ve tüm kısıtlamaların karşılanacağı bir çözüme ulaşmak mümkündür. Eğer bir problem çelişki içeriyorsa TRIZ uygulanmalıdır [2]. Rus mühendis Altshuller tarafından geliştirilen TRIZ, farklı teknoloji ve birikimlere dayanır, yaratıcı problem çözmeye de büyük katkı sağlayabilir [3].

Mühendislik, iletişim, askeri, edebiyat, spor, tıp, politika, kitle iletişim araçları vb. diğer faaliyetlere uyarlanmış yaratıcı 40 TRIZ çözüm ilkesi kullanılmaktadır [4-5]. TRIZ araçlarını öğrenme ve kullanma bireysel yetenek gelişimine katkı sağlar [6-7]. TRIZ'e duyulan ilginin tüm dünyada artması TRIZ tekniklerinde uzman kişiler için bir pazar talebi de oluşturur. Bariani ve ark. [8] imalat ve montaj için tasarım (DFMA) ve yaratıcı problem çözme teorisini birleştirmiştir. Burada ortak özellikler birleştirilmiş olup yöntem uydu anten tasarımına uygulanmıştır. Benzer bir başka çalışmada Ensarioğlu ve ark. [9] TRIZ çelişki matrisi ile DFMA birleşimini montaj için tasarım alanına uygulamışlardır. Mayda ve Börklü [10-11], sistematik tasarım, TRIZ ve QFD kullanarak yeni bir kavramsal tasarım işlemi geliştirmiş ve bu işlem modelini mekanik filtre tasarımına uygulamışlardır. Mutlu ve Yapanmış [12], baza üst tablasını her konumda sabit tutacak bir makas mekanizması tasarlamış ve sonra da bunun kinematik analizini yapmışlardır. TRIZ; daha etkili, doğru ve hızlı problem çözme, yaratıcı becerileri sistematik olarak geliştirme, çözüm sayısı ve kalitesini artırma, pazara arz süresi ve maliyetleri azaltma sağladığı için, rekabet gücünü de artırır. Geleneksel düşünme biçiminden farklı olarak burada yeni / yenilikçi ürünler farklı yollarla yeni fikir ve uygulamalara göre tasarlanır.

Bu çalışmada, verimli kaynak kullanma ve alternatif tasarımları incelemeyi mümkün kıldığı için beyin fırtınası [13] ve TRIZ [14-15] birlikte uygulanacaktır. Yine bu kapsamda makaslı bazalarda önemli bir eleman olan makas kaldırma sistemi sistematik bir şekilde tekrar tasarlanacaktır. Literatür taramasında makas sistemi ile ilgili çok az sayıda yayına rastlanmıştır. Bu çalışmalar ise genellikle yaygın kullanılan makas sisteminin kinematik analizini içermektedir. Literatür ve piyasa araştırmalarına göre halen makas sisteminin yeniden inovatif bir şekilde tasarlanmasına ihtiyaç olduğu görülmektedir.

Bu makale kapsamında beyin fırtınası ve TRIZ-çelişki matrisine dayalı tasarım işlemi takip edilerek yeni bir makas sistem tasarımı tanıtılmaktadır. Burada, yaygın kullanılan makas ve yeniden tasarlanan makas sistemlerinin bilgisayar ortamında modelleri oluşturulmuş, gerçek kullanım şartlarına uygun sonlu elemanlar yöntemi ile analizleri yapılmış ve sonuçlar kaydedilmiştir. Bu yeni tasarımın eski makas sisteminden parça mukavemeti, malzeme kullanımı ve toplam maliyet gibi açılardan üstün olduğu belirlenmiştir. Bu aşama sonucunda teknolojik olgunluk seviyesi (TRL) TRL6 aşaması tamamlanmıştır. Yeni ürünün rekabet koşullarında eskiye göre oldukça avantajlı olduğu makale içinde gösterilecektir. Bu çalışmadan sonra yeni makas sisteminin TRL7, 8 ve 9 seviyeleri en kısa zamanda gerçekleştirilerek endüstride kullanılabilir hale gelmesi sağlanacaktır.

### 1.1. TRIZ ve Beyin Fırtınası Yaklaşımları (TRIZ and Brainstorming Approaches)

Beyin fırtınası, çeşitli alanlardan uzmanların fikirlerini önceden yargılamadan öne sürdüğü, yaratıcılığı teşvik etmek amaçlı önemli ve çok kullanılan bir yöntemdir. Burada katılımcıların müşterek yaratıcı düşünme ve fikirler üretmesiyle zor bir probleme alternatif çözümler üretilir. Bu yöntem ilk önce AF Osborn tarafından önerilmiştir [13]. Beyin fırtınası bir grup katılımcının kolektif yeni ürünler geliştirme, uygulama ve kullanımı ile ilgili fikirler / çözümler aramasını sağlayan bir yöntemdir. Burada dört önemli temel kural vardır [13]: Bunlar; eleştirel yargılamalar yapmamak, fikirleri özgürce ifade etmek, çok sayıda fikir toplamak, fikirlerde birleştirme ve iyileştirmeler yapmak şeklindedir.

TRIZ; Rusça “Teoria Rechenia Izobretatelskih Zadatchi” ifadesinin kısaltması olup, İngilizce olarak ise “Theory of Inventive Problem Solving” (TIPS) şeklinde kaynaklarda yer almaktadır [16]. TRIZ, mühendis, tasarımcı veya mucitlerin yeni ürün tasarımlarında karşılaştıkları zor ve karmaşık sorunları çabuk ve etkili bir şekilde çözümünde onlara yardımcı olur. TRIZ 1,500,000'in üzerinde patenti analiz eden Altshuller ve arkadaşları tarafından geliştirilmiştir. Bu makale kapsamında TRIZ araçlarından çelişki matrisi tanıtılacak ve tasarım problem çözümlerinde nasıl kullanılacağı gösterilecektir. Çelişki matrisinin yukarıdan aşağıya ilk satır hücrelerinde ve soldan sağa ilk sütun hücrelerinde 39 mühendislik parametresi yer alır. Bu parametrelerden yukarıdan aşağıya yer alanlar tasarımda iyileşmesi (yer alması) istenilen parametreleri ifade ederken; soldan sağa yer alanlar ise tasarımı zayıflatan ve istenmeyen parametreleri belirtir. Örneğin; tasarımda (bir parçaya ait) dayanım artırılmak istendiğinde bu durum parça ağırlığını da artırabilir. Burada dayanım istenilen bir özellik iken ağırlık istenmez ve bu durum ise bir çelişki (zıtlık, tezat) oluşturur. 39 TRIZ mühendislik parametresi Tablo 1’ de verilmiş olup bu parametrelerle çelişki/zıtlık oluşturan tasarım problemlerinin hemen hemen tamamına yakını ifade edilebilir [17]. TRIZ’de çelişki şeklinde ifade edilecek tasarım problem çözümlerinde kullanılan 40 yaratıcı çözüm ilkesi vardır (Tablo 2). Bu 40 yaratıcı çözüm ilkesi dünya çapında ve genelde çok büyük bir sayıdaki patentler incelenerek (-ki günümüzde incelenen patent sayısı 4.5 milyonu aşmıştır) ve bunların dayandığı çözüm prensipleri (mantığı) genelleştirilmek sureti ile elde edilmiştir. TRIZ’de şu iki tür çelişki yer almaktadır: (1) Teknik çelişki ve (2) Fiziksel çelişki. Bunlardan ‘Teknik çelişki’ biraz önceki örneğe benzer tezat / zıtlıkları içerir. Yani, tasarımda iyileştirilmek istenilen bir parametre sistemde istenmeyen olumsuz bir etkiye veya soruna neden olabilir. Eğer tezat içeren bu istenilen ve istenmeyen etkiler (çelişkiler) 39 mühendislik parametresi cinsinden belirlenip Çelişki matrisinde ilk sütunda ve ilk satırda bu parametrelerin seçilip kesiştirilmesi ile elde edilen hücrede çözümler yer alacaktır (Tablo 3). Yani bu çözüm hücresinde 40 yaratıcı çözüm ilkesi cinsinden 4 çözüm olacaktır. Bu 4 yaratıcı çözümden birinden birisi çok büyük bir olasılıkla mevcut tasarım çelişkisini çözecektir. (2) Fiziksel çelişki ise tasarlanan sistemde aynı parametrenin hem olması hem de olmaması halini içerir (matristeki soldan sağ köşeyi birleştiren hücreler). Yani bir şeyin hem uzun hem kısa olması, hem sıcak hem soğuk olması hem sert hem yumuşak olması gibi. Bu çelişki halinde şu dört stratejiden biri uygulanmalıdır: Zamanda ayırma, Mekanda ayırma, Bütün ve parçaları arasında ayırma ve Duruma göre ayırma. Örneğin bir oda hem sıcak hem de soğuk yapılacaksa bu oda içine bir buzdolabı koyarak veya farklı zamanlarda olması gibi.

**Tablo 1.** Teknik çelişki oluşturan 39 mühendislik parametresi

No	Mühendislik Parametresi	No	Mühendislik parametresi	No	Mühendislik parametresi
01	Hareketli cismin ağırlığı	14	Mukavemet	27	Güvenilirlik
02	Hareketsiz cismin ağırlığı	15	Hareketli cismin dayanımı	28	Ölçüm güvenilirliği
03	Hareketli cismin uzunluğu	16	Hareketsiz cismin dayanımı	29	İmalat güvenilirliği
04	Hareketsiz cismin uzunluğu	17	Isı	30	Cisme zarar veren faktörler
05	Hareketli cismin alanı	18	Parlaklık	31	Zararlı yan etkiler
06	Hareketsiz cismin alanı	19	Hareketli cismin harcadığı enerji	32	İmalat kolaylığı
07	Hareketli cismin hacmi	20	Hareketsiz cismin harcadığı Enerji	33	Kullanım kolaylığı
08	Hareketsiz cismin hacmi	21	Güç	34	Onarım kolaylığı
09	Hız	22	Enerji kaybı	35	Adapte edilebilirlik
10	Kuvvet	23	Madde kaybı	36	Cihaz karmaşıklığı
11	Gerilme / Basınç	24	Bilgi kaybı	37	Kontrol karmaşıklığı
12	Şekil	25	Zaman kaybı	38	Otomasyon düzeyi
13	Cismin değişmezliği	26	Madde miktarı	39	Verimlilik

**Tablo 2.** Teknik çelişkilerin çözümü için 40 yaratıcı ilke

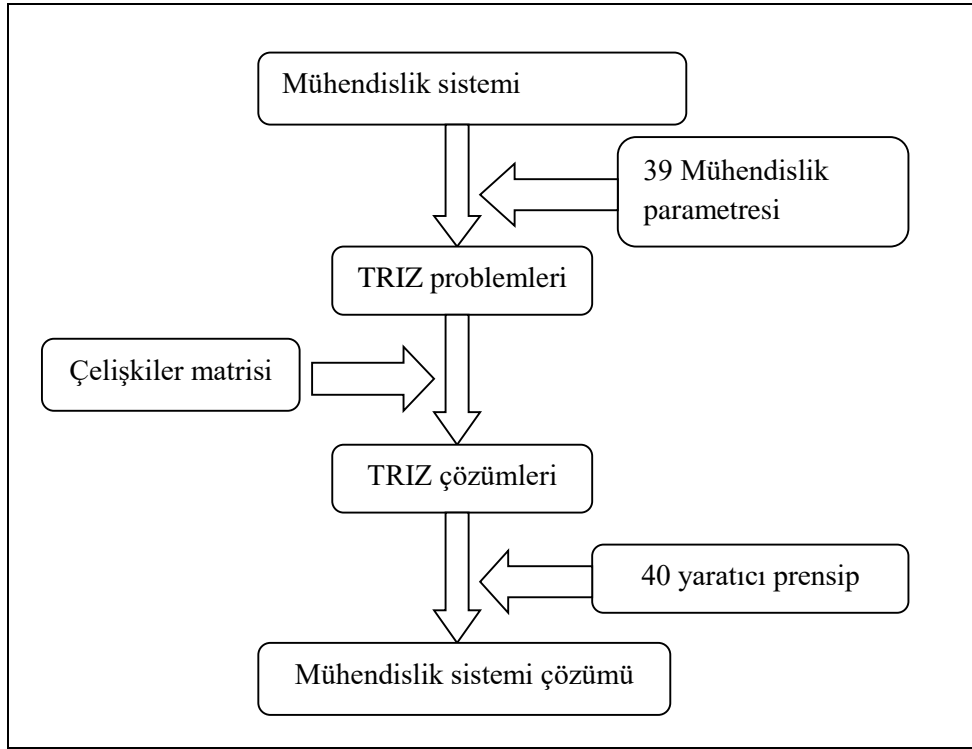
No	Yaratıcı Prensiptir	No	Yaratıcı Prensiptir	No	Yaratıcı Prensiptir
01	Bölümleme	14	Küresel yapma	27	Ucuz ve kısa ömürlü cisimler kullanma
02	Ayırma	15	Dinamiklik	28	Mekanik sistemin yerine koyma
03	Kısmi kalite	16	Kısmi fazlalık	29	Pnömatik ve hidrolik yapılar kullanma
04	Asimetri	17	Boyut değişimi	30	İnce film ya da zar
05	Kombinasyon	18	Mekanik titreşim	31	Gözenekli malzeme
06	Evrensellik	19	Periyodik eylem	32	Renk değiştirme
07	Yuvalama	20	Yararlı bir eylemin sürekliliği	33	Homojenlik
08	Karşı ağırlık	21	Hızlı hareket	34	Atılan ya da değiştirilen parçalar
09	Öncü karşıt eylem	22	Zararı faydaya çevirme	35	Fiziksel ya da kimyasal durum değişikliği
10	Öncü eylem	23	Geri besleme	36	Faz dönüşümü
11	Öncü önlem	24	Aracılık	37	Isıl genleşme
12	Eşit potansiyel	25	Self servis	38	Güçlü okside ediciler kullanma
13	Ters eylem	26	Kopyalama	39	Durağan çevre
				40	Kompozit malzeme

**Tablo 3.** 39\*39 Çelişki Matrisinden bir bölüm

İyileşen Faktör ↓	Kötüleştiren Faktör →					
	1.Hareketli nesnenin ağırlığı	2.Hareketsiz nesnenin ağır.	3.Hareketli nesnenin uzunl.	...	38.Otomasyon seviyesi	39.Verimlilik
1			15, 8, 29, 34		26, 35, 18, 19	35, 3, 24, 37
2					2, 26, 35	1, 28, 15, 35
3	8, 15, 29, 34				17, 24, 26, 16	14, 4, 28, 29
.						
38	28, 26, 18, 35	28, 26, 35, 10	14, 13, 17, 28			5, 12, 35, 26
39	35, 26, 24, 37	28, 27, 15, 3	18, 4, 28, 38		5, 12, 35, 26	

TRIZ, tasarımcıların sistem problemleriyle ilgili çelişkileri çözmeleri ve ürün tasarlama/geliştirmelerine yardımcı olan etkili bir yöntemdir. Şekil 1’de de görüldüğü gibi TRIZ Çelişki Matrisi ile problem çözme işlemi önce üründe iyileştirme (istenen) özelliği ve bunun sonucu oluşan kötüleşme (istenmeyen) özellikleri, 39 mühendislik parametresi arasından karşılık gelen parametreler ile ifade edilir. İyileşme ile birlikte kötüleşme de oluyorsa bu bir teknik çelişkidir ve genelde bu tür çelişki olur (fiziksel çelişki çok az olur). Arkasından seçilmiş mühendislik parametrelerinden oluşan her çelişki çifti için iyileşen ve kötüleşen parametreler, TRIZ çelişki matrisinde numaraları tespit edilerek satır ve sütun olarak çakıştırılır ve karşılık gelen TRIZ ilkelerine göre bu çelişkiye çözümler aranır [18-19]. Bu durum Şekil 1’de açık bir biçimde gösterilmiştir. Eğer çelişki fiziksel çelişki ise bu durumda yukarıda anlatılan 4 stratejiden biri uygulanmalıdır.

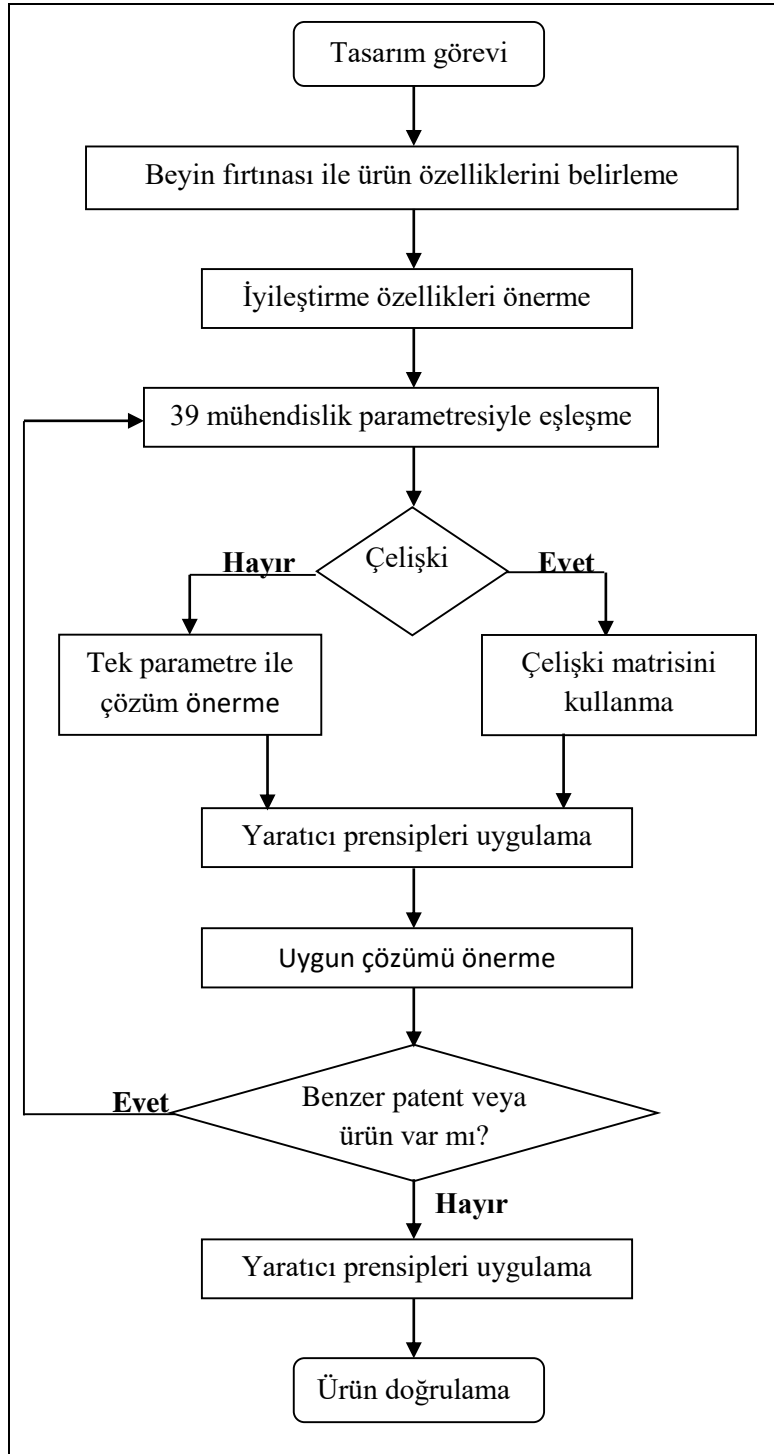
Ürün geliştirme aşamasında, birçok ürün tasarımcısı yeni/özgün fikirler bulmak için beyin fırtınası uygulamaktadır. Bu aşamada geliştirilmiş ve kötüleşen parametreler arası çelişkileri çözmeye de sistematik bir yöntem gerekir. Beyin fırtınası, bireysel tasarımcının bilgi, deneyim ve psikolojik ataleti ile sınırlıdır. Ancak TRIZ’in yenilikçi tasarım kurallarını uygulamak bu eksiklikleri giderebilir. İki yaklaşımın birlikte kullanılmasıyla sistematik bir biçimde çok daha fazla sayıda inovatif çözümlerin bulunması sağlanabilecektir.



Şekil 1. TRIZ ile problem çözme modeli [20]

## 2. TASARIM SÜRECİ (DESIGN PROCESS)

Bu çalışmada beyin fırtınası ve TRIZ'i birlikte uygulayan, bunların önemli özelliklerinden faydalanan yeni bir tasarım işlemi kullanılmaktadır (Şekil 2). Bu işlemin akış şeması şekilde görülmektedir.



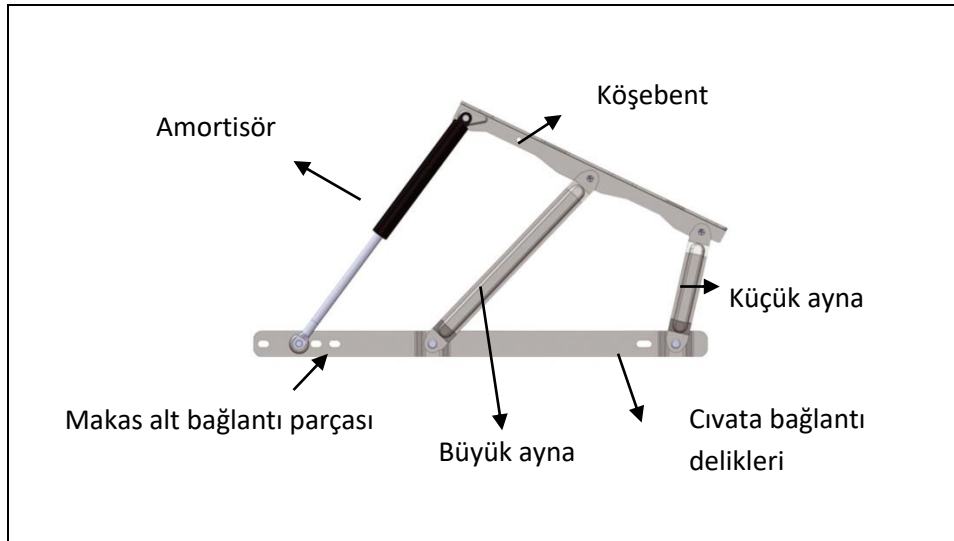
Şekil 2. Yenilikçi tasarım süreci akış şeması [20]

Bu yeni ve yenilikçi tasarım işlemi adım adım şu şekilde icra edilebilir. Tasarlanacak parça veya sistemin özellikleri analiz edilir. Önemli tasarım parametreleri belirlenir ve ihtiyaç listesi hazırlanır. Beyin fırtınası ile parçanın nasıl tasarlanacağını belirlemek için, grup toplantısı yapılır. Potansiyel problemleri ve/veya tasarım özelliklerini tanımlamak ve ürün özelliklerini iyileştirmek için araştırma

yapılır. Belirlenen özellikler 39 mühendislik parametresi arasından dönüştürülür ve çelişki durumu belirlenir. Teknik çelişki varsa, çelişki matrisi uygulanır. Çelişen parametrelerin keşiştiği hücrede, ürünü geliştirmek için tasarıma rehberlik edecek yaratıcı ilkeler belirlenir. Eğer bir çelişki durumu yok ise, her yaratıcı ilkeyi uygulamak için tek bir parametre yöntemi uygulanır ve grup tarafından tercih edilen seçilir. Yaratıcı ilkeleri belirleme sonrası ürün tasarımına çözümler aramak üzere beyin fırtınası toplantısı yapılır. Problemleri çözmek ve ürüne ait bileşenleri önermek için çözümler üretilir. Ürün bileşenleri önerme sonrası benzer ürün veya ilgili patentleri tespit amaçlı ürün ve/veya patent taraması yapılır. Benzer ürünler veya patentler varsa bu tasarım çözümünden vazgeçilmeli ve 39 mühendislik parametresine geri dönüp ürün yeniden tasarlanmalıdır. Ürün doğrulaması için bir prototip yapılır. Ürün bileşenlerini doğrulama sonrası patent başvurusu yapılabilir.

### 3. BAZA MAKAS MEKANİZMASI (BAZA SCISSOR SYSTEM– BED LIFT SYSTEM)

Günümüzde ev, otel ve yurtlarda genelde yatak bazaları çok kullanılmaktadır. Şekil 3'te açılabilir bazalarda bulunan baza makas mekanizması görülmektedir. Bu mekanizma hareketli ve sabit baza iskeletlerini birleştirir. Bunlardan her bir bazada St37 DKP sacdan yapılmış iki adet olacak şekilde sağ ve sol yanlarda takım olarak kullanılır. Bu çalışmada küresel mafsallı formunun kullanıldığı yeni bir tasarım konsepti, beyin fırtınası ve TRIZ kullanılarak belirlenmiştir. Böylece baza makas sisteminin daha sağlam (dayanıklı), az hammadde ile yapılan ve düşük maliyette olması/üretimi mümkün olmuştur. Yeni tasarım konsepti oluşturulduktan sonra ayrıntılı boyutlar ve bileşenler arasındaki uyumlu çalışma özenle tasarlanmıştır. Yeni makas sisteminin çalışması kinematik bilgisayar simülasyon yazılımı kullanılarak modellenmiş ve gerilme değerleri belirlenmiştir.



Şekil 3. Mevcut baza makas sistemi

Hammadde tasarrufu, mevcut mekanizmanın çalışma prensibinin bozulmaması için, 'makas alt bağlantı parçası' üzerinde yapılmıştır. Bu parça 530x30x3 mm boyutlarında olup, üzerinde sabit bazaya montajı için slotlu cıvata delikleri bulunmaktadır. Ayrıca bu parça ile hareketli iskelete birleştirilen köşebent parça arasında hareketi sağlayan amortisör ve aynaların bağlantısı için de perçin delikleri yer almaktadır. Geliştirilen yeni mekanizmada 'Makas Alt Bağlantı Parçası', her bir parça 65x50,5 mm ebatlarında ve 3 mm kalınlıklarında üç ayrı özdeş parçadan oluşmaktadır.

#### 3.1. Çözüm Yöntemi (Solution Method)

Merkez alt parçanın geliştirilmesi için, beyin fırtınası ve TRIZ çelişki matrisi birlikte kullanılmıştır. Önce konu uzmanları ile birlikte sistem analizi, beyin fırtınası tekniği kullanılarak yapılmıştır. Arkasından iyileştirilmesi gereken problemin 'makas alt bağlantı parçası boyutlarını azaltma' şeklinde yine beyin fırtınası marifeti ile belirlenmiştir. Bir sonraki adımda grup, 39 mühendislik parametresi üzerinde çalışarak problemi TRIZ problemine dönüştürmüş ve çelişki olup olmadığını araştırmıştır.



Sonuç olarak beyin fırtınası grubu Tablo 4’te verilen mühendislik parametrelerinden iyileşmesi gereken ve kötüleşen faktörlerin sırasıyla ‘8 hareketsiz nesnenin hacmi’ ve ‘14 dayanıklılık, Güç’ olduğuna karar vermiştir. Benzer çelişkilerin 40 yaratıcı ilkeden hangileri kullanılarak çözülebileceği, TRIZ çelişki matrisinden belirlenmiştir (Tablo 4).

**Tablo 4.** TRIZ çelişkiler matrisi ve prensipler

	Kötüleşen faktör	14 Dayanıklılık, Güç
İyileşen faktör		
8 Hareketsiz nesnenin hacmi		9, 14, 17, 15

Tasarımcılara soyut olarak; 9 Öncü karşıt eylem, 14 Küresel yapma, 17 Boyut değişimi ve 15 Dinamiklik yaratıcı ilkelerinden biri ya da birkaçı birlikte çözüm için önerilmektedir.

**9 Öncü karşıt eylem;** İleride oluşabilecek istenmeyen kuvvet/basınca karşı koyacak (azaltabilecek) nesne kullanılması.

**14 Küresel yapma;** Düz parçalar, yüzeyler veya formlar kullanmak yerine eğimli kullanmak, düz yüzeyden küresel yüzeye geçmek, küp şekilli nesneyi top şekilli bir nesneye dönüştürmek.

**17 Boyut değişimi;** Boyutsal değişim.

**15 Dinamiklik;** Bir nesnenin en uygun çalışma koşullarını sağlayacak şekilde tasarlanması. Bir bütünün birbirine bağlı olarak hareket etme yeteneği olan alt parçalara bölünmesi.

### 3.2. Yaratıcı İlkelerin Probleme Uyarlanması (Adapting Creative Principles to the Problem)

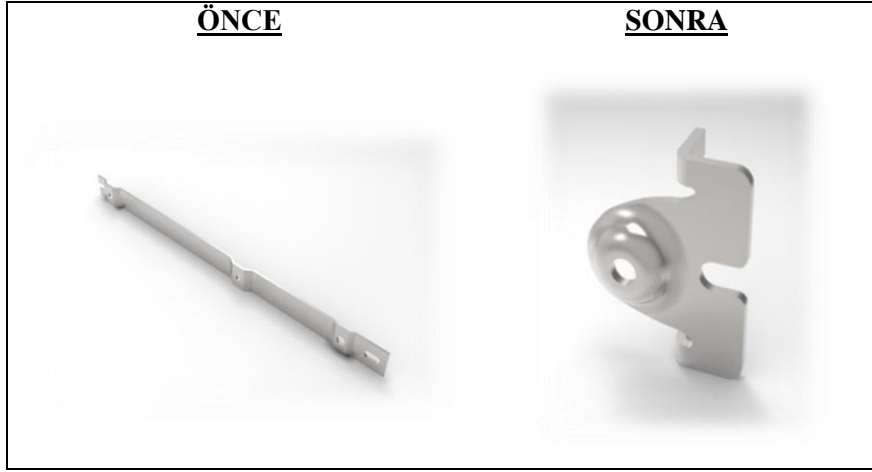
**17 Boyut değişimi:** Tek parça olarak kullanılan mevcut makas alt bağlantı parçasında (530x30x3 mm) hammadde tasarrufu için ölçü değişimleri yapılmıştır. Yeniden boyutlandırılan ‘Makas Destek Parçası’ 65x50,5x3 mm olacak şekilde üç ayrı özdeş parçadan oluşmaktadır (Şekil 4).

**14 Küresel yapma:** Düz hatlı parçalar ve yüzeyler kavisli hale getirilerek yeni bir tasarım yapılmıştır. Böylece düz yüzeylerden küresel yüzeylere geçiş yapılarak metal sac parça mukavemeti artırılmıştır.

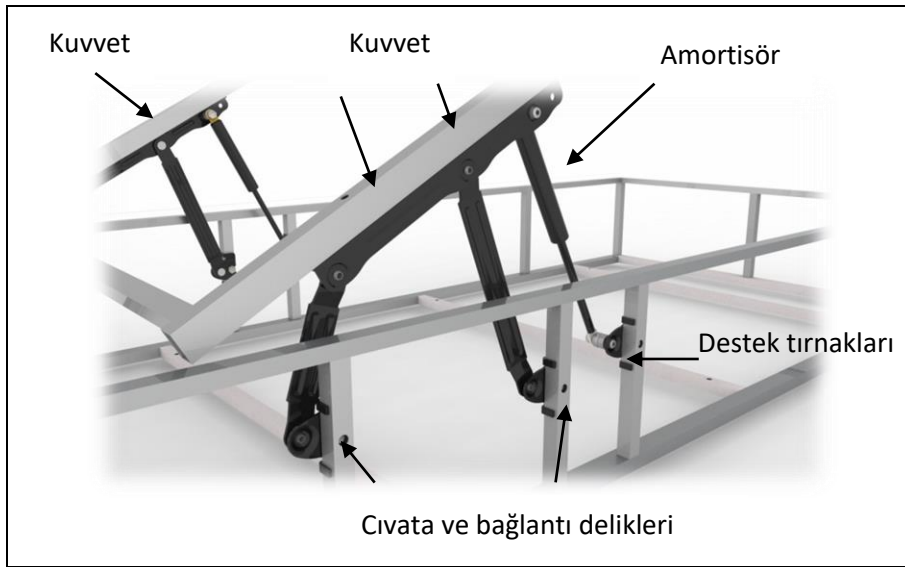
**9 Öncü karşıt eylem:** Mekanizmanın kapatılması için bazanın üst kapağında uygulanan kuvvetleri aşan karşı kuvvetler gerekir. Etki eden kuvvet ‘Makas Alt Bağlantı Parçasının’ bağlı olduğu cıvata deliklerini kesmeye ve ilişkili metal profilleri eğmeye zorlar. İstenmeyen bu kuvvet etkisini azaltmak için de ‘Destek Tırnakları’ yeni mekanizmada yer alır. Ayrıca etki eden kuvvetler düz olan bir parçayı dönme hareketine zorlar. Destek tırnakları ile bu problem de ortadan kalkar (Şekil 5).

**15 Dinamiklik:** Bir bütünü ilişkili hareket yetenekli alt parçalara bölmeyi içerir. Mevcut ‘Makas Destek Alt Bağlantı Parçası’ tek parça saçtan imal edilmiştir ve makas ayna parçaları ile amortisör bu parçaya eş eksenli deliklerden birleştirilir. Bu birleşme şekli yerine yeni tasarlanan parçada her ayna parçası ve amortisör bağlanan birbirine göre hareket edebilen üç ayrı (sağlam) parçaya ayrılması ile daha dinamik bir durum oluşur.

Eski ve uzun süredir kullanan sistem ile bu araştırma kapsamında geliştirilen yöntem ile tasarlanan daha sağlam ve kullanışlı sistem Şekil 4 ve Şekil 5’te açık seçik görülmektedir. Bu yeni tasarım ile imal edilen ürünler hem daha güvenilir hem de daha uzun ömürlü olabilecektir.



Şekil 4. Makas alt bağlantı parçası perspektif görünüşü



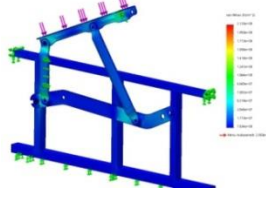
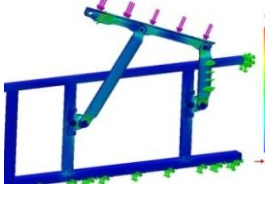
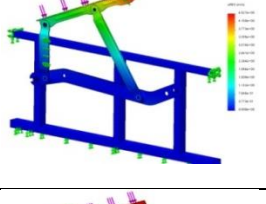
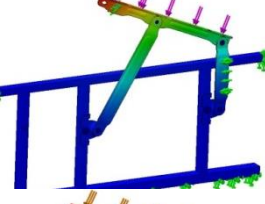

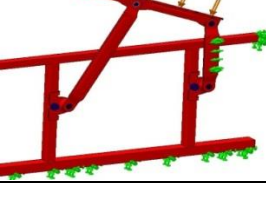
Şekil 5. Yatak bazası metal iskeleti ve yeni tasarım makas mekanizması destek tırnakları

#### 4. ANALİZ VE BULGULAR (ANALYSIS AND FINDINGS)

##### 4.1. Baza Makas sistemi Analizi (Baza Scissors System Analysis)

Analizde, sektörde yaygın olarak kullanılan baza makas sistemi örnek alınmıştır (Tablo 5). Mevcut ve yeni geliştirilen makas mekanizmalarına ait sonlu elemanlar yöntemi ile doğrusal olmayan statik analizleri yapılmıştır. Mekanizmanın baza üst kapağı açık halde iken kapatılması durumunda 750 N büyüklüğünde amortisör kuvvetinin bir saniyede karşılaması (aşması) gerekmektedir. Montaj kesiti sanal ortamda kurgulanarak gerilme, sehim ve emniyet katsayıları belirlenmiştir (Tablo 5). Tablodan da görüldüğü gibi yeni sistemde küresel mafsallardan dolayı, birim alana düşen kuvvet 212 N'dan 122 N'a düşerek 90 N azalmıştır. En büyük sehim değeri köşebentte oluşmakta olup, mevcut sistemde 4.5 mm iken, geliştirilen sistemde aynı nokta oluşan sehim 2.92 mm ye düşmüş ve 1.58 mm daha az sehim oluşmuştur. Gerilme ve sehim değerlerindeki bu iyileşmeler sistemin güvenliğine de yansımıştır. Emniyet katsayısı mevcut sistemde 1,1 iken yeni sistem de 1,9 olarak belirlenmiş ve sistem daha güvenli hale gelmiştir. Tüm bu sonuçlar da araştırmaya kapsamında uygulanan yeni yöntemin etkinliğini göstermektedir.

**Tablo 5.** Mevcut ve yeni baza mekanizmaların gerilme, sehim ve emniyet katsayısı karşılaştırması

Faktör	Mevcut makas	Geliştirilen makas	Açıklama	İyileşme %
Gerilme			<b>Mevcut:</b> Maksimum gerilme <b>212 Mpa</b> amortisör bağlantı deliğinde oluşmaktadır. <b>Yeni:</b> Aynı noktada <b>122 Mpa</b>	<b>42</b>
Sehim			<b>Mevcut:</b> Maksimum sehim köşebentte oluşmakta ve <b>4.5 mm</b> <b>Yeni:</b> Aynı noktada <b>2,92 mm</b>	<b>35</b>
Emniyet katsayısı			<b>Mevcut:</b> 1.1 <b>Yeni:</b> 1.9	<b>74.5</b>

#### 4.2. Baza Alt Destek Parçası (Bottom Support Part of Baza)

Baza makas mekanizmasındaki hareketsiz cismin hacminde yapılan iyileşmenin ağırlığa dönüştürülmüş hali Tablo 6'da verilmiştir.

**Tablo 6:** Baza makas mekanizmasında önce, sonra ve fark bilgileri

No	Mevcut Makas Mekanizması	Kalınlık(mm)	Önce Ağırlık-gr	Sonra Ağırlık- gr	Fark Ağırlık-gr
1	Küçük Ayna	3	112	112	---
2	Büyük Ayna	3	212	212	---
3	Köşebent Parça	2.5	272	272	---
4	Makas Alt Destek Parçası	3	410	174	236
Toplam			1006	770	236

Mevcut makas mekanizması montaj hali ağırlık olarak ele alındığında (yalnızca metal saclar) toplamda 1006 gr gelmektedir. Baza yatağında sağ ve sol olmak üzere toplamda 2 adet mekanizma kullanılmakta olup bunlara bir takım adı verilmektedir. Böylece bir takımındaki toplam tasarruf  $2 \times 236 = 472$  gr olarak belirlenmiştir. Bu değer seri üretimde ve çok sayıda parçada ne kadar önemli olduğu açıktır.

#### 4.3. Takım Mekanizma Maliyeti (Tooling Mechanism Cost)

Mevcut mekanizma takımı boyama ve montaj işçiliklerinde de %23 oranında tasarruf sağlanmıştır. Bu mekanizmanın yatak bazalarında kullanılmasıyla baza metal iskeletlerinden de ikişer adet 225 – 250 mm boyunda 20x20x0,9 profiller de çıkarılmaktadır (tasarruf sağlanan toplam maliyet 1,125 TL). Bu profiller mevcut mekanizmanın alt destek bağlantı parçasına destek sağlamakta olup ve yeni tasarımda bu profiller gerek duyulmamaktadır. Böylece Bazada toplam ağırlık azalması 688 gr ve toplam maliyet kazancı ise yaklaşık 4,00 TL (makas takımı için 2,76 ve profillerden 1,125 TL) olarak hesaplanmıştır

Türkiye Odalar Borsalar Birliği (TOBB) sanayi veri tabanından alınan bilgiye göre sırası ile Kayseri ve Türkiye “yatak destekleri (yaylı veya çelik tel ağılı ahşap veya metal iskeletler, ahşap latalı döşenmiş somya bazaları, divanlar dahil üretim kapasitesi” 4,735,424 ve 17,849,486 adettir [21]. Bu ürünlerin minimum %70’inde ise makas sistemi kullanılmaktadır [21]. Makale kapsamında tanıtılan yeni tasarımın bu somya bazalarında kullanılması halinde yıllık elde edilecek maddi kazanç ve malzeme tasarrufu Tablo 7’de ayrıntılı olarak gösterilmiştir. Böylece araştırmada uygulanan yeni ve inovatif tasarım çözümleri verecek yöntemlerin ne denli etkin ve güçlü olduğu anlaşılmaktadır.

**Tablo 7.** Kayseri ve Türkiye baza üretim kapasitesine göre yıllık tasarruf (4,00 TL/adet esas alınarak)

Sıra	Üretim yeri	Üretim miktarı (adet/yıl)	Toplam kazanç (TL/yıl)	Malzeme tasarrufu (ton/yıl)
1	Kayseri	3,300,000	13,200,000,00	2270.40
2	Türkiye	12,500,000	50,000,000,00	8600

## 5. SONUÇ (CONCLUSION)

Tasarım sürecinde, beyin fırtınasını ve TRIZ’in birlikte kullanılabilirliği gösterilmiştir. TRIZ ile beyin fırtınası birlikte teknolojilerde ve diğer alanlarda da yaratıcı problem çözme için yapısal bir metodoloji sunmaktadır. Tasarımcı, müşteri ihtiyaç ve beklentilerini karşılamak üzere, bu iki tekniğin birlikte kullanılması halinde hem bir ekibin kolektif (müşterek) düşünme ve fikirler geliştirmesinden hem de çok büyük bir patent çözümündeki bilgi/tecrübe birikiminden faydalanabilir. Bu sayede, yeni ürün geliştirme sürecinde önemli çelişkileri giderebilecek bir tasarım çözümüne ulaşması mümkün olabilir. Yeni ürün tasarımı ya da geliştirilmesi tekniklerin birlikte kullanımı ile daha iyi, daha hızlı ve daha düşük maliyette olabilmektedir. Makalede bu yöntem kullanılarak yapılan yeni bir baza makas kaldırma sistemi daha güvenli, daha düşük maliyette ve ağırlıkta geliştirilmiştir. Yeniden tasarlanarak boyutlandırılan baza makas kaldırma sistemi güvenilirliğinde yaklaşık %73 artma, ağırlığında %23.5 azalma ve maliyetinde ise %33 azalma sağlanmıştır. Bu sonuçlar da araştırma kapsamında geliştirilen yöntem ve bu kullanılarak örnek tasarımın ne denli etkin ve etkileyici olduğunu göstermektedir. Tanıtılan bu yöntem kullanımı konusunda tecrübe kazanılması ile zamanla çok daha özgün ve mükemmel tasarımlar yapılabilecektir. TRIZ halihazırda tüm dünyada ve hemen hemen bütün büyük/önemli firmalar tarafından hem tasarım hem de ürün geliştirme amacı ile kullanılmaktadır (ülkemizde bu konu yeni yeni tanınmaktadır). Bu yöntemin bir de beyin fırtınası yöntemi ile birleştirilmesi ve tasarım çözümlerinde kullanılması bütünlük yöntemleri olarak daha mükemmel çözümler sağlayabilecektir.

Bu araştırma kapsamında TRIZ araçlarından sadece Çelişki Matrisi ve 40 yaratıcı çözüm prensibi ele alınmış ve kullanılmıştır. Ancak TRIZ araçları bu yöntemden çok daha fazla ve karmaşık yöntemleri de içermektedir. Bundan sonra ve bu araştırmanın devamı mahiyetinde yapılacak çalışmalarda başka TRIZ araçları da (Madde alan analizi, 76 standart çözüm prensibi, ARIZ, BIOTRIZ gibi) incelenecek ve tasarım sürecine dahil edilmeye çalışılacaktır.

## TEŞEKKÜR (ACKNOWLEDGEMENTS)

TOBB-Sanayi Veri tabanından verilerin titizlikle seçilerek alınmasında katkı sağlayan Kayseri Sanayi Odası yetkilileri ve çalışanlarına teşekkür ederiz.

## KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Terninko J, Zusman A, and Zlotin B., Systematic innovation: an introduction to TRIZ (theory of inventive problem solving), CRC press, ISBN 9781574441116, Published April 15, 1998.
- [2] Montecchi T and Russo D, Knowledge based approach for formulating TRIZ contradictions, Procedia engineering, 131, 451-463, 2015.
- [3] Altshuller G., 40 principles, TRIZ keys to innovation: Technical Innovation Center, Inc., 2002,

- [4] Retseptor G, 40 inventive principles in quality management, The TRIZ Journal, 2003.
- [5] Wits WW, Vaneker TH, and Souchkov V, editors. Full immersion TRIZ in education. Proceedings of the 10th ETRIA World Conference; 2010.
- [6] Harlim J and Belski I, Learning TRIZ: Impact on confidence when facing problems, Procedia engineering, 131, 95-103, 2015.
- [7] Vincent JF, Bogatyreva OA, Bogatyrev NR, Bowyer A, and Pahl A-K, Biomimetics: its practice and theory, Journal of the Royal Society Interface, 3, 471-482, 2006.
- [8] Bariani PF, Berti GA, and Lucchetta G, A combined DFMA and TRIZ approach to the simplification of product structure, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture, 218, 1023-1027, 2004.
- [9] Ensarioğlu C, Çakır MC, and Çavdar K, editors. Yenilikçi yaratıcı problem çözme tekniğinin (TRIZ) montaj için tasarım alanına uygulanması. TİMAK-Tasarım ve İmalat Analiz Kongresi; Balıkesir-Türkiye, 26-28 Nisan 2006.
- [10] Mayda M and Borklu HR, Development of an innovative conceptual design process by using Pahl and Beitz's systematic design, TRIZ and QFD, Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing, 8, 1-12, 2014.
- [11] Mayda M and Börklü H, Yeni ve inovatif bir kavramsal tasarım işlem modeli ile su filtresi tasarımı, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji, 2, 169-180, 2014.
- [12] Mutlu H and Yapanmış BE, Design of a New Bed Base Mechanism System, Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi, 9, 64-72, 2017.
- [13] Osborn AF., Applied imagination(Revised edition). New York: Charles Scribner's Sons Press, 1957.
- [14] Altshuller G., The innovation algorithm: TRIZ, systematic innovation and technical creativity: Technical innovation center, Inc., 1999.
- [15] Jovanović D, Petković D, and Banić M, TRIZ method application in development of a solar tracker, Journal of Mechanical Engineering Design, 12, 41-50, 2009.
- [16] The Altshuller Institute TRIZ studies. What is TRIZ?, 14-April 2012, Available from: [http://www.aitriz.org/index.php?option=com\\_content&&task=view&id=18&Itemid=32](http://www.aitriz.org/index.php?option=com_content&&task=view&id=18&Itemid=32).
- [17] Skir J, TRIZ puzzles and examples: part 1, the tiny car, The TRIZ Journal, 1998.
- [18] Shulyak L, Three steps for solving an inventive problem, in 40 principles-TRIZ keys to technical innovation, TRIZ tools, Vol. 1, Technical Innovation Center, The TRIZ Journal, 107-108., 2001.
- [19] TRIZ 40 Principles. [20-June-2019]; Available from: [http://www.triz40.com/aff\\_Principles\\_TRIZ.php](http://www.triz40.com/aff_Principles_TRIZ.php).
- [20] Lin S.Y. and Wu C.T., Application of TRIZ inventive principles to innovate recycling machine, Advances in Mechanical Engineering, DOI: 10.1177/1687814016647303, 8, 1-8, 2016.
- [21] TOBB Sanayi Veritabanı. Haziran 2019, Available from: [http://sanayi.tobb.org.tr/index\\_pass.php](http://sanayi.tobb.org.tr/index_pass.php). (Erişim Tarihi: 15.06.2019)