T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

POLİMERİK İMPLANT KULLANIMINDA KARŞILAŞILAN PROBLEMLERİN YARATICI PROBLEM ÇÖZME TEORİSİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

ŞERİFE ÖZTÜRK

YÜKSEK LİSANS TEZİ
METALURJİ VE MALZEME MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
MALZEME PROGRAMI

DANIŞMAN
DOÇ. DR. CEM AKÇA

İSTANBUL, 2019

T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

POLİMERİK İMPLANT KULLANIMINDA KARŞILAŞILAN PROBLEMLERİN YARATICI PROBLEM ÇÖZME TEORİSİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Şerife Öztürk tarafından hazırlanan tez çalışması 18/07/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Doç. Dr. Cem AKÇA

Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Doç. Dr. Cem AKÇA

Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Doç. Dr. Hale BERBER

Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Dr.Öğr.Üyesi Kadriye KIZILBEY

Yeni Yüzyıl Üniversitesi _____

ÖNSÖZ

Bu çalışmada, dijitalleşen dünyanın hızına ayak uydurmak için problemlere daha hızlı çözümler bulmamızı sağlayan/sağlayacak olan yöntemlerden biri olan TRIZ yöntemi ile bir değerlendirme yapılmaktadır.

Tez çalışma sürecinde benden desteğini esirgemeyen ve her zaman yanımda olan aileme teşekkürlerimi sunarım.

Temmuz, 2019

Şerife ÖZTÜRK

İÇİNDEKİLER

Sayfa

SİMGE LİSTESİ vi

KISALTMA LİSTESİ vii

ŞEKİL LİSTESİ viii

ÇİZELGE LİSTESİ ixviii

ÖZET ix

ABSTRACT xii

BÖLÜM 1

GİRİŞ 1

1.1 Literatür Özeti 1
1.2 Tezin Amacı 4
1.3 Hipotez 4

BÖLÜM 2

TRİZ : YARATICI PROBLEM ÇÖZME TEORİSİ 5

2.1 Genrich Saulovich Altshuller 5
2.2 Yaratıcı Problem, Yaratıcı Düşünce, Yaratıcı Buluş 6
2.3 Teknik Sistemler 8
2.4 İdeallik 9
2.5 Triz ile Problem Çözme Teorisi 10
2.5.1 Çelişkiler Matrisi 11
2.5.2 Ayrılık Prensipleri 25
2.5.3 Madde-Alan Analizi 26
2.5.4 Yaratıcı Problem Çözme Algoritması (ARIZ) 36
2.5.5 76 Standart Çözüm ile 40 Buluş Prensibinin Eşleştirimesi 36

BÖLÜM 3

BİYOBOZUNUR RAHİM İÇİ ARAÇLAR VE KARŞILAŞTIRILMASI 40

3.1 Rahim İçi Araç Tanımı 40
3.2 TCu380A Rahim İçi Aracın Yapısı ve Özellikleri 41
3.3 Bakır Rahim İçi Araçların Karşılaştırılması 42
3.3.1 TCu380A RİA ve TCu200 RİA'ın Karşılaştırılması 43
3.3.2 TCu380A RİA ve TCu220 RİA'ın Karşılaştırılması 46
3.3.3 TCu380A RİA ve Multiload Cu375 RİA'ın Karşılaştırılması 49
3.3.4 Kaplamalı ve Kaplamasız TCu380A RİA'ın Karşılaştırılması 51

BÖLÜM 4

SONUÇ VE ÖNERİLER 54

KAYNAKLAR 63

ÖZGEÇMİŞ 68

SİMGE LİSTESİ

A	PLGA numunesinin yüzey alanı
A_k	Kaplama yapılacak alan
$A_{TCu380A}$	Kaplama yapılacak TCu380A yüzey alanı
A_{toplam}	PLGA numunesinin toplam yüzey alanı
d	PLGA yoğunluğu
h	PLGA kalınlığı
h_k	Kaplama kalınlığı
L	T çubuk gövdesindeki bakır kaplama uzunluğu
r	PLGA numunesinin yarıçapı
r_t	T çubuk yarıçapı
W	PLGA kalınlığı
W_k	Kaplama kalınlığı
x	Çözünen PLGA miktarı
y	PLGA'nın çözünme süresi

KISALTMA LİSTESİ

ARIZ	Algorithm for Inventive Problem Solving
Au	Altın
F	Maddelere etki eden enerji kaynağı veya alan
IUD	Intra Uterine Device
K	Mükemmellik
Pd	Paladyum
PLGA	Poly Lactic-co-Glycolic Acid
RİA	Rahim İçi Araç
SEM	Scanning electron microscopy
SUS	Simulated Uterine Solution
S1	Etki edilen nesne veya madde
S2	Etki eden nesne veya madde
TRIZ	Teorya Resheniya Izobreatatelskik Zadatch

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2. 1 İdeallik seviyesi 9
Şekil 2. 2 Triz'in problem çözme yöntemi 10
Şekil 2. 3 Triz'in temel yapısı 10
Şekil 2. 4 Teknik ve fiziksel çelişkilerin karşılaştırılması 11
Şekil 2. 5 Minimum teknik sistem 26
Şekil 2. 6 Madde-Alan analiz diyagramı 28
Şekil 2. 7 Madde-Alan analizindeki bağlantılar 29
Şekil 2. 8 Madde-Alan modelinin tamamlanması 30
Şekil 2. 9 Zararlı bütün sistemler 30
Şekil 2.10 Modele, farklı bir madde yada alan eklenmesi 31
Şekil 3. 1 Bakır rahim içi aracın SEM görüntüsü 41
Şekil 3. 2 TCu380A görünümü 42
Şekil 3. 3 TCu200 görünümü 43
Şekil 3. 4 TCu220 görünümü 46
Şekil 3. 5 Multiload Cu375 görünümü 49
Şekil 3. 6 Kaplamalı ve kaplamasız TCu380A RİA'ın karşılaştırılması 52
Şekil 3. 7 TCu380A RİA 'ın üzerindeki kaplamanın SEM mikroskop görüntüleri 52
Şekil 3. 8 Kaplanmış ve kaplanmamış TCu380A RİA'dan bakır salınım miktarı 53
Şekil 4. 1 Rahim içi araçlar 54
Şekil 4. 2 Çelişkiler matrisinden 40 buluş prensibi seçimi 56
Şekil 4. 3 PLGA çözünüm miktarı 58

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2. 1 Problem türleri 6
Çizelge 2. 2 Yaratıcı süreç diyagramı 7
Çizelge 2. 3 Ulaştırma teknik sisteminin alt sistemleri 8
Çizelge 2. 4 39 mühendislik kriteri 12
Çizelge 2. 5 40 buluş prensibi 14
Çizelge 2. 6 Alan örnekleri 29
Çizelge 2. 7 76 standart çözüm 32
Çizelge 2. 8 Ariz'in 9 seviyesi 36
Çizelge 2. 9 40 buluş prensibi ve 76 standart çözümün karşılaştırılması 37
Çizelge 3. 1 TCu380A ve TCu200 kullanan kadınların genel özellikleri 44
Çizelge 3. 2 Bildirilen olumsuz değişiklikler 44
Çizelge 3. 3 İlk yıl içerisinde iltihap ve enfeksiyon raporlayan denekler 45
Çizelge 3. 4 12 ay sonunda devam eden ve ayrılan denek durumu 45
Çizelge 3. 5 TCu380A ve TCu220 kullanan kadınların genel özellikleri 47
Çizelge 3. 6 İlk yıl içerisinde iltihap ve enfeksiyon raporlayan denekler 48
Çizelge 3. 7 12 aylık izleme sırasında adet döngüsü şikayeti bildiren denekler 48
Çizelge 3. 8 12 ay sonunda devam eden ve ayrılan denek durumu 48
Çizelge 3. 9 Deneklerin yaş ortalaması 50
Çizelge 3. 10 Her iki çalışma grubundaki adet süreleri 50
Çizelge 3. 11 Her iki çalışma grubundaki RİA yerleştirilmesinden sonraki adet süresi değişikliği 50
Çizelge 3. 12 Her iki çalışma grubtaki kullanılan ped sayısı 51
Çizelge 3. 13 Her iki çalışma grubundaki RİA yerleştirilmesinden sonraki kullanılan ped sayısı değişikliği 51
Çizelge 4. 1 Çelişkiler matrisi çözüm önerileri 56
Çizelge 4. 2 TRIZ yöntemi ve deneysel yöntemin karşılaştırılması 59
Çizelge 4. 3 Zaman tasarrufunun hesaplanması 61
Çizelge 4. 4 Personel tasarrufunun hesaplanması 62

ÖZET

POLİMERİK İMPLANT KULLANIMINDA KARŞILAŞILAN PROBLEMLERİN YARATICI PROBLEM ÇÖZME TEORİSİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

Şerife ÖZTÜRK

Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Cem AKÇA

Çözümü bilinmeyen, yaratıcılık/yenilikçilik gerektiren, çelişki içeren problemler yaratıcı problem olarak adlandırır. Çelişki, sistem içinde bir özelliğin iyileşirken bir özelliğin kötüleşme durumudur.Çelişkiyi gidermek için geleneksel çözümlerde deneme yanılma yöntemi kullanılır. TRIZ (Teorijz Rezhenija Izobretatel'skich Zadach) Yaratıcı Problem Çözme Teorisi Genrich Altshuller isimli Rus mühendis tarafından geleneksel çözümlere karşı çıkması sonucu yaptığı çalışmalar sonucunda bulunmuştur. Farklı alanlardaki 200,000 patent üzerinde yapılan çalışma sonucunda aynı tip problemlerin tekrar tekrar 40 temel yaratıcı prensipten biri ile çözüldüğü görülmüştür. TRIZ belirli bir problem için çözüm bulmayı amaçlayan tasarım yöntemlerinin aksine, problemin özet probleme dönüşümünün organize edilmesidir . Böylece düşünme ve araştırma dönemi küçülür ve hızlı bir şekilde çözüm bulunur. TRIZ ile problem çözümünde, çelişkiler matrisi, ideallik, madde-alan analizi, 76 standart çözüm gibi pek çok metot sunulmaktadır.

Bakır rahim içi araçlar ilk kez 1970'lerde kullanılmaya başlanmıştır. Bu araçlar doğum kontrolü sağlarken ağrı, şiddetli kanama, iltihaplanma gibi yan etkileri olmuştur. Araçların kullanım süresi arttırmak, doğum kontrolünü arttırmak ve yan etkilerini azaltmak için pek çok test yapılmıştır. Bu doğrultuda farklı bakır miktarlarına ve geometriye sahip rahim içi araçlar geliştirilmiştir. Günümüzde TCu380A en yaygın

kullanılan rahim içi araçtır ve aracın yan etkilerini azaltmak için çalışmalara devam edilmektedir.

TCu380A rahim içi aracın en yaygın yan etkilerinin, kullanımın ilk aylarında gözlemlenen pelvik ağrılar ve şiddetli kanama olduğu görülmüştür. Kullanımın ilk ayındaki bakır salım miktarının yüksek olması bu yan etkilere neden olmaktadır.

Bu çalışmada, bakır salım miktarını kontrol altına almak için TRIZ yönteminden faydalanılmıştır. Gebelik önleme oranını arttırmak için bakır miktarının yüksek olması fakat pelvik ağrı, kanama gibi yan etkilerin azalması için bakır miktarının düşük olması gerekmektedir. Bu çelişkiden yola çıkılarak TRIZ'in "Çelişkiler Matrisi" yöntemi kullanılmış çözüm önerileri değerlendirilmiştir. Matris yardımı ile bulunan 40 buluş presibinden uygun olan metot TCu380A rahim içi araca uygulanmıştır. Bu doğrultuda TCu380A rahim içi araca biyobozunur kaplama yapmaya karar verilmiştir. Seçilen biyobozunur malzemenin bozunma hızı ve kaplama yüzey alanından yola çıkılarak 0,2mm kalınlığında kaplama yapılması gerektiği hesaplanmıştır. Yan etkilerin azaltılması için yapılan deneysel çalışmaların sonuçları ve TRIZ'in çelişkiler matrisi ile bulunan sonuçlar karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda TRIZ yönteminin, zaman, maliyet ve iş gücü kazanımı sağladığı görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: TRIZ, Yaratıcı problem çözme teorisi, bakırlı rahim içi araçlar, çelişkiler matrisi, TCu380A.

ABSTRACT

THE EVALUATION OF PROBLEMS IN THE USE OF POLYMERIC IMPLANT WITH CREATIVE PROBLEM SOLVING THEORY

Şerife ÖZTÜRK

Department of Metallurgy and Materials Engineering

MSc. Thesis

Adviser: Assoc. Prof. Cem AKÇA

Problems that have contradiction, need creativity/innovation and without solutions are creative problems. The contradiction is the deterioration of a property in the system while a feature is improving. In order to solve the contradictions, the traditional solution uses trial and error method. TRIZ (Teorijz Rezhenija Izobretatel'skich Zadach) The Theory of Creative Problem Solving was found by the Russian engineer Genrich Altshuller as a result of his efforts to oppose the traditional solutions. At the end of the study on 200,000 patents in different areas the same type of problems were repeatedly solved by one of the 40 basic creative principles. TRIZ is organizing the transformation of the problem to the summary problem, unlike design methods that seek to find a solution to a specific problem. Thus, the period of thinking and research becomes smaller and the solution is found quickly. Problem solving with TRIZ presents many methods are such as contradictions matrix, ideals, Su-Field Analysis and 76 standard solutions.

Copper intrauterine devices were first introduced in the 1970s. These intrauterine devices have had side effects such as pain, severe bleeding or inflammation while providing birth control. Many tests have been carried out to increase the duration of use of the devices, increase contraception and reduce side effects. In this respect, intrauterine devices with different amounts of copper and geometry have been developed. Today, the TCu380A is the most widely used intrauterine device and studies are under way to reduce the side effects of the device. In this study, TRIZ method was

used to control the amount of copper release. The amount of copper should be high to increase the rate of prevention of pregnancy and it should be low to decrease the side effects such as pelvic pain and bleeding. Based on this contradiction, “Contradictions Matrix” of TRIZ method was used to evaluate the solutions. The appropriate method of the 40 inventive principles was applied to the intrauterine device TCu380A. Accordingly, it was decided to coat a biodegradable material on the TCu380A intrauterine device. Based on the degradation rate of the selected biodegradable material and the coating surface area, it was calculated to coat 0.2mm thickness. The results of the experimental studies for reducing the side effects and the results of the contradictions matrix of TRIZ were compared. As a result of the comparison, it is seen that TRIZ method provides time, cost and labor gain.

Keywords: TRIZ, Creative problem solving theory, copper intrauterine devices, contradictions matrix, TCu380A.

BÖLÜM 1

GİRİŞ

1.1 Literatür Özeti

2011 yılında Evila Melgoza ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada kişiye özel trakeal stent'lerin tasarımında fiziksel çelişkileri eşleştirerek yeni bi şekil oluşturmak için TRIZ yöntemini kullanmışlardır. Biyouyumlu, kendi hareket etmeyen, dinamik, hastanın trekeası ile eşleşen, takma çıkartması kolay bir trekeal stent dizayn edilmesi amaçlanmıştır. Çelişkiler matris yardımıyla, 40 yaratıcı buluştan madde 35'in geliştirilmesi gereken özellikler ile daha da kötüye giden özellikler arasında bir denge bulmaya yardımcı olacağını göstermişlerdir. Sonuç olarak trekeanın doğal şekline benzeyen " D şekilli", arka duvarda kas trekeal duvar ile temas eden, azaltılmış miktarda malzeme ve her kenarda veya halkada yuvarlatılmış şerit bulunan bir stent kullanılabileceğini söylemişlerdir [40].

Schönberg ve arkadaşları 2016 da yaptıları derlemede plastik tıbbi cihaz tasarımına TRIZ'in etkilerini incelmişlerdir. TRIZ yaklaşımı ile ilk olarak problem, yararlı fonksiyonlar, istenmeyen özellikler, ilişkili maddeler ve saha kaynakları olarak bölünmüştür. İkinci olarak problem, gerekli işlevselliği özetlemek ve temel çelişkileri bulmak için üst sistem ve kısmi sistemler ile bağlantılandırılır. Böylece çelişkiler matrisi ve 40 buluş prensibi ilkesinin kullanımı sağlanmıştır. Sonuç olarak yenilikçi problem çözme yöntemleri ile daha az deneme ve hata aşamasıyla çözüm bulunduğu görülmüştür [39].

Abramov ve arkadaşları 2015 de yaptığı çalışmada, TRIZ tabanı yöntemlerin kimya endüstrisi için uygun olduğunu götermeyi amaçlamışlardır. 2007 ve 2014 arasında GEN3 Partners tarafından başarı ile gerçekleştirilen 225 TRIZ danışmanlık projesinden kimyasal sorunların analiz edildiği veya kimyasal çözümlerin üretildiği projeler analiz edilerek

TRIZ'in kimya endüstrisine uygulanabilirliği incelenmiştir. Bir gıda ürünündeki algılanan tuzu azaltmadan tuz miktarını azaltma problemin çözünümünün TRIZ yöntemleri ile yapılabileceği görülmüştür. Topraktaki mikro kapsüllenmiş agrokimyasal uygulama etkinliği arttırmanın, ugulamadan sonraki birkaç gün içinde çevreye verdiği yüksek zarar probleminin TRIZ ile çözüldüğü görülmüştür [41].

Ya Chieh Li ve arkadaşları 2013 de yaptıları çalışmada mikrobiyal elektroliz hücresinin verimliliğini arttırmak için TRIZ yöntemini kullanmayı amaçlamışlarıdır. Yüksek verimlilik dönüşümü, yüksek biyohidrojen verimi gibi iyileştirilmesi gereken özellikler için TRIZ'in çelişkiler matris ve 40 yaratıcı buluş kullanılmıştır. 40 yaratıcı buluştan madde 21, 20, 31 ve 33 tavise edilmiştir ve 20 ile 31 uygulanmıştır. Çalışma sonunda mikrobiyal elektroliz hücresinin verimliliğini arttığı gözlemlenmiştir [56].

Junghwan Kim ve arkadaşları 2009 yılında yaptıkları çalışmada kimyasal işlem tasarımında güvenliği artırmak için TRIZ'in 39 parametresinden faydalanarak değiştirişmiş bir TRIZ yöntemi geliştirmeyi amaçlamışlardır. TRIZ genel bir metodolojin olduğunu için geniş bir alanı kapsar , bu çalışmada 39 parametre kimyasal kazaların ana nedenleri olan mekanik, operatör, süreç, tasarım, doğal tehlike ve malzeme olarak 6 katagoride yeniden düzenlenmiştir. Yeniden düzenlenen TRIZ örtülü reaktör ve polietilen reaktörde test edilmiştir. İki çalışma içinde TRIZ 'in çelişkiler matrisinden iyileşen ve kötüleşen özellikler seçilmiş ve tavsiye edilen 40 buluş prensibi/prensipleri ile çözüme ulaşıldığı görülmüştür. Çalışmalar sonunda kimyasal işlem güvenliği problemlerini çözmede uyumlu bir yöntem olduğu görülmüştür [57].

Barbara Motyl ve arkadaşlarının 2014 yılında yaptığı çalışmanın amacı tibbi cihaz tarasımında C-K teorisi ve TRIZ'in entegrasyonunu sunmaktır. Diz implantı tasarımını iyleştirmek için farklı cinsiyetler için farklı antropometrik tiplerde implantlar ve daha fazla hareket imkanı sağlayan implantlar tasarlanması gerektiği düşünülmüştür. Daha doğal diz implantı için C-K haritası gerçekleştirilmiştir. Ardından TRIZ'in Fonksiyonel Analiz ve Yaratıcı Prensipler gibi araçları ile analiz edilmiştir. Sistemin idealliği arttırma eğilimi düşünüldüğünde normal bir dizin hareketini simüle etmek için çoklu eğrilik merkezi sağlaması gerektiğine karar verilmiştir. Bu doğrultuda sagital düzlemdeki femur kondilinin geometrisi, tek eğrilik yarıçapından iki, üç parçalı yarıçapa geliştirilmiş ve çok parçalı yarıçapa yönlendirilmiştir [58].

Alessandro Baldussu ve arkadaşları 2015 yılında yaptıkları çalışmada doğal fonksiyonları mühendislik odaklı bir bakış açısına göre yeniden indeksleyerek, işlevsel bir sınıflandırmaya göre düzenlenmiş biyomimetik veritabanlarının kullanılabilirliğini geliştirmeyi amaçlamamışlardır. TRIZ'in teknik sistemler aracında faydalanarak Biyomimikri Taksonomisi oluşturmuşlardır. Biyomimikri Taksonomisi ile karşılaştırılmış ve mevcut mühendislik eşleşmeleri ile çalışmakta olan NIST Fonksiyonel Temel ve OTSM-TRIZ fonksiyon modeli olmak üzere iki referans mühendislik fonksiyonel modelleme tekniğini ele almışlardır. Her iki fonksiyonel modelleme sistemi, yaratıcı tasarım sürecinde bir ilham kaynağı olarak AskNature biyolojik fonksiyon koleksiyonuna erişime izin vermektedir. Oluşturulan Biyomimikri Taksonomisi ile çözüm yoluna gidileceği görülmüştür.

Vlastimir Nikolic ve arkadaşlarının 2016 da yaptıkları çalışmanın amacı rüzgar türbinlerin en iyi özelliklerle ve en yüksek verimle yapmak için yenilikçi rüzgar türbini tasarımını TRIZ teorisi ile incelemek ve ortaya çıkan teknik çelişkileri ortadan kaldırmak için TRIZ yönetemini kullanmaktır. Rüzgar türbininde iyileştirilmek istenen özellikler belirlenmiştir ve bunlara karşılık kötüleşen özellikler belirtilmiştir. TRIZ'in çelişkiler matrisi yardımı ile uygun buluş prensip/prensipleri belirtilmiştir. Matrise göre çözüm önerisi için 13 farklı çözüm önerisi (1. Kısmi veya aşırı eylemler - 2.Pnömatik ve hidrolik - 3.Bölümlendirme - 4.Çıkarma - 5.Geri bildirim - 6.Dinamikler - 7.Evrensellik - 8.Başka bir boyut - 9.Kopyalama - 10.Kompozit malzemeler -11.Esnek kabuklar ve ince filmler - 12.Parametre değişiklikleri - 13.Yerel kalite) belirlenmiştir. Rüzgar türbin sisteminin son tasarımının sırasıyla 13 buluş prensibine göre üretilebileceği gösterilmiştir [59].

Didier Casnera ve arkadaşları 2015 de yaptıkları çalışmada TRIZ optimizasyon araçlarını mekatronik cihazların ön tasarım aşamasına entegre ederek performanslarını ve/veya fonksiyonlarını iyileştirmeyi amaçlamışlardır. Bir LASER kesicinin iyileştirilmesi için TRIZ yaratıcı tasarım yaklaşımından geliştirilen, mekanik düzenler oluşturmak için optimizasyon temelli bir tasarım yaklaşımı kullanılmıştır. Deneme sonuçlarına göre en iyi sonucun, basit dişli kutulu konveyör - 10kW DC motor - PI hız kontrolörü olduğu görülmüştür. TRIZ çelişkiler matrisine göre elektirik gücü ile sistemin hızı arasında bir uzlaşmaya gidildiğinde 28 numaralı buluş prensibi uyarınca aktüatörleri manyetik veya pnömatik sistemlerle değiştirerek çözüme ulaşılacağı belirtilmiştir [60].

1.2 Tezin Amacı

Bakır rahim içi araçların bugüne kadarki gelişimini ve değişiminin karşılaştırılarak, ilerleme sürecinde TRIZ metodundan faylanılarak gelişim sürecinin, gelişim sürecini hızlandırıp hızlandırmayacağının incelenmesi. Bu karşılaştırma sonunda kullanımı en uygun bakır rahim içi araca karar vermek. En yaygın kullanıma sahip olan TCu380A'nın yan etkilerinin iyileştirilmesi için geliştirilmiş yöntemin TRIZ ile değerlendirilmesi.

1.3 Hipotez

TCu380A rahim içi aracın kullanımında oluşan çelişki ve yan etklerinin iyileştirilmesinde/ortadan kaldırılmasında TRIZ'in çelişkiler matrisi metodu ve 40 buluş prensibi kullanılarak çözüme daha hızlı ulaşılması hedeflenmektedir. Deneysel yöntemler ile geliştirilen bakır rahim içi araçların, maksimum düzeyde doğum kontrolü ve minimum düzeyde yan etkiye sahip en uygun çeşitinin "Yaratıcı Problem Çözme Tekniği " ile bulunması öngörülmektedir. TRIZ'in buluş prensip/prensiplerinden faydalanarak TCu380A rahim içi araç üzerine biyobozunur bir polime kaplama yapılarak kontrollü bakır salımı sağlanması ve böylece gebelik önlenirken yan etkilerin azaltılması planlanmaktadır.

BÖLÜM 2

TRIZ: YARATICI PROBLEM ÇÖZME TEORİSİ

TRIZ , Ruşça Teoriya Resheniya Izobreatatelskikh Zadatch kelimelerinin baş harflerinden oluşur ve “Yaratıcı Problem Çözme Teorisi" nin kısatmasıdır. 1940’larda, patent ofisinde çalışan Genrich Saulovich Altshuller isimli Rus mühendis tarafından bulunmuş ve geliştirilmiştir[2].

2.1 Genrich Saulovich Altshuller

Genrikh Altshuller, 15 Ekim 1926’da Taşkent’te doğdu. Genrikh 5 yaşına geldiğinde, ailesi Bakü’ye geri taşındı. Genrikh Altshuller, bu şehirde 1990 yılına kadar ikamet etmiştir. Daha sonra 1990’ların başında Baküyü terk edip Petrozavodsk’a taşınmıştır. 1998 yılında Parkinson hastalığı etkileri sebebi ile yaşama veda etmiştir [43].

Henüz 14 yaşındayken hidrojen peroksitle çalışan bir su dalış cihazı için ilk patentini almıştır. 20 yasında denizaltından dalgıç aletleri olmadan kaçma yöntemini geliştirmiştir. 1940’lı yılların başında Sovyet Donanması’nın patent bölümünde çalışmıştır. 200.000 den fazla patent başvurusunu üzerinde çalışma yamış ve temel prensipler uygulanarak çözülebilecek 1500 çelişkinin var olduğunu kanıtlamıştır. Havacılık okuluna gitmiş ve mezun olduktan sonra kendisinin Bakü’deki deniz filosuna göndermesini istenmiştir. Böylece Bakü Filosunun Patent Dairesinde çalışmaya başlamıştır [11].

Genrikh Altshuller arkadaşı R.Shapiro ile birlikte, Stalin’e , yaratıcı faaliyetlerle son derece fakir durumda olduğunu anlatan bir mektup yazmıştır. Bu mektubun sonunda insanların yaratıcı problemleri çözmesine olanak tanıyan bir metod geliştirdiğini ve bu

metodolojiyi mucitlere öğretmeyi önerdiğini bildirmiştir. Altshuller ve arkadaşı 1950'de tutuklanmış be 1954'te tahliye olmuştur [43].

1956 da ilk makalesini yayınlamıştır ve 1968 yılında TRIZ hakkında dünyada ilk semineri vermiştir. TRIZ hakkında 14 kitap yazmıştır. Rus TRIZ Birligi'nin kurucu üyesi ve baskanı olmuş ve 1970 yılında Bakü'de TRIZ Okulu açmıstır. Yakın arkadasları ve ögrencileri TRIZ'in en belli başlı düşünürleri ve öğretmenleri olmuşlardır ve TRIZ'i Rusya ve Rusya dısında popüler hale getirirmişlerdir. Ancak Altshuller'in teorisi otoriteler tarafından uzun süre kabul edilmemiş ve bu nedenlerler TRIZ Okulu resmi olmayan yollardan işletilmistir [44] [11].

1946 –1986 arası Klasik TRIZ dönemi olarak adlandırılmış, bu dönemde TRIZ'in kavramsal temeli olusturulmus, birçok yöntem ve araç gelistirilmitir [48].

2.2 Yaratıcı Problem, Yaratıcı Düşünce, Yaratıcı Buluş

Çözümü bilinenler ve bilinmeyenler olarak iki tür problem vardır. Çözümü bilinmeyen problemler yaratıcı problemeler olarak adlandırılmaktadır. Yaratıcı problemler en az bir çelişki içermektedir. Yani sistemin bir özelliği iyileşirken bir diğerinin kötüleşmesi durumu mevcuttur. Pek çok ilgili literatür yaratıcılığı, yeni kullanışli bir şey ortaya çıkartmak olarak tanımlamaktadır [12].

Çizelge 2.1 Problem türleri [11]

Yeni Bilgi (Bilimsel Problemler)	Yeni bilgi bilinen probleme uygulanır. Örnek: Yeni plastikler daha güçlü ve hafif ürünler sağlar.	Yeni bilgi yeni probleme uygulanır. Örnek : Lazerin çeşitli kullanımları.
Var Olan Bilgi (Mühendislik Problemleri)	Var olan bilgi bilinen probleme uygulanır. Örnek: Genel olarak çözümü bilinen bütün mühendislik problemleri.	Var olan bilgi tatmim edici bir çözüm üretmez. Yaratıcı problem-yeni bir yaklaşım gereklidir.
	Bilinen Problem	Yeni Problem

Yaratıcı düşünce, Altshuller tarafından klasik olmayan çözümlere ulaşmak için bir düşünce yapısı geliştirmeyi amaçlaması sonucunca bulunmuştur. Altshuller pek çok yaratıcı çözümü araştırmış ve çözümün keşfinden önceki ve sonraki hallerini karşılaştırdıktan sonra aşağıdaki sonuçlara ulaşmaktadır [12];

- Yaratıcı çözümler çelişkilerin üstesinden gelmeye dayanır.
- Yaratıcı çözümler, sınırlı sayıda yönteme dayanmaktadır.
- Farklı çelişki türleri arasında bir anlaşma bulmak ve bunları aşmak için etkili yöntemlere ulaşılması mümkündür.

Altshuller 200,000 patenti inceledikten sonra bunlardan sadece 40,000 adetinin yaratıcı olduğuna farkına varmaktadır. Bu dogrultuda, geliştirilen buluşları 5 seviyeye ayırmaktadır [12].

Seviye 1 (Basit çözümler): Kişisel bilgiler yeterlidir ve patentlerin %32'sini oluşturmaktadır.

Seviye 2 (Gelişmeler): Bu seviyeye mevcut sistem üzerinde az ilerleme ve gelişme gösteren çözümler yerleştirilmektedir ve bütün patentlerin %45 'ini oluşturmaktadır.

Seviye 3 (Çalışılan bölgenin içinde bir yenilik var): Patentin içinde mevcut sisteme iyileştirme ve ilerleme getilmiştir ve bütün patentlerin %18 'ini oluşturmaktadır.

Seviye 4 (Çalışılan bölgenin sışında bir yenilik vardır): Çözüm bulurlen mevcut sistemin ana fonksiyonunu yerine getiren sistem üzerinde değişiklik gerektiren patentlerdir ve bütün patentlerin %4 'ünü oluşturmaktadır.

Seviye 5 (Olağandışı): Çözümler yaratıcı yeni bir bilgi için bulunmaktadır ve bu tarz çözümler yeni sistem için öncü olamaktadır. Bu seviye, bütün patentlerin %1 'ini oluşturmaktadır.

Çizelge 2.2 Yaratıcı süreç diyagramı [12]

Seviyeler	A)Görevi seçmek	B)Araştırma kavramını seçmek	C)Veri toplamak	D)Fikir için araştırmak	E)Fikri bulmak	F)Pratik uygulama
1	Mevcut bir görevi kullanmak	Mevcut bir araştırma kavramını kullanmak	Mevcut veriyi kullanmak	Mevcut bir çözümü kullanmak	Hazır bir tasarım kulllanmak	Mevcut bir tasarım üretmek
2	Birçok görevden bir tanesini seçmek	Birçok araştırma kavramından bir tanesini seçmek	Birçok kaynaktan veri toplamak	Birçok fikirden bir tanesini seçmek	Birçok tasarımdan bir tanesini seçmek	Mevcut bir tasarımın değiştirilmiş halini üretmek

Çizelge 2.2 Yaratıcı süreç diyagramı [12] (devamı)

3	Orijinal görevi değiştirmek	Araştırma kavramını yeni göreve uygun şekilde değiştirmek	Toplanan veriyi yeni göreve uygun şekilde değiştirmek	Mevcut çözümü değiştirmek	Mevcut tasarımı değiştirmek	Yeni bir tasarım üretmek
4	Yeni görev bulmak	Yeni araştırma kavramını bulmak	Yeni göreve yeni veri toplamak	Yeni bi çözüm bulmak	Yeni tasarım geliştirmek	Tasarımı yeni bir şekilde kullanmak
5	Yeni bir problem bulmak	Yeni bir yöntem bulmak	Yeni probleme göre yeni veri toplamak	Yeni bir kavram(prensip) bulmak	Yeni yapısal kavramlar geliştirmek	Yeni kavramın uygulandığı tüm sistemleri değiştirmek

2.3 Teknik Sistemler

Bir işlevi yerine getiren herşey teknik bir sistem olarak tanımlanmaktadır. Herhangi bir teknik sistem bir veya daha fazla alt sistemden oluşabilmektedir. Her bir alt sistem aynı zamanda kendi başına bir teknik sistemdir ve herbiri kendi işlevini yerine getirmektedir. Teknik sistemler hiyerarşisi, sadece iki unsur içeren en az karmaşık olandan, en fazla karmaşık olan birçok etkileşimli unsurdan oluşturulmaktadır [6].

Çizelge 2.3 Ulaştırma teknik sisteminin alt sistemleri [6]

Teknik Sistemler	Teknik Sistemin Alt Sistemleri				
Ulaşım	Otomobil	Yollar	Haritalar	Sürücüler	Servis istasyonları
Otomobil	Güç aktarımı	Frenler	Isıtma	Direksiyon	Elektrik aksamı
Frenler	Fren pedalı	Hidrolik silindir	Akışkan	Fren balata sistemi	
Fren balata sistemi	Balata	Montaj parçası	Perçinler		
Balata	A parçacıları	B parçacıkları	Kimyasal bağlar		
Kimyasal bağ	A molekülleri	B molekülleri			

Sol sütunda teknik sistemlerin adları bulunur ve azalan düzende yerleştirmiştir. Yatay satırlar, solda açıklanan teknik sisteme ait alt sistemlerin adlarını içermektedir. Teknik bir sistem yetersiz veya zararlı işlevler ürettip iyileştirilmesi gerektiğinde, sistemin yaratıcı bir şekilde en basit durumuna indirgenmesini gerektirmektedir. TRIZ'de en basit teknik sistem bir elemadan diğerine enerji geçen iki elemandan oluşturulmaktadır.

Bir sistem alt sistemlerden oluştuğu gibi bir başka sistemin alt sitemi olarak tanımlanabilmektedir. Herhangi bir alt sistemdeki değişiklik, üst sistemlerde daha yüksek oranda değişiklik yaratmaktadır. Teknik bir problemi çözerken daima mevcut teknik sistemin üstündeki ve altındaki sistemlerle etkileşimlerini göz önünde bulundurmak gerekmektedir [11].

2.4 İdeallik

Herhangi bir teknik sistemin amacı, bazı işlevler sağlamaktır. Geleneksel mühendislik düşüncesi "Bir işlevi yerine getirmek gerekiyor. Bu nedenle, bu işlevi yerine getirmek için bir mekanizma veya cihaz inşa etmeliyiz." TRIZ düşüncesi ise "Sisteme yeni bir mekanizma veya cihaz getirmeden böyle bir işlevi yerine getirmesi gerekiyor" düşüncelerini savunmaktadır. TRIZ'de ideallik, sistemde hiçbir zararlı etki olmadan sistemden yarar elde etmek olarak tanımlamaktadır. İdeallik Yasası, herhangi bir teknik sistemin ömrü boyunca daha güvenilir, basit ve etkili olma eğiliminde olduğunu belirtmektedir [30].

Teknik bir sistemi her geliştirdiğimizde, bu sistem idealliğe yaklaşmış olmaktadır. Daha az maliyet, daha az alan, daha az enerji gerektirmektedir. İdeallik her zaman sistemin içinde ve dışında mevcut kaynakların maksimum kullanımını yansıtmaktadır. Bir buluş İdeal durumundan ne kadar uzaksa, sistem o kadar karmaşık ve ne kadar yakınise o kadar yalın olmaktadır [30].

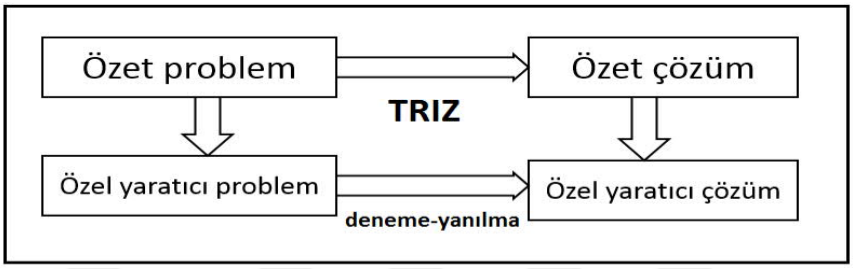
$$\text{ideallik} = \frac{\sum fayda}{\sum zarar}$$

Şekil 2.1 İdeallik seviyesi [31]

2.5 TRIZ ile Problem Çözme Teorisi

TRIZ, teknik bir açıklama bulmakta ve teknik sistemin yenilikçiliğini arttırmada sistematik bir yaklaşım önermektedir. TRIZ aşağıda belirtilen 3 temek prensibi kabul etmektedir [8];

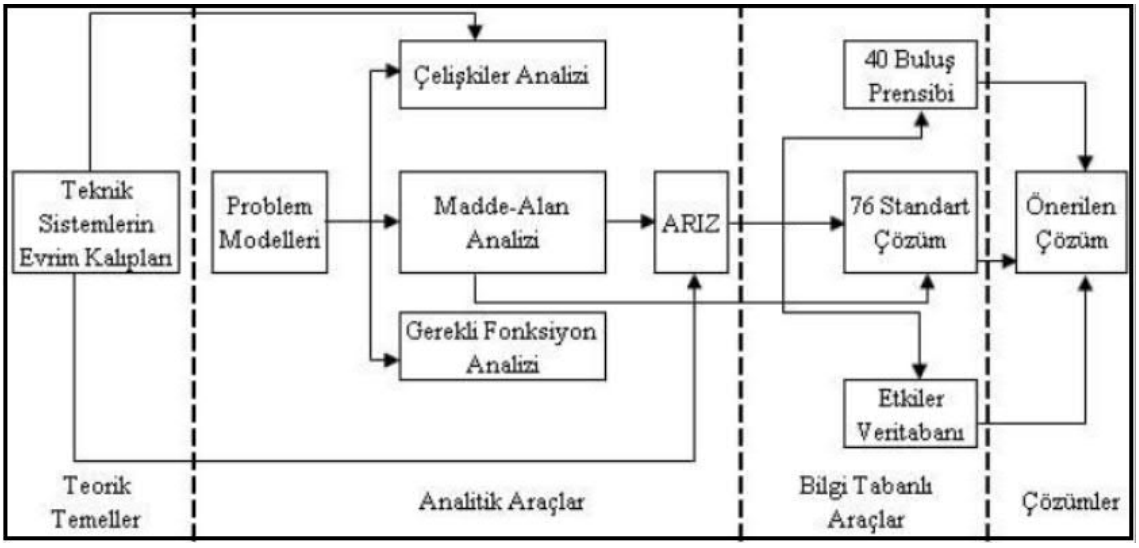
1. İdeal dizayn amaçtır.
2. Çelişkiler problem çözmeye yarcım olmaktadır.
3. Yenilikçi süreç sistematik olarak yapılandırılmaktadır.



Şekil 2.2 TRIZ'in problem çözme yöntemi [8]

Şekil 2.2'de görüleceği gibi TRIZ belirli bir problem belirli bir çözüm bulmayı amaçlaya tasarım yöntemlerinin aksine, problemin özet probleme dönüşümünü organize etmektedir. Böylece düşünme ve araştırma dönemi küçülerek çözümün hızlı bir şekilde bulunması sağlanmaktadır [11].

Şekil 2.3'de TRIZ'in temel yapısını gösterilmektedir. Problem hakkındaki bütün bilgiler ve TRIZ'in analitik araçları problem modelleme, analiz ve dönüşümü için kullanılmaktadır. Ariz, çelişkiler analizi, madde alan alalizi, gerekli fonksiyon analizi ve diğer teknikleri birleştiren karmaşık bir analitik araçtır [12].



Şekil 2.3 TRIZ'in temel yapısı [12]

2.5.1 Çelişkiler Matrisi

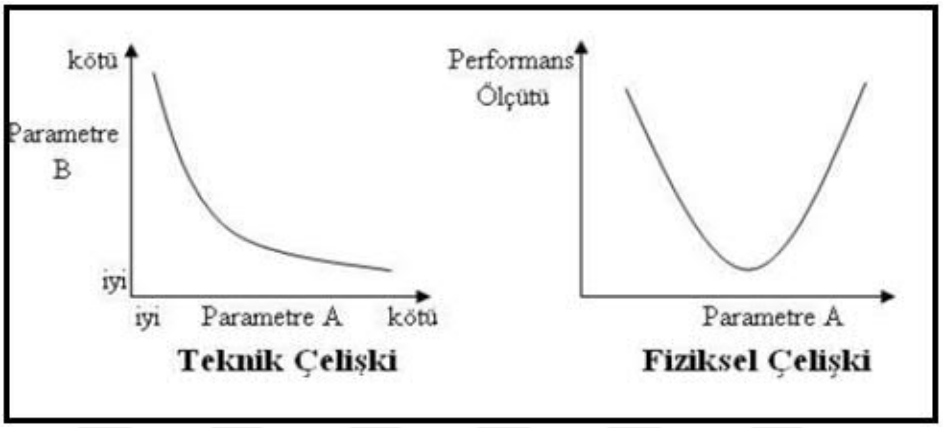
Çelişkiler sistemin bir özelliğini iyileştirirken diğer özelliğinin kötüleşmesi ile ortaya çıkmaktadır. Teknik ve fiziksel çelişkiler olarak ikiye ayrılmaktadır [8].

Teknik çelişkiler: sistemdeki bir özellik iyileşirken diğer bir özelliğin kötüleşmesi olarak tanımlanamaktadır. Aşağıda teknik çelişki için bir kaç örnek bulunmaktadır.

Ürünün daha güçlü hale gelirken ağırlığının artması .

Hizmetlerin her müşteri için özelleşirken hizmet sunma sisteminin karmaşıklaşması

Bant genişliğinin büyürken daha fazla güç gerektirmesi [8].



Şekil 2.4 : Teknik ve fiziksel çelişkilerin karşılaştırılması [11],[32].

Teknik çelişkiler için çeliklier analizi kullanılmaktadır. Çelişkiler analizi, probleme yeni bir perspectiktiften bakmayı sağlamaktadır. 2.8 milyon patent incelendikten sonra problemler sınıflandırılıp tanımlamış ve 39 mühendislik kriterine düşürülmüştür. Parametreler hareketli ve sabit nesneler olarak tanımlanmıştır [12].

Haraketli nesneler: Kendiliğinden yada yada bir dış kuvvet sonucu uzayda yer değiştirebilin nesneler olarak tanımlanmıştır [8].

Sabit nesneler: Kendiliğinden yada dış kuvvet sonucu uzayda yer değiştiremeyen nesneler olarak tanımlanmıştır [8].

39 mühendislik kriteri tanımları ile birlikte Çizelge 2.4'te listelenmektedir [11], [12], [30], [31].

Çizelge 2.4 39 mühendislik kriteri

A-Fiziksel ve Kimyasal Özellikler
1. Hareketli nesnenin ağırlığı: Nesnenin yerçekimli alandaki kütlesidir.
2. Sabit nesnenin ağırlığı: Nesnenin yerçekimli alandaki kütlesidir.
3. Hareketli nesnenin uzunluğu: Herhangi çizgisel bir boyut, en uzun olmayı gerektirmeden bir uzunluk olarak kabul edilir.
4.Sabit nesnenin uzunluğu: Herhangi çizgisel bir boyut, en uzun olmayı gerektirmeden bir uzunluk olarak kabul edilir.
5. Hareketli nesnenin alanı: Nesenenin iç veya dış yüzeynin alan ölçüsüdür.
6.Sabit nesnenin alanı: Nesenenin iç veya dış yüzeynin alan ölçüsüdür.
7. Hareketli nesnenin hacmi: Nesnenin uzayda kapladığı hacim.
8. Sabit nesnenin hacmi: Nesnenin uzayda kapladığı hacim.
9. Hız: Bir nesnenin sürati, bir sürecin veya eylemin zaman içindeki hızı.
10.Kuvvet (şiddeti): Sistemler arasındaki etkileşimin ölçümüdür. TRIZ'de nesnenin durumunu değiştirecek herhangi bir etkileleşimdir.
11. Gerilim veya basınç: Birim alan başına düşen kuvvet ya da gerilimdir.
12. Şekil: Sistemin dış görünüşüdür.
13. Nesnenin yapısal kararlılığı: Sistem ve sistemi oluşturan unsurların bütünlüğüdür. Aşınma, kimyasal çözünme, demontaj, artan entropi yapısal kararlılığın düşüşüdür.
14. Dayanım: Nesnenin uygulanan kuvvet ile değişime gösterdiği direçtir.
15. Hareketli nesnenin eylem süresi: Nesnenin eylemi gerçekleştirme süresidir.
16. Sabit nesnenin eylem süresi: Nesnenin eylemi gerçekleştirme süresidir.
17. Sıcaklık: Nesnenin ya da sistemin ısısal koşuludur.
18. Aydınlatma şiddeti: Birim alan başına düşen aydınlatma özellikleridir (ışık akışı, ışık kalitesi, vb..).
19. Hareketli nesnenin enerjiyi kullanması: Nesnenin iş yapabilme kapasitesinin ölçüsüdür. Klasik mekanikte iş (enerji) kuvvetin yol ile çarpımına eşittir. Bu elektrik enerjisi ya da ısı gibi üst sistem tarafından sağlanan enerjinin kullanımını içerir.
20. Durgun nesnenin enerjiyi kullanması: Nesnenin iş yapabilme kapasitesinin ölçüsüdür. Klasik mekanikte iş (enerji) kuvvetin yol ile çarpımına eşittir. Bu elektrik enerjisi ya da ısı gibi üst sistem tarafından sağlanan enerjinin kullanımını içerir.
21. Güç: Birim zamanda yapılan iş miktarıdır.
22. Enerji Kaybı: Yapılan işe katılmayan enerjindir. Enerji kaybını azaltmak için enerji kullanımını iyileştirmekten başka teknikler gerekebileceği için ayrı bir kategoridir.
23. Madde kaybı: Sistemin kısmi ya da bütün, kalıcı ya da geçici olarak malzeme, madde, parça ya da alt sistem kaybetmesidir.
24. Bilgi kaybı: Sistemde kısmi ya da bütün, kalıcı ya da geçici olarak erişimin kaybedilmesidir. Ya da bir sistem tarafından veriye erişimin kaybedilmesidir. Sıklıkla duyusal verinin (koku, doku gibi) kaybolmasıdır.

Çizelge 2.4 39 mühendislik kriteri (devamı)

25. Zaman kaybı: Eylem için gereken süreyi azaltmaktır. 26. Maddenin miktarı: Sistemin tümden ya da kısmi, geçici ya da kalıcı olarak değişebilecek malzemesinin, maddesinin, parçalarının ya da alt sistemlerinin sayısı ya da miktarı.
B-Üretim Parametreleri ile İlgili Özellikler
27. Güvenilirlik: Sistemin fonksiyonu gerçekleştirebilme yeteneği. 28. Ölçüm doğruluğu: Sistem özelliğinin mevcut değerinin ölçülen değere yakınlığıdır. Ölçümde yapılan hatayı azaltmak ölçümün doğruluğunu artırır. 29. Üretim hassaslığı: Mevcut özelliklerinin belirlenen ya da gerekli görülen özelliklere uyumudur. 30. Nesnenin etkilendiği zararlı faktörler: Sistemin zararlı dış kaynaklı etkilere karşı duyarlılığıdır. 31. Nesnenin ürettiği zararlı faktörler: Nesne ya da sistem tarafından üretilen nesnenin ya da sistemin fonksiyonun verimliliğini ya da kalitesini düşüren etkidir. 32. Üretim kolaylığı: Nesne ya da sistemi üretmekteki kolaylığıdır. 33. Operasyon kolaylığı: Basitlik: Sürecin az insan, işlem, adım ve özel araç gerektirmesidir. 34. Tamir kolaylığı: Sistemde hataların ya da aksaklıkların tamir edilme süresidir. 35. Uyum sağlayabilirliği veya çok yönlülüğü: Bir sistemin ya da nesnenin dış değişikliklere ne kadar olumlu cevap verdiğidir. 36. Aletin karmaşıklığı: Sistemdeki ögelerin ve ögeler arası ilişkinin çeşitliliğidir. 37. Ortaya çıkarma ve ölçme zorluğu: Bu sitemler pahalı, karmaşık, daha çok iş gücü ve zaman gerektirir. Bileşenleri arasında karmaşık ilişkiler, birbirine girmiş bileşenler bulunur. Bunların ölçüm ve gösterim zorluğudur. 38. Otomasyonun mertebesi: İnsan katkısı olmadan sistem yada nesnenin kendi fonksiyonlarını yerine getirebilme derecesidir. Elle işletilen en düşük seviyeden, gerekli işlemleri anlayıp kendini programlayarak kendi işlemini göre yüksek seviyedeki otamasyondur. 39. Üretkenlik: Birim zaman başına bir sistem tarafından üretilen çıktıdır yada birim çıktının maliyetidir.

İki parametre arasındaki çelişki problem olarak tanımlanır ve bu parametrelerden biri iyileşirken bir kötüleşir. 39 parametreden ikisi arasındaki çeliski problemi yaratmaktadır. Altshuller tarafından sıkklıkla ortaya çıkan çelişkiler ve bununların çözümü olan prensipler çelişkiler matrisinde birleştirilmektedir. 40 buluş presibi ile çelişkilere çözüm bulunabilmektedir. Teknik çelişkileri göstermek için bu 39 mühendislik parametresi ile 39x39 boyutlu matrisin eksenlerine, iyileşen ve kötüleşen özellikler olarak

yerleştirilmektedir. Bu matris 40 buluş prensibinin temelini oluşturmaktadır. Matrisin hücrelerine çözüm için en uygun ilk 4 prensip yerleştirilmiştir. İyileşen özelliğe karşı kötüleşen özellik belirlenerek ve matrisin gösterdiği 40 buluş prensibi kullanılmaktadır. Çelişkiler matrisi, problemi çözmek için daha önce gerçekleştirilen yeniliklerin tekrar kullanımını sağlamaktadır [3].

Aşağıda 40 buluş prensibi örnekleriyle beraber açıklanmıştır [3], [11], [12], [30], [31].

Çizelge 2.5 40 buluş prensibi

40 Buluş Prensibi	**Örnekler**
1. Dilimlemek, bölmek, parçalamak	
A. Nesneyi bağımsız parçalara bölme.	Ana bilgisayarların yerini kişisel bilgisayarların alması. Büyük bir proje için iş ayrıştırma yapısının kullanılması. Büyük bir kamyonun kamyon ve treyler ile yer değiştirmesi.
B. Nesnenin kolayca demonte olmasını sağlama.	Modüler mobilya. Su tesisatında çabuk ayrılabilen bağlantılar.
C. Bölünme ve parçalanma derecesini arttırma.	Sert gölgelikler yerine jaluzi kullanılması. Folyo ya da çubuk yerine bağlantının daha iyi yerleşimi için toz kaynak metali kullanmak.
2. Çıkarma, ayırma	
Bir nesneden müdahaleci bir parçayı veya özelliği ayırma ya da nesnenin sadece gerekli parçasını (veya özelliğini) bırakma.	Sıkıştırılmış havanın kullanıldığı bir yerde gürültülü bir kompresörün binanın dışına konulması. Işığa ihtiyaç duyulan bir yerde, sıcak ışık kaynağını mekandan uzaklaştırmak için fiber optiklerin ya da ışık borularının kullanılması. Hırsız alarmı olarak köpek olmadan köpek havlaması sesinin kullanılması.
3. Lokal Kalite	
A. Bir nesnenin yapısını tek biçimliden çok biçimliye dönüştürme, dış çevreyi (veya dış etkileri) tek biçimliden çok biçimliye dönüştürme.	Sabit sıcaklık, yoğunluk veya basınç yerine derece derece değişen sıcaklık, yoğunluk, basıncın kullanılması.

Çizelge 2.5 40 buluş prensibi (devamı)

40 Buluş Prensibi	**Örnekler**
3. Lokal Kalite	
B. Bir nesnenin her parçasının fonksiyonunun, gerçekleştirdiği işlem için en uygun şartlarda olması.	Sıcak ve soğuk katı yiyecekler ile sıvılar için özel bölmelere sahip bir yemek kutusu.
C. Bir nesnenin her parçasının farklı ve yararlı bir fonksiyon yerine getirmesi.	Silgili kalem. Çivi çıkarıcı kısımlı çekiç. Balık pulu kazıyıcısı, pense, kablo soyucusu, düz tornavida, manikür seti, vs. olarak kullanılabilecek çok fonksiyonlu bir set.
4. Asimetri	
A. Bir nesnenin şeklini simetrikten asimetriğe çevirme.	Asimetrik karıştırıcı kapların veya simetrik kaplardaki asimetrik fırdöndünün karıştırmayı geliştirmesi (çimento kamyonları, kek karıştırıcıları, mikserler). Bir topuzu güvenli bir şekilde iliştirmek için silindirik şaftın üzerine düz bir spot konulması.
B. Eğer bir nesne asimetrikse asimetriklik derecesini arttırma.	Renkleri birleştirmek için astigmat merceklerin kullanılması. Geçirmezliği iyileştirmek için yuvarlak o bilezik yerine oval kesitli ve özel şekilli bilezikler kullanılması.
5. Kaynaştırma, birleştirme	
A. Paralel işlemleri yerine getirmek için aynı veya benzer nesneleri bir araya getirmek (veya birleştirmek), benzer veya aynı nesneleri monte etmek.	Bilgisayar ağındaki kişisel bilgisayarlar. Paralel işlemcili bir bilgisayarda binlerce mikro işlemci. Havalandırma sistemindeki pervaneler. Bir devrenin her iki yanına monte edilen elektronik çipler.
B. İşlemleri bitişik ve paralel yapma, zaman içerisinde bir araya getirme.	Aynı zamanda çeşitli kan parametrelerini analiz eden tıbbi teşhis cihazları. Jaluzi ya da dikey panjurlarla bağlantı çıtalarının birlikte olması.

Çizelge 2.5 40 buluş prensibi (devamı)

40 Buluş Prensibi	**Örnekler**
6. Evrensellik, genellik	
A. Bir parçanın veya nesnenin çoklu fonksiyonları yerine getirmesi; diğer parçalara olan ihtiyacı ortadan kaldırma.	
7. Birbirinin içine girebilme	
A. Bir nesneyi diğerinin içine yerleştirme, her nesneyi sırayla diğerinin içine yerleştirme.	Ölçü bardakları ve kaşıkları. Rus matruşka bebekleri. Taşınabilir ses sistemi (amplifikatör kasasının için yerleştirilen aktarıcının içine mikrofon yerleştirilmesi)
B. Bir parçanın diğerinin içindeki delikten geçmesi.	Uzayan radyo anteni. Uzayan işaret değneği. Yakınlaştırıcı lensler. Emniyet kemerinin içeri çekme mekanizması. Uçak iniş takımlarının uçak gövdesinin içine çekilmesi.
8. Ağırlık azaltma, dengeleme.	
A. Bir nesnenin ağırlığını dengelemek için kaldırma sağlayan diğer nesnelerle birleştirilmesi.	Reklam tabelalarını desteklemek için helyum balon kullanılması. Bir deste kütüğün içine daha iyi yüzmesi için köpük doldurulması.
B. Bir nesnenin ağırlığını dengelemek için çevre ile etkileşim kurması (örnek olarak aerodinamik, hidrodinamik, yüzme kabiliyeti ve diğer kuvvetler)	Uçağın kanadının şeklinin havalanmayı sağlamak üzere hava yoğunluğunu kanat üzerinde arttırması, kanat altında azaltması. Uçak kanatlarının kaldırmasını iyileştirmek için vorteks çıtaları konulması. Kızaklı botların, sürüklenmeyi azaltmak üzere gemiyi su üzerine kaldırması.
9. Başlangıçta eylemsizlik	
A. Eğer faydalı ve zararlı etkilerin her ikisi ile bir eylem yapılması gerekiyorsa, bu eylem yerine zararlı etkileri kontrol etmek üzere karşıt eylemlerin gerçekleştirilmesi.	pH'ın aşırılıkların zararlarından korumak için tampon vazifesi görecek bir çözüm bulmak.

Çizelge 2.5 40 buluş prensibi (devamı)

40 Buluş Prensibi	**Örnekler**
9. Başlangıçta eylemsizlik	
B. Bir nesnede daha sonradan bilinen istenmeyen gerilimlere karşı koymak üzere daha önceden gerilim yaratılması.	Betonu dökmeden önce inşaat demirinin önceden gerilmesi. Zararlı bir şeye maruz kalmadan herhangi bir şeyi maskelemek: vücudun X ışınlarına maruz kalmayan kısımlarında kurşun önlük kullanmak. Bir nesnenin boyanmayan kısmını korumak için maskeleme bandı kullanmak.
10. Başlangıçta hareket	
A. Bir nesnede ihtiyaç duyulmadan gereken değişikliği kısmen veya tümden yerine getirme.	Kendinden yapışkanlı duvar kağıdı. Cerrahi bir operasyon için gerekli tüm aletlerin mühürlü bir tepside sterilize edilmesi.
B. Nesnelerin dağıtım için zaman kaybetmeden en uygun yerden eyleme geçebilmesi için önceden ayarlanması.	Tam zamanında üretim uygulanan bir fabrikadaki Kanban ayarlamaları. Esnek üretim hücresi.
11. Önceden güvenliliği sağlama	
A. Daha az güvenirliliği olan bir nesneyi dengelemek için acil durum araçları hazırlama.	Kötü pozları telafi etmek için fotoğraf filmine manyetik bant konulması. Yedek paraşüt. Uçak gereçleri için alternatif hava sistemleri.
12. Alternatif potansiyellilik	
A. Potansiyel bir alanda konum değişikliğini kısıtlama (nesneyi yerçekimi ortamında kaldırma veya indirmeyi gerektirmeyecek şekilde işletme koşullarını değiştirme)	Fabrikadaki yüklü parçaların teslim sistemini yaylandırmak. İki su kütlesi arasındaki kanalın kilitleri (Panama Kanalı) Süper hızlı tamirat yerlerinde otomobil yağının pahalı kaldırma ekipmanları olmadan değiştirilmesi.
13. Tersinden yapma	
A. Problemi çözmek için kullanılan eylemi tersine çevirme (örneğin bir nesneyi soğutmak yerine ısıtmak).	Sıkışmış parçayı kurtarmak için dış kısmı ısıtmak yerine iç kısmı soğutmak.
B. Hareketli parçaları (veya dış çevreyi) sabitlemek, sabit parçalan hareketli hale getirmek.	Alet yerine parçayı döndürmek. Ayakla çalıştırılan değirmen (yürüme veya koşmak yerine).

Çizelge 2.5 40 buluş prensibi (devamı)

40 Buluş Prensibi	**Örnekler**
13. Tersinden yapma	
C. Nesneyi (veya süreci) tersine çevirme	Tutturucu aletler ekleyebilmek için bir montajı altını üstüne çevirmek. Konteynırlardaki (gemi yada tren) tahılları boşaltmak için baş aşağı çevirme.
14. Küresellik, eğrilik	
A. Düz hatlı parçalar, yüzeyler, şekiller yerine, kavisli olanların kullanılması; düz yüzeylerden, küresel yüzeyler	Çamaşırların suyunu burarak sıkmak yerine çamaşır makinesinde çamaşırların döndürülerek sıkılması. Eşya hareket ettirmek için silindirik tekerlekler yerine küresel tekerlekler kullanmak.
15. Dinamik	
A. Bir nesnenin, dış çevrenin veya sürecin özelliklerinin optimal olmak üzere değişmesi veya optimal çalışma alanı bulması için tasarlanması.	Ayarlanabilir direksiyon (veya koltuk, arka destek veya ayna pozisyonu)
B. Bir nesnenin birbirine göre hareket edebilir parçalara bölünmesi.	
C. Eğer bir nesne veya süreç katı ya da esnek değilse hareket edebilir ve uyarlanabilir olmasının sağlanması.	Motorları incelemek için esnek baroskop. Tıbbi inceleme için esnek sigmoydoskop.
16. Kısmi veya aşırı eylemler	
A. Eğer bir amacın % 100'ünü bir çözüm yöntemiyle başarmak zorsa, aynı yöntemi biraz az, biraz daha çok kullanarak, problemin daha kolay çözülebilir hale getirilmesi.	Boya yaparken fazla boyayıp, daha sonra fazlalığı almak (veya bir kalıp kullanmak) Arabanın yakıt deposunu doldururken üstünden yakıt almak.
17. Diğer boyut	
A. Bir nesneyi 2–3 boyutlu uzayda hareket ettirme.	Kızıl ötesi bilgisayar faresinin bir yüzey yerine sunumlar için uzayda hareket etmesi. 5 eksenli kesim aracının ihtiyaç duyulan yere yerleştirilmesi.
B. Nesnelerin tek katlı yerine çok katlı düzenlenmesi.	Müzik süresini ve çeşitliliğini arttırmak için 6 CD'li teyp. Bir devre tahtasının her iki yüzündeki elektronik çipler. Bir lunaparkta çalışanların ziyaretçinin önünden kaybolması, bir sonraki aşamaya aşağıdaki tünelden yürümesi ve sihirli bir şekilde yeryüzüne çıkarak tekrar belirmesi.

Çizelge 2.5 40 buluş prensibi (devamı)

40 Buluş Prensibi	**Örnekler**
17. Diğer boyut	
C. Nesneyi eğmek	Damperli kamyon.
D. Bir alanın "diğer tarafını" kullanmak.	Yoğunluğu arttırmak için mikroelektronik hibrid devreleri bir tarafa yığmak.
18. Mekanik titreşim	
A. Nesnenin titreşmesini veya salınmasını sağlamak.	Titreşen bıçaklara sahip elektrikle çalışan dilimlere bölen bıçak.
B. Frekans arttırma.	Pudrayı titreşim ile dağıtma.
C. Bir nesnenin rezonans frekansını kullanma.	Ultrasonik rezonansı kullanarak safra taşlarını veya böbrek taşlarını kırmak.
D. Mekanik yerine piezo-elektrik titreştiricilerin kullanılması.	Quartz kristal salınımlarının saatlerin daha doğru çalışmasını sağlaması.
E. Birleşmiş ultrasonik ve elektromanyetik olan salınımların kullanılması	İndüksiyon fırınında alaşımların karıştırılması.
19. Periyodik hareket	
A. Sürekli hareket yerine, periyodik hareket kullanılması.	Bir şeye devamlı olarak çekiçle vurulması.
	Sürekli bir sireni duraklı bir sesle değiştirme.
B. Eğer bir hareket periyodik ise periyot büyüklüğünü veya frekansını değiştirme.	Bilgi aktarmak için Mors alfabesi yerine frekans değiştirmeyi kullanma.
	Sürekli bir sireni genliğini veya frekansını değiştiren bir ses ile değiştirme.
C. Farklı bir hareket elde etmek için itmeler arası duraklamaların kullanılması.	Kalp masajında her 5 göğüs masajından sonra nefes verme.
20. Yararlı hareketlerin sürekliliği	
A. Sürekli çalışmanın sürdürülmesi, bir nesnenin tüm parçalarının her zaman tam yükle çalışmasının sağlanması.	Hidrolik sistemin araç durduğunda enerji depolaması, böylece motorun optimum güçte çalışmasını sağlaması. Optimum ilerleme hızına ulaşmak için fabrikadaki darboğaz işlemlerinin sürekli olarak çalıştırılması.
B. Tüm boş, bir gelip bir giden hareket ve işleri elimine etmek Yazıcı taşıyıcısının geri dönüşünde yazdırma yapılması.	
21. Acele etme	
A. Bir süreci veya belirli aşamalarını yüksek hızda götürmek.	Dokunun ısınmasını önlemek üzere yüksek hızlı dişçi delgisi kullanılması.

Çizelge 2.5 40 buluş prensibi (devamı)

40 Buluş Prensibi	**Örnekler**
21. Acele etme	
A. Bir süreci veya belirli aşamalarını yüksek hızda götürmek.	Nesnenin şeklinin bozulmasını engellemek için ısının malzemede yayılımından daha hızlı olarak plastik parçayı kesmek.
22. Zararı yarara dönüştürme (Limonları limonataya çevirmek)	
A. Olumlu bir etki elde etmek için zararlı etkileri (özellikle çevrenin zararlı etkilerini) kullanmak.	Çöpten elektrik elde etme. Bir sürecin atıklarını geri dönüşümle başka bir sürecin hammaddesi haline getirme.
B. Problemi çözmek için birincil zararlı etkiyi başka bir zararlı etki ekleyerek ortadan kaldırmak.	Korozyon üreten bir çözeltiye depolama malzemesi ekleme. Dalmak için helyum-oksijen karışımı kullanarak, hem nitrojen narkozunu ve havadaki oksijen ve diğer nitroks karışımlarının zehirleme etkisini yok etmek.
C. Zararlı bir etkiyi daha fazla zararlı olmayacağı dereceye kadar genişletme.	Bir orman yangınında körüklemeyi yok etmek için başka bir ateş çıkarma.
23. Geri-besleme	
A. Bir süreci veya eylemi geliştirmek üzere geri besleme sağlama.	Ses devrelerinde otomatik ses kontrolü. İstatistiksel Süreç Kontrol, ölçümlerin bir sürecin ne zaman değiştirileceğine karar vermek için kullanılması. Bütçeler, ölçümlerin bir sürecin ne zaman değiştirileceğine karar vermek için kullanılması.
B. Eğer geri besleme kullanılıyorsa büyüklüğünü veya etkisini değiştirme.	Havaalanının 5 mil yakınındayken otomatik pilotun hassaslığını değiştirme. Soğuturken enerjiyi daha az etkin kullandığından termostatın ısıtmaya karşı soğutma hassaslığını değiştirme. Bir yönetim ölçütünü, bütçeden müşteri memnuniyetine çevirme.
24. Aracı kullanma	
A. Aracı taşıyıcı bir parça veya aracı süreç kullanma.	Çekiç ile çivi arasında kullanılan marangozun çivi seti.
B. Bir nesneyi geçici olarak kolaylıkla çıkarılabilen bir diğeriyle birleştirme.	Tabakları masaya taşıyacak bir tepsi.

Çizelge 2.5 40 buluş prensibi (devamı)

40 Buluş Prensibi	**Örnekler**
25. Kendi kendine hizmet	
A. Bir nesnenin yardımcı faydalı fonksiyonlar yerine getirerek kendine hizmet etmesi.	İçecekleri gazlı hale getirmek için kullanılan karbon dioksitin basıncı üzerinde çalışan bir soda havuzu pompası. Halojen lambalar kullanımları sırasında filamenti tekrar üretir, buharlaşan materyal tekrar depolanır. Çeliği alüminyuma kaynatmak için 2 malzemenin bantlarından oluşan bir yüzeyin yaratılması.
B. Atık kaynakların, enerji ve maddelerin kullanılması	Bir süreç sonucunda ortaya çıkan ısının elektrik üretiminde kullanılması. Hayvan atıklarının gübre olarak kullanılması. Yiyecek ve çimen atıklarının gübre yaratmak için kullanılması.
26. Kopyalama	
A. Pahalı, kırılgan, uygun olmayan nesneler yerine, daha basit ve ucuz kopyalarının kullanılması.	Bir seminere katılmak yerine kasetten dinlemek
B. Bir nesnenin veya sürecin yerine görsel kopyalar kullanma	Yerden inceleme yapmak yerine uzaydan çekilmiş fotoğrafları kullanmak.
	Bir nesneyi ölçmek için fotoğrafını kullanma.
	Doğrudan riskli ölçüm yapmak yerine fetüsün sağlığını değerlendirmek için sonogram kullanmak.
C. Eğer görsel kopyalar mevcutsa, kızıl ötesi veya ultraviyole kopyaları kullanma.	Kızıl ötesi görüntülerle ısı kaynaklarını, mahsullerdeki hastalıkları veya bir güvenlik sistemine davetsiz giren misafirleri tespit etmek.
27. Ucuz kısa ömürlü nesneler	
A. Pahalı olmayan bir nesneyi hizmet ömrü gibi bazı kaliteleri kabul edilebilir olan birden çok ucuz nesneyle değiştirme.	Dayanıklı nesneleri temizleme ve saklama maliyetinden kaçınmak üzere bir kere kullanıldıktan sonra atılabilen kağıt nesnelerin kullanılması. Kağıt bardaklar, bebek bezleri, tıbbi malzemelerin birçoğu.
28. Mekanik sistemin ikamesi	
A. Mekanik bir aracı duyumsal (optik, akustik, tat veya koku) araçlarla değiştirme.	Bir kediyi veya köpeği kapatmak için fiziksel çit yerine akustik (hayvan tarafından işitilebilir sinyal) çit kullanılması.

Çizelge 2.5 40 buluş prensibi (devamı)

40 Buluş Prensibi	**Örnekler**
28. Mekanik sistemin ikamesi	
A. Mekanik bir aracı duyumsal (optik, akustik, tat veya koku) araçlarla değiştirme.	Mekanik veya elektrikli algılayıcı yerine doğal gaz içine kötü kokan bir bileşik koyarak sızdırma alarmı yapmak.
B. Nesneyle etkileşmesi için elektrik, manyetik, elektromanyetik alanların kullanımı.	İki tozu karıştırmak için, birini elektrostatik olarak pozitif diğerini negatif yükleme.
C. Statik alanlardan hareket edebilir alanlara, yapısal olmayandan yapısal alanlara doğru değişim.	İlk iletişim cihazları 360 dereceye yayın yaparken şimdi çok detaylı radyasyon kalıbının yapısına sahip antenler kullanılmaktadır.
D. Aktive edilmiş alan parçacıkları ile birleşen alanların kullanılması.	Ferromanyetik malzeme içeren bir maddenin değişken manyetik alan kullanılarak ısıtılması. Curie sıcaklığına erişildiğinde malzeme paramanyetik olacak ve ısıyı içine emmeyecektir.
29. Pnömatik ve hidrolik	
A. Katı parçalar yerine bir nesnenin gaz ve sıvı parçalarının kullanılması (hava yastığı, hidrostatik, sıvıyla doldurulmuş, vb.)	İçine jel doldurulmuş rahat ayakkabı tabanları. Hidrolik sistemde bir aracı yavaşlatarak enerji depolamak ve depolanan enerjiyi daha sonra hızlandırmak için kullanmak.
30. Esnek kabuklar ve ince filmler	
A. 3 boyutlu yapılar yerine esnek kabuklar ve ince filmler kullanılması.	Tenis kortlarında kışın koruma için şişirilebilir (ince filmler) yapılar kullanılması.
B. Nesneyi esnek kabukları ve ince filmler kullanarak dış çevreden ayırmak.	Su deposunda buharlaşmayı sınırlandırmak için iki kutuplu bir film yüzdürmek.
31. Gözenekli malzemeler	
A. Nesnenin gözenekli hale getirilmesi veya gözenekli maddeler eklenmesi.	Bir yapının ağırlığını azaltmak için delikler açılması.
B. Eğer bir nesne gözenekliyse gözeneklerin faydalı bir fonksiyon yerine getirmesi.	Bağlantıdan fazla lehimi kaldırmak için gözenekli metal tel kullanılması. Palladium süngerinin gözeneklerinde hidrojen saklanması.
32. Renk değiştirme	
A. Nesnenin veya dış çevrenin renginin değiştirilmesi.	Fotoğraf için karanlık odada güvenli ışıklar kullanılması.
B. Nesnenin veya dış çevrenin saydamlığının değiştirilmesi.	Saydam bir yara bandı ile bandı çıkarmadan yaranın durumunun gözlenmesi.

Çizelge 2.5 40 buluş prensibi (devamı)

40 Buluş Prensibi	**Örnekler**
33. Homojenlik	
A. Nesnelerin aynı malzemeden nesnelerle (veya benzer özellikli nesnelerle) etkileşime girmesi.	Kimyasal reaksiyonları azaltmak için kapların ve içindekilerin aynı malzemeden olması. Elmas kesme aletinin elmastan yapılması.
34. Gözden çıkarma ve yeniden ele alma	
A. Bir nesnenin fonksiyonları yerine getirmiş olan parçalarını atmak veya işlem sırasını değiştirmek.	Eriyen kapsülü tıpta kullanma. Su buzunun veya karbon dioksitin (kuru buz) dövülmüş yer yapısı için geçici bir baraj olacak şekilde bir kalıp yapmak için kullanılması.
B. Aksi şekilde nesnenin bir operasyonda tüketilen parçalarını saklamak.	Kendi kendine bilenen çim biçme makinesi bıçakları. Otomobil motorlarının çalışırken kendilerini ayarlamaları.
35. Parametre değişikliği	
A. Nesnenin fiziksel halinin değişmesi (gaz, sıvı, katı).	Hacmi azaltmak için oksijen, nitrojen, petrolün gaz yerine sıvı halinde taşınması. Şekerlerin içini dolduran sıvının dondurularak erimiş çikolata içine batırılması.
B. Konsantrasyonunu veya yoğunluğunu değiştirme.	Doğru miktarda dağılmasını kolaylaştıran ve birkaç kişi tarafından paylaşıldığında daha sağlıklı olan sıvı el sabununun kullanım sırasında kalıp sabundan daha yoğun ve daha yapışkan olması.
C. Esneklik derecesini değiştirmek.	Konteynerin duvarlarının hareketini sınırlandırarak konteynerin içine düşen parçaların çıkardığı sesi azaltmak için ayarlanabilir damper kullanılması. Esnekliği ve dayanıklılığı değiştirmek için kauçuğu kükürtle işleme.
D. Sıcaklığı değiştirmek.	Ferromanyetik bir maddeyi paramanyetik hale dönüştürmek için sıcaklığı Curie noktasına çıkarmak. Gıdayı pişirmek için sıcaklığı arttırmak (tadı, kokuyu, dokuyu, kimyasal özellikleri, vb. değiştirir) Tıbbi örneklerin sonraki analizlerde kullanılabilmesi için sıcaklıklarının düşürülmesi.

Çizelge 2.5 40 buluş prensibi (devamı)

40 Buluş Prensibi	**Örnekler**
36. Hal geçişleri	
A. Hal geçişleri sırasındaki tabiat olaylarının kullanılması	Isı pompalarının faydalı iş yapmak için kapalı termodinamik döngünün buharlaşma ve yoğunlaşma ısısını kullanması.
37. Isıl genleşme	
A. Malzemelerin ısıl genleşme ve büzülmelerinin kullanılması.	Sıkı bir contayı iç kısmını soğutup büzüşmesini sağlayarak ve dış kısmını ısıtıp genleşmesini sağlayarak, contayı birleştirip denge durumuna dönme.
B. Eğer termal genleşme kullanılıyorsa farklı genleşme katsayıları olan birçok malzemenin kullanılması.	Basit yaprak yay termostatı. Farklı genleşme katsayılarına sahip iki metal bağlanır ve böylece nominal değerden daha sıcak olduğunda beraber bir tarafa, soğuk olduğunda öbür tarafa eğilir.
38. Kuvvetli oksitlendiriciler	
A. Normal havayı oksijen ile zenginleştirilmiş havayla değiştirme.	Dalışta uzun süreli dayanma için Nitroks veya diğer hava harici karışımların kullanılması.
B. Zenginleştirilmiş havayı, saf oksijen ile değiştirme.	Anaerobik bakterileri öldürmek ve tedaviye yardımcı olmak için yaraları yüksek basınçla oksijenli ortamda tedavi etme.
C. Radyasyonu iyonize etmek üzere hava ve oksijen açığa çıkarma.	
D. İyonize edilmiş oksijen kullanma.	Hava temizleyicideki kirlilikleri yok etmek için iyonize hava kullanma.
E. İyonize edilmiş oksijeni ozonla değiştirme.	Gazı kullanmadan önce iyonize ederek kimyasal reaksiyonları hızlandırma.
39. Eylemsiz atmosfer	
A. Normal çevreyi eylemsiz çevre ile değiştirme.	Sıcak metal filamentin küçülmesini önlemek için argon atmosfer kullanma.
B. Bir nesneye nötr parçalar veya eylemsiz ekler ekleme.	Toz deterjana eylemsiz maddeler ekleyerek hacmini arttırma. Bu, konvansiyonel araçlarla ölçümü kolaylaştırır.
40. Kompozit malzemeler	
A. Tek malzemeden, birçok parçadan oluşan kompozit malzemeye dönüşme.	Fiberglas sörf tahtalarının tahta olanlardan daha hafif, daha kontrol edilebilir ve çeşitli şekillere sokulmasının daha kolay olması.

2.5.2 Ayrılık Prensipleri

Ayrılık prensipleri fiziksel çelişkilerin çözümü için tanımlanmıştır.

Fiziksel çelişkiler: Problemdeki sistem özelliklerinin zıt iki yönde istemesi durumu olarak açıklanmaktadır. Aşağıdaki fiziksel çelişki için bir kaç örnek bulunmaktadır [8].

Kahvenin güzel içimli olması için sıcak müştrinin yanmaması için soğuk olması.

Araçlardaki frenlerin kazaları önlemek için ani, kontrol sağlanabilmesi için kademeli olması.

Fiziksel çelişkiler için TRIZ'de dört Ayrılık Prensibi tanımlanmıştır [32].

1. Zamanda ayrılık presibi
2. Uzayda ayrılık presibi
3. Sistemin bütünü ve parçaları arasındaki ayrılık prensibi
4. Koşula göre ayrılık prensibi

Zamanda ayrılık prensibi, mevcut iş faaliteleri ile ilgisi olmayan yeni konular için belirli bir zaman ayırmak olarak tanımlanabilimektedir [32].

İğnenin değilinden ipliğin kolay geçesi için iğne deliğinin büyük, uygun bir dikiş için küçük olması durumu fiziksel çelişki olarak ifade edilmektedir. Deliğin boyutu aynı anda birbirine zıt iki özellik taşımaktadır. Zamadan ayrılık prensibi ile iğne değili iplik geçerken büyük dikiş sırasında küçük olması gerekmektedir. Bu problemin çözümü için ince iki telden, burularak uçları kaynatılan bir iğne tasarlanmıştır. Böylece iğne açıldığında ipliğin kolay geçeceği büyük bir delik oluştuğu ve serbest bırakıldığında ise ilk haline döndüğ görülmektedir [11], [32].

Uzayda ayrılık prensibi, çelişkinin her yerde mi yoksa belirli bölgelerde mi olduğu bulunarak, o bölge üzerinde çözüm bulunması olarak tanımlanabilmektedir. Metal parçaları boyanırken boya sıvısının sıcak olması süreci hızlandırırken bu sıvını ayrışmasına neden olmaktadır. Çözüm olarak metal parçadan elektrik akımı geçirilerek, boyanın metale sürelen kısmı ısınırken geri kalan kısmı soğuk bırakılmaktadır [11], [32].

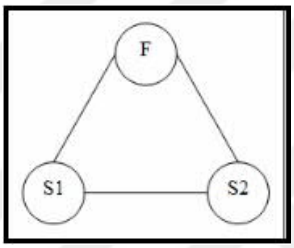
Sistemin bütünü ve parçaları arasındaki ayrılık prensibi, sistemin bütünü ve parçaları arasında farklı çelişki ve gereklilikler olduğu durumlarda, bunlara ayrı olarak çözüm bulunması şeklinde tanımlanabilmektedir. Örnek olarak, bisiklet zincirlerinin bütünde esnek, küçük ölçekte ise sert olması gerekmektedir [11], [32].

Koşula göre ayrılık prensibi, örnek ile açıklamak gerekirse, çocukların duvarları boyamasını engelleyen ve sadece özel kağıda boya yapabilen kalemler koşula göre ayrılık

prensibidir. Güneş ışığında kararan gözlükler koşula göre ayrılık prensibine iyi bir örnektir [11], [32].

2.5.3 Madde – Alan Analizi

Madde – alan analizi mevcut teknolojik sistemlerle ilgili problemlerin modellenmesinde kullanılan bir TRIZ analitik aracıdır. Her sistem bazı fonksiyonları yerine getirmek için yaratılmıştır. İstenilen fonksiyon bazı araçların (F) yardımı ile başka bir nesnenin (S2) neden olduğu bir nesne veya maddeden (S1) elde edilen çıktı olarak tanımlanmaktadır. Madde TRIZ düzeninde herhangi bir karmaşıklık düzeyindeki nesneyi ifade etmekdir. Eylem ve eylemi gerçekleştirmenin yolu bir alan olarak adlandırılmaktadır [4].



Şekil 2.5 Minimum teknik sistem [31]

S1, sistemin eyleminin alıcısıdır.

S2, S1'e bir enerji kaynağının uygulandığı araçtır.

F, maddelere etki eden enerji kaynağı veya alandır

Madde – alan analizi sistemdeki eksikleri, zararları arama ve çözüm önerme, sistemdeki bazı parametrelerin ölçülmesi, aranması ve son olarak da sistemin evriminin bulunmasını amaçlamaktadır. Dört temel model tanımlanmıştır[19] :

1. Etkili komple sistem.
2. Eksik sistem (tamamlanma veya yeni bir sistem gerektirir).
3. Etkin olmayan komple sistem (istenen etkiyi oluşturmak için iyileştirme gerektirir).
4. Zararlı komple sistem (olumsuz etkinin ortadan kaldırılmasını gerektirir).

Mevcut sistemde üç unsurdan bir eksikse yada bir sorun varsa, madde alan analizi yenilikçi düşünce için yönlendirme sunulmaktadır. Yenilikçi bir sorun varsa, daha iyi performans için değiştirmenin yolları önerilmektedir [19].

Üçgen teknik sistemin problem çözme geometrisi içinde kendine özgü kuralları ve 76 Standar Çözüm ile, Madde- Alan analizi için basit yapıların hızlıca modellenmesine izin verilmektedir [4].

Madde – Alan modelini oluşturmak gerekli 4 adım vardır [31]:

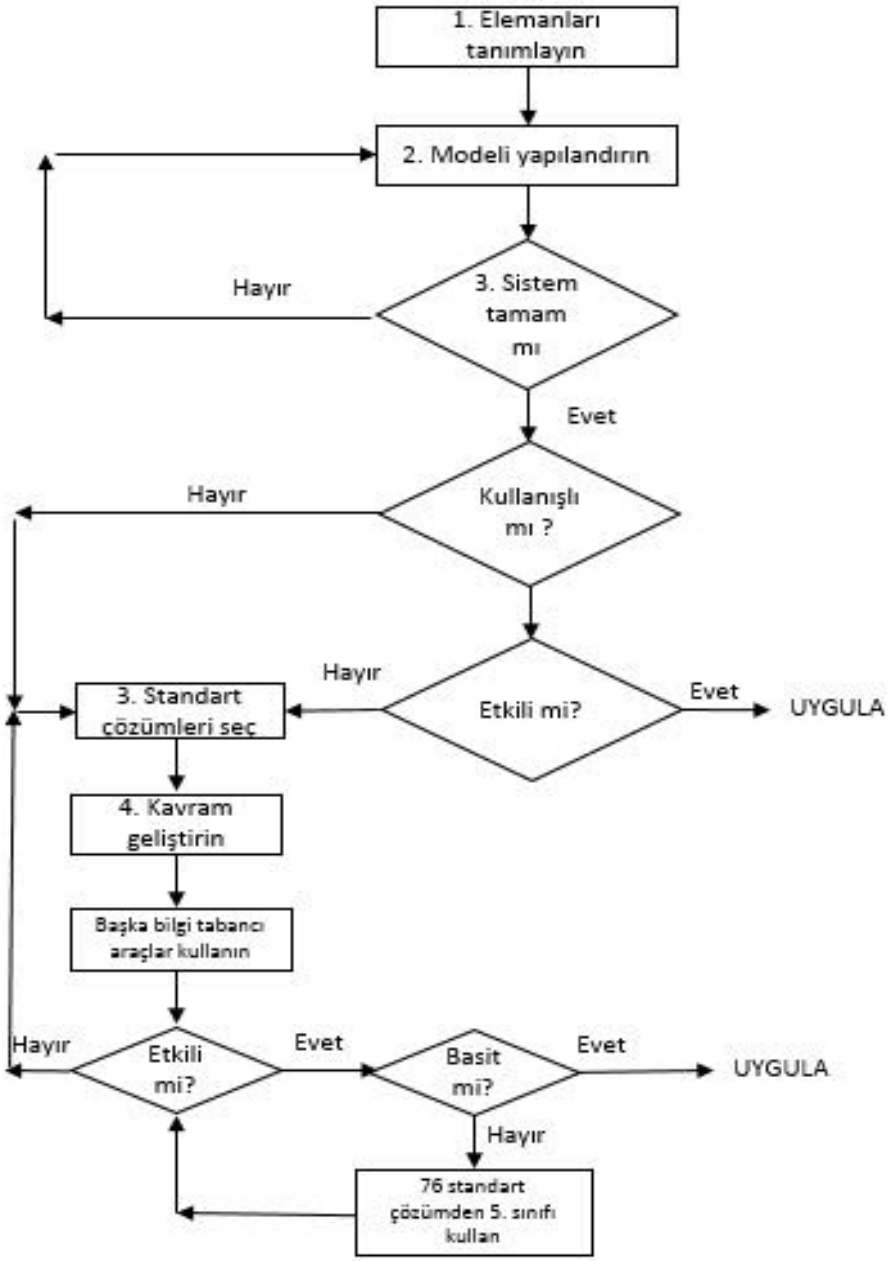
1. Elemanları tanımlayın: Alan ya her iki maddeye de etki ediyor ya da sistem olarak madde 2'nin içinde.

2. Modeli yapılandırın. Bu iki adımı tamamladıktan sonra, sistemin bütünlüğünü ve etkinliğini değerlendirmeyi bırakın. Bazı öğeler eksikse, ne olduğunu belirlemeye çalışın.

3. 76 Standart Çözüm'den çözümleri göz önüne alın.

4. Çözümü desteklemek için bir konsept geliştirin. Adım 3 ve 4'ü takip ederek, etkinlik diğer bilgi tabanlı araçlara geçer.

Şekil 2.6 da Madde – Alan analizinin nasıl uygulanabileceğini gösteren bir diyagram bulunmaktadır.



Şekil 2.6 Madde-Alan analiz diyagramı [4]

Madde – alan analizi 1974-1977 yılları arasında kurulmuştur. Her iyileşme döngüsü mevcut modellerin ve seçeneklerin sayısını arttırmıştır. Günümüzde orijinal çözümlerin iyileştirilmiş halleri olarak 76 standart çözüm vardır [13].

Madde-alan anlizinde her iki madde de malzeme , araç, kişi veya çevre olabilmektedir.

S1, sistemin eyleminin alıcısıdır.

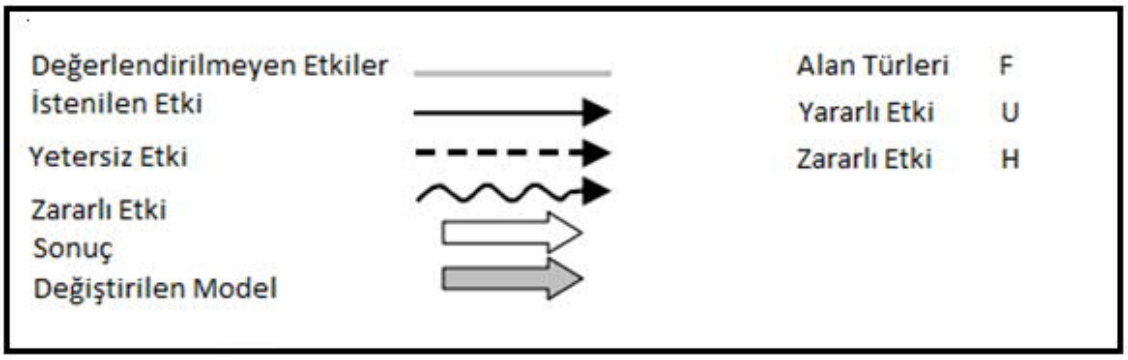
S2, S1'e bir enerji kaynağının uygulandığı araçtır.

F, maddelere etki eden enerji kaynağı veya alandır. Bazı alan örnekleri Şekil 2.6 da gösterilektedir.

Çizelge 2.6 Alan örnekleri

Alan Tipi	Örnekler
Yerçekimi	Yerçekimi, gezegenler arası çekim
Mekanik	Sürtünme, basınç
Akustik	Ses dalgaları
Isıl	Katı iletimi, taşınım veya radyasyon ile ısı iletimi
Kimyasal	Paslanma, yanma, yapışma
Elektirksel	Elektrostatik, elektrik indüksiyon
Manyetik	Manyetostatik, manyetik indüksiyon
Elektro-Manyetik	Işık, lazer, mikro dalgalar, X ışını
Biyolojik	Fermantasyon, bozulma
Nükleer	Nükleer füzyon, nükleer fizyon

Madde-alan analizindeki unsurlar arasındaki ilişkiler beş farklı bağlantı hat ile gösterilmektedir.



Şekil 2.7 Madde-Alan analizindeki bağlantılar [31]

1. Elemanları tanımlayın [15]

Analizin çalışma yöntemi kaya ve çekiç örneği ile anlatılmaktadır. Metal bir pistonun basınçlı hava darbeleriyle hareket ettirilebildiği bir hidrolik çekiç vardır. Dört temel model oluşturma aşamasından geçilerek madde alan analizindeki model kurulacaktır. Öncelikle unsurlar tanımlanacaktır [15].

Görevimiz bir kayayı kırmak.

Fonksiyon = Kayayı kırmak

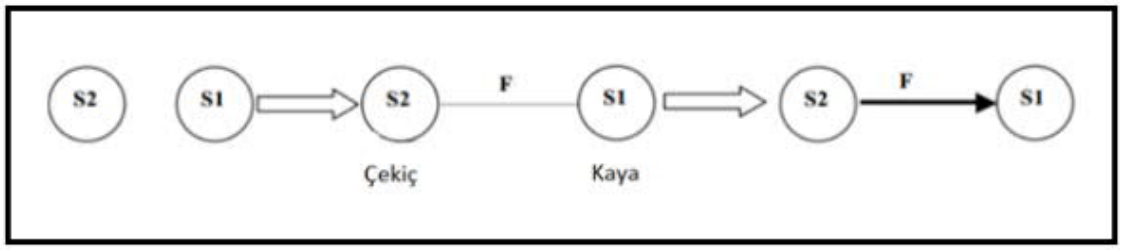
Kaya = S1 (eylemin alıcısı, eylemden etkilenen madde)

Çekiç = S2 (kayaya enerji kaynağı uygulayan araçi eylemi gerçekleştiren madde)

2. Modeli Yapılandırın [15]

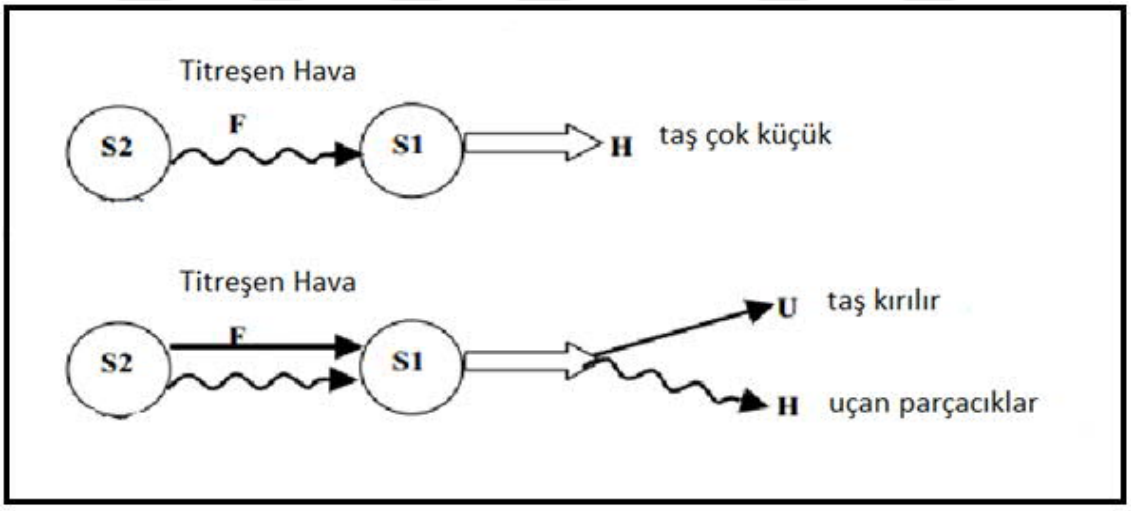
Sadece kaya varsa, yalnızca kaya ve bir çekiç yada sadece bir alan (yerçekimi) ve kaya sistemin tek elamanları ise, model eksik oluşturulmaktadır. Eksik model, mekanik alanın (F) çekiç (S2) tarafından kayaya (S1) tatbik edilmesiyle tamamlanmaktadır. Sistem tamamlandıktan sonra performans analiz edilebilmektedir. Tamamlanmış bir sistemin performansının değerlendirilmesi için 3 olası cevap vardır [4];

a. Etkili komple sistem :Sistem istenilen etkiyi sağlarsa, analiz tamamlanmıştır. Bu sistem istenen etkiyi sağlarsa, S2 ve S1 arasındaki bağlantı katı bir oktur.



Şekil 2.8 Madde-Alan modelinin tamamlanması [4]

b. Zararlı bir etki oluşur :76 Standart Çözümü göz önünde bulundurun. Zararlı komple sistemler, 76 standart çözümün 1.2 alt grubunda bulunmaktadır.



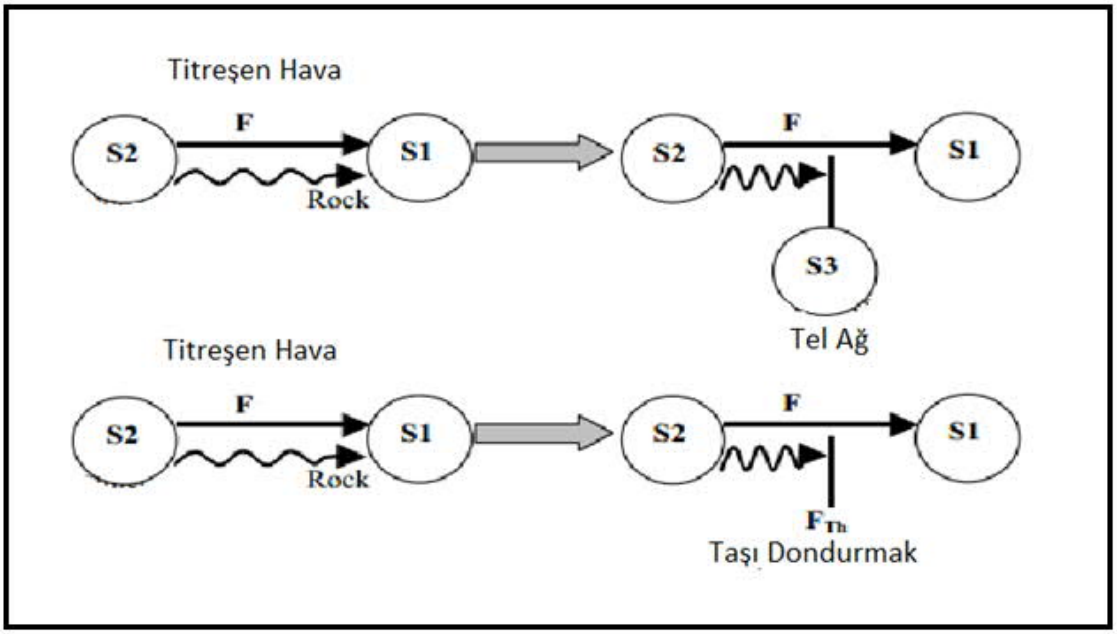
Şekil 2.9 Zararlı bütün sistemler [4]

c. Sonuçlar etkisizdir: 76 Standart Çözümü göz önünde bulundurun.

3. 76 Standart Çözüm'den çözümleri göz önüne alın [18].

Uygulamaya bağlı olarak, yeni bir sistem için S2, S3 ile değiştirilebilir ve/veya farklı bir alan kullanılabilir. Örnekteki zaralı etki uçuşan parçacıklardır. Kayayı metal bir başlık yada tel ile kaplayarak, zararlı etkiyi ortadan kaldırmak için ilave bir madde kullanılmış olur.

Kaya nemliyse taşı dondurma işlemi ile üzerindeki suyun genleşerek kayanın parçalaması sağlanmaktadır. Mekanik kuvvet , titreşen hava yerine büyük bir mengenenin kullanılmasıyla insan gücüne dönüştürülse sisteme alan eklenmiş olunmaktadır.



Şekil 2.10 Modele, farklı bir madde yada alan eklenmesi [4]

4. Çözümü desteklemek için bir konsept geliştirin [4].

Üçüncü aşamada ortaya konulan yapısal değişiklikler problemin original durumuna göre ayarlanmaktadır. Değişiklikler, desteklemek için araştırma yapmaya yönlendirir ve yeni tasarım çözümlerini aramak için yeni talimatlar sunulmaktadır.

5 ana bölüme ayrılan 76 standart çözüm aşağıda yer almaktadır. 76 standart çözüm Altshuller ve arkadaşaları tarafından 1975 ve 1985 yılları arasında derlenmiştir [19] .

1. Değişim olmadan yada çok az değişimle sistemi geliştirmek – 13 standart çözüm
2. Sistemi değiştirerek iyileştirmek – 23 standart çözüm
3. Sistem geçişleri ile sistemi geliştirmek – 6 standar çözüm
4. Sistemde herhangi bir şeyin ölçülmesi veya belirlenmesi ile sistemi geliştirmek – 17 standart çözüm
5. Sistemi basitlştirme ve iyileştirme stratejileri ile geliştirmek – 17 standart çözüm.

Çizelge 2.7 76 standart çözüm

Sınıf 1: İstenilen sonucu elde etmek için istenmeyen sonucu ortadan kaldırmak yada sistemi değiştirmek. Sistemde küçük bir değişiklik vardır yada hiç değişiklik yoktur. Bu grup tamamlanmamış bir sistemi tamamlamak için gerekli çözümleri içerir.
1.1Yetersiz bir sistemin performansını iyileştirme 1.1.1. Eksik bir modeli tanımlayın. Sadece S1 nesnesi varsa ikinci bir S2 nesnesi ve F alanı ekleyin. 1.1.2. Kalıcı veya geçici bir ek kabul edebilen, değiştirilemez bir sistem. S1 veya S2 ye iç katkı maddesi(S3) ekleyin. 1.1.3. 1.1.2'deki gibi ama kalıcı veya geçici S3 katkı maddesini, S1 ve S2'yi değiştirmek için kullan. 1.1.4. 1.1.2'deki gibi ancak çevreden bir kaynağı ek olarak kullan. 1.1.5. 1.1.2'deki gibi, ancak sistemin ortamını değiştirin. 1.1.6. Küçük miktarları kontrol etmek zor olduğu için fazlalık ekleyip kaldırarak kontrol etmek. 1.1.7. Tam etkiyi doğrudan gerçekleştiremeyen ancak başka bir maddeye bağlanma yoluyla istenen etkiyi elde edebilen bir madde kullanılabilir. Mutfaklarda yaygın olan çift kazan buna bir örnektir. Pişirilecek malzeme doğrudan aleve dayanamaz. Alev, iç kap ile temasta olan suyu ısıtır. İç kabın sıcaklığı, suyun kaynama sıcaklığını asla geçmez. 1.1.8. Büyük / güçlü ve küçük / zayıf etkilerden oluşan bir sistem gereklidir. Küçük etkileri gerektiren yerler S3 maddesi ile korunur. İlaçların küçük cam ampuller alevle kapatırlırken gelen ısı ilacı bozabilir. Bu nedenle ilacı güvenli bir sıcaklıkta tutmak için ampulleri suya daldırın. 1.2. Zararlı etkileri ortadan kaldırmak veya etkisiz hale getirmek 1.2.1. Mevcut tasarımda S1 ve S2 ile doğrudan temas halinde olması gerekmediği faydalu ve zararlı etkiler mevcuttur. S3 ekleyerek zararlı etkilerin ortadan kaldırılmasıdır. 1.2.2. 1.2.1'e benzer ama S3 eklenmez, S2 veya S2 değiştirilerek zararlı etki ortadan kaldırılır. Bu çözümde madde gibi davranan bir alan yada boşluk, vakum, kabarcık, köpük gib "hiçbir şey" eklenir. 1.2.3. Alan sebebi ile olan zararlı etkenleri emmek için S3 eklenir. 1.2.4. S1 ve S2 elementlerinin temas halinde olması gereken sistemde faydalı ve zararlı etkiler mevcuttur. F1'in zararlı etkisini ordana kaldırmak için F2 eklenir. F2 nin zararlı etkiyi etkisiz hala getirmesi veya yararlı etki sağlamasıdır. 1.2.5. sistemdeki bir maddenin manyetik özelliği nedeni ile zararlı nir etki olabilir. Manyetik maddenin Curie noktasının üzerine ısıtılması veya zır bir manyetik alanın eklenmesiyler etkinin giderilmesidir.
Sınıf 2: Madde- Alan sistemini geliştirmek
2.1. Karmaşık Madde-Alan modellerine geçiş 2.1.1. Zincir madde alan modeli: Tek modelli sistemi, S2 ve F1 uygulanmış S3'ün F2 ile S1'ye uygulanmış hale dönüştürmesi. İki modelin sırası bağımsız olarak değiştirilebilir. 2.1.2. ikili madde-alan modeli: İyi kontrol edilemeyen bir sistemin iyileştirilmesi için mevcut sistem ögelerini değiştiremediğimiz durumda S2 ye ikindi bir alan uygulanır. 2.2. Madde alan modellerini zorlama

Çizelge 2.7 76 standart çözüm (devamı)

2.2.1. Kötü kontrol edilen alanı, iyi kontrol edilen bir alan ekleyin yada iyi kontrol edilen bir alan ile değiştirin. Örneğin, bir hidrolik kontrol sistemini elektrikli veya elektronik bir sistemle değiştirmek. 2.2.2. S2'yi makro seviyeden mikro seviyeye değiştirmek. 2.2.3. S2'yi gaz veya sıvının geçmesine izin verecek gözenekli veya kılcal bir malzemeyle değiştirmek. Örneğin, mürekkep yazma sistemlerinin evrimi, tek bir kılcal boru olarak işlev gören bölünmüş bir uçtan, bir silindir topa, bir keçe veya elyaf ucuna (çok sayıda kılcal) gözenekli bir top haline gelmiştir. 2.2.4. Sistemi daha esnek ve uyumlu bir hale getirmek 2.2.5. Kontrolsüz alanı önceden belirlenmiş bir alana dönüştürmek. Bu kalıcı veya geçici olabilr. 2.2.6. Tek şekilli ve kontrol edilemeyen bir maddeyi önceden belirlenmiş yapı ile tek şekilli olmayda bir maddeye dönüştürmek. Dönüştürülen madde kalıcı veya geçici olabilir. 2.3. Performansı geliştirmek için bir veya iki maddenin freaksının doğal frekansa uyup uymamasının kontrol edilmesi. 2.3.1. F ile S1 yada S2 nin frekansının uyup uymaması 2.3.2. F1 ve F2 nin ritimlerinin eşleştirilmesi 2.3.3. İki uyumsuz ve yada bağımsız iki sistemde her birinin diğerinin çalışmadığı durumda çalışması. 2.4. Ferromanyetik malzemenin manyetik alan ile birleştirilerek, sistemin performansının arttırılması. 2.4.1. Sisteme ferromanyetik malzeme ve/veya manyetik alan eklemek. 2.4.2. 2.2.1. ve 2.4.1 'in birleştirlmesi. Daha fazla kontrol edilen alanlarda ferromanyetik malzemeler ve manyetik alanlar kullanılması. 2.4.3. 2.4.2 de manyetik sıvı kullanım durumudur. 2.4.4. Mantetik parçacıklar veya sıvı içeren kılcak yapılar kullanılması. 2.4.5. Manyetik olmayan bir nesneye manyetik özelliği vermek için geçici veya kalıcı katlı maddeleri kullanmak. 2.4.6. Nesneyi manyetik yapmak mümkün olmadığı durumda ferromanytik malzemeleri kullanmak. 2.4.7. Doğal olgular kullanmak. 2.4.8. Dinamik, değişken veya kendinden ayarlı bir manyetik alan kullanın. 2.4.9. Bir malzemenin yapısını ferromanyetik parçacıklar koyarak değiştirmek ve bunları uzaklaştırmak için manyetik alan uygulamak. Duruma göre yapısalandırılmamış sistemden yapılandırılmış bir sisteme geçiş yada tersi duruma geçiş. 2.4.10. Fe-alan modellerinde ritimlerin eşleştirilmesi. Fe- alan , ferromanyetik bir malzemeden kaynaklanan manyetik alana verilen addır. Makro sistemlerde, bu ferromanyetik parçacıkların hareketini arttırmak için mekanik titreşim kullanımıdır. 2.4.11. Manyetik alan oluşturmak için elektrik akımı kullanmak. 2.4.12. Reolojik sıvılar, bir elektrik alanı tarafından kontrol edilen viskoziteye sahiptir. Sıvı / katı faz geçişlerini taklit edebilirler ve buradaki her yöntem ile birlikte kullanılabilir.
Sınıf 3: Sistem geçişleri
3.1. İkili ve çoklu sistemlere geçiş

Çizelge 2.7 76 standart çözüm (devamı)

3.1.1. Sistem geçişi 1: ikli ve çoklu sistemler yaratmak 3.1.2. İkli ve çoklu sistemlerde bağlantıları geliştirmek 3.1.3. Maddeler arasındaki farklılıkları arttırmak 3.1.4. İkili ve çoklu sistemlerin basitleştirilmesi 3.1.5. Bütünün ve parçalarının karşıt özellikleri 3.2. Mikro seviyeye geçiş 3.2.1. Sistem geçişi 2: Mikro seviyeye geçiş
Sınıf 4: Belirlemek ve ölçme. İkisi de genellikle kontrol içindir. Belirlemek çift yönlüdür, bir şey ya olur ya olmaz. Ölçümde miktar belirleme ve doğrulamak vardır.
4.1. Dolaylı yöntemler 4.1.1. Belirlemek yada ölçmek yerine sistemi değiştirmek. Böylece artık ölçme ve belirlemeye gerek kalmaz. 4.1.2. 4.1.1. kullanılamıyorsa, kopya veya resmini ölçmek. 4.1.3. 4.1.1. ve 4.1.2 kullanılamıyorsa, sürekli ölçüm yerine iki kere belirleme kullanmak. 4.2. Bir ölçüm sistemi oluşturun yada sentezleyin. Mevcut sisteme bazı madde ve alanlar eklenmelidir. 4.2.1. Tamamlanmamış bir madde – alan sistemi belirlenemez ve ölçlemezse, çıktısı alan olan tek yada çift madde-alan sistemi oluştururlur. Mevcut alan yetersizse, orijinal sisteme müdahale etmeden alanı değiştirmek veya geliştirmek. 4.2.2. Eklenen katkı maddesini ölçmek. Katkı maddesi orjinal sistemde değişikliğe neden olur ve bu değişiklik ölçülür. 4.2.3. Sistem hiçbir şey eklenemezse, dış ortama yerleştirilmiş katlı/katkılar tarafından oluşturulmuş alanın sistem üzerindeki etkisini ölçmek yada belirlemek. 4.2.4. 4.2.3 deki gibi sistem çevresine katkı maddesi eklenmezse, ortamda mevcut olan bir şeyin durumumu değiştirerek yada parçalayarak oluşturmak ve bunun etkisini ölçmek. 4.3. Ölçüm sisteminin iyileştirilmesi 4.3.1. Doğal olguları uygulayın. Sistemde mevcut bilimsel etkileri kullanarak onlarda meydana gelen değişiklikleri gözlemleyerek sistemin durumunu belirlemek. 4.3.2. Sistemdeki değişiklik doğrudan yada alanın geçirilmesiyle belirlenemezse, değişiklikleri ölçmek için sistemin yada maddenin rezonans frekasını ölçmek. 4.3.3. 4.3.2 mümkün değilse, özellikleri bilinen bir madde ile birleşmiş maddenin rezonans frekansını ölçmek. 4.4. Madde – alan ölçümü Ferromanyetik malzemelerin ölçümü, uzaktan algılama, minyatür cihazlar, fiber optik, mikroişlemciler vb. geliştirilmeden önce popülerdi. 4.4.1. Ölçümü kolaylaştırmak için ferromanyetik bir madde ve manyetik bir alan kullanın veya ekleyin 4.4.2. Elde edilen manyetik alanın tespiti ile ölçümü kolaylaştırmak için sisteme manyetik parçacıklar ekleyin yada maddeyi ferromanyetik parçacıkla değiştirin. 4.4.3. Sisteme ferromanyetik parçacık eklenemezse çevreye ekleyin. 4.4.4. Doğal olayların etkilerini ölçmek. Curie noktası, manyetizma, süperiletkenliğin giderilmesi gibi. 4.5. Ölçme Sistemlerinin evrim yönü 4.5.1. İkili ve çoklu sistemlere geçmek. Tek bir ölçüm sistemi yeterli doğruluk vermezse,

Çizelge 2.7 76 standart çözüm (devamı)

iki veya daha fazla ölçüm sistemi kullanmak veya birden fazla ölçüm yapmak. 4.5.2. Bir olgunun doğrudan ölçümü yerine, birinci ve ikinci türevlerini zaman içinde veya uzayda ölçün.
Sınıf 5: Sistemi basitleştirme ve iyileştirme stratejileri ile geliştirmek
5.1. Maddeleri tanıtmak 5.1.1. Dolaylı yollar 5.1.1.1. Hava, vakumi köpük, kabarcık, boşluklar gibi “hiçbir şey” kullanın. 5.1.1.2. Madde yerine alan kullanın 5.1.1.3. Dahili yerine harici katkı maddesi kullanmak. 5.1.1.4. Az miktarda çok etkili bir katkı maddesi kullanmak. 5.1.1.5. Katlı maddesibi belirli bir yerde yoğunlaştırmak 5.1.1.6. Katkı maddesini geçici olarak tanıtmak 5.1.1.7. Orjinal nesnede katkı maddesine izin verilmiyorsa, bunun yerine katkı maddesi kullanımına izin veren kopya ya da modelini kullanmak. Modern kullanımda, bu simülasyonların kullanımını içerir. 5.1.1.8. istenilen maddenin tanıtımının zararlı olduğu durumda, reaksiyona girerek istenilen element yada birleşiği oluşturacak kimyasal bileşik tanıtmak 5.1.1.9. Çevrenin yada nesnenin kendisini ayrıştırması ile gerekli katkıyı elde edin. 5.1.2. Elementleri daha küçük birimlere ayırmak 5.1.3. Katkı maddesi kullanıldıktan sonra kendini yok eder. 5.1.4. Koşullar büyük miktarda malzemelerin kullanımına izin vermiyorsa “hiçbir şey” kullanmak. 5.2. Alanlar kullanın 5.2.1. Başka bir alan oluşturmak için bir alan kullanın. 5.2.2. Çevrede bulunan alanları kullanın 5.2.3. Alan kaynağı alan maddeleri kullanın. 5.3. Faz geçişleri 5.3.1. Faz geçişi 1: Fazların yerini almak 5.3.2. Faz geçişi 2: İki fazlı durum 5.3.3. Faz geçişi 3: Faz değişimindeki eşlik eden olaları kullanmak. 5.3.4. Faz geçişi 4: İki fazlı duruma geçiş 5.3.5. Fazların etkileşimi: Sistemin elemanları veya fazları arasındaki etkileşimi arttırarak, sistemin etkinliğini arttırmak 5.4. Doğal olayları uygulama 5.4.1. Kendinden kontrollü geçişler: Eğer bir nesne bir kaç farklı durumda olmak zorunda ise bir halden diğerine kendi kendine geçmelidir. 5.4.1. Zayıf giriş alanı olduğunda çıkış alanını güçlendirmek. 5.5. Daha yüksek veya daha düşük madde formları oluşturmak 5.5.1. Ayrışma yolu ile madde parçacılarının elde edilmesi. 5.5.2. Birleşerek madde parçaçıllarının elde edilmesi. 5.5.3. 5.5.1. ve 5.5.2 standart çözümlerinin uygulanması. Yüksek yapısal seviyedeki bir maddenin ayrışması gerkiyorsa ve ayrışmıyorsa bir sonraki yüksek seviyedeki madde ile başklamak. Aynı şekilde, bir madde düşük yapısal seviyedeki malzemelerden oluşmalıysa ve oluşamazsa bir sonraki yüksek yapısal seviye ile başlamak

2.5.4 Yaratıcı Problem Çözme Algoritması (ARIZ)

ARIZ, Rusça "Yaratıcı Problem Çözme Algoritması" cümlesinin kısaltmasıdır. Karmaşık problemler bir kaç adımda çözülemek , ARIZ karmaşıklığı yüksek olan problemlerin çözümünde kullanılmaktadır.ARIZ'ın yıllar boyunca geliştirildiği birkaç sürümü var [11].

Karmaşık olan ve başka hiçbir araçla çözülemeyen problemler için TRIZ, problem çözme sürecini kolaylaştırmak için ARIZ algoritmasını izlemektedir. ARIZ yaratıcı çözüm bulmak için bir seri farklı soru sorarak TRIZ'in farklı parçalarını birleştirmektedir[12].

Bir problem reform süreci olarak tanımlanmaktadır.

Mantıklı ve disiplinlidir.

Sorunu sürekli yeniden yorumlamaktadır.

Çelişkileri çözmek için ana TRIZ yöntemidir

ARIZ, TRIZ 'in problemin ideal çözümünün anlaşılması için ideallik, önce teknik çelişki sonra fiziksel çelişkileri, sistemin kaynakları, bilimsel etkiler, madde-alan modellemesi ve standart çözümler, 40 buluş prensibi yöntemlerini kullanmaktadır. ARIZ 3 ana gruptan oluşan 9 seviyeden oluşur [20].

Çizelge 2.8 ARIZ'in 9 seviyesi

I. Orijinal Sorunun Yeniden Yapılanması
1. Sistemi Analiz Edin 2. Kaynakları Analiz Edin 3. İdeal Sonucu Tanımlayın ve Fiziksel Çelişkiyi Formüle Edin
II. Fiziksel Çelişkiyi Kaldırmak
4. Fiziksel Çelişkilerin Ayrılması 5. Bilgi Tabanını Uygulayın: Etkiler, Standartlar ve İlkeler 6."Mini Problem" i değiştirin
III. Çözümü Analiz Etmek
7. Çözümü Gözden Geçirin ve Fiziksel Çelişkinin Giderilmesini Analiz Edin 8. Çözümün Maksimum Kullanımını Geliştirin 9. Gerçek Zamanlı Uygulamada Çözüme Ulaştıran Tüm ARIZ Aşamaları Gözden Geçirin

2.5.5 76 Standart Çözüm ile 40 Buluş Presibinin Eşleştirilmesi

40 yenilikçi problem çözme ilkesi en popüler araçlardan biridir. Popülerliği en önemli sebebi kolay erişilebilirliğidir [36].

Çizelge 2.9 40 buluş prensibi ve 76 standart çözümün karşılaştırılası [36]

40 buluş prensibi		**79 standart çözüm**	
No	**Tanımı**	**No**	**Tanımı**
1	Dilimlemek, bölmek, parçalamak	5.1.2.	Daha küçük birimlere ayırın
		2.2.2	Tüm nesne yerine parçacıklar kullanın
		2.2.4	Nesneyi parçalara ayırın, ardından parçaları birleştirerek esnek hale getirin
		3.2.1	Mikro seviyeye geçiş
2	Çıkarma, ayırma		
3	Lokal Kalite	1.1.8.2	Belirli bölgeleri bir eylemin tüm etkilerinden koruyun
		1.2.5	Yerel ihtiyaca göre bir manyetik alanı açın veya kapatın.
		2.2.6	Tek tip yapıdan duruma özel yapıya geçiş
		5.1.1.5	Bir katkı maddesini tek bir yere konsantre edin
4	Asimetri	2.2.6	Tek tip yapıdan duruma özel yapıya geçiş
5	Kaynaştırma, birleştirme	1.1.2-1.1.5	Katkı maddesi, geçici veya kalıcı, dahili veya harici, çevreden veya çevreyi değiştirmekten
		3.1.4	Bi ve Poly sistemlerinin basitleştirilmesi
6	Evrensellik, genellik		
7	Birbirinin içine girebilme		
8	Ağırlık azaltma, dengeleme		
9	Başlangıçta eylemsizlik		
10	Başlangıçta hareket		
11	Önceden güvenliliği sağlama	1.1.8.1	Zayıf bir maddeyi potansiyel olarak zararlı bir olaydan korumak için bir madde kullanın.
12	Alternatif potansiyellilik		
13	Tersinden yapma	2.4.6	Nesneye değil de çevreye manyetik materyaller yerleştirin
14	Küresellik, eğrilik	2.4.6	
15	Dinamik	2.2.4.	Sistemi esnek yapmak
		2.4.8	Dinamik manyetik alanlar kullanın
16	Kısmi veya aşırı eylemler	1.1.6	Bir fazlalık uygulayarak ve kaldırarak küçük miktarları kontrol edin
		5.1.4	Kabul edilebilir olandan daha fazlasını tanıtmayı simüle etmek

Çizelge 2.9 40 buluş prensibi ve 76 standart çözümün karşılaştırılası (devamı) [36]

40 buluş prensibi		**79 standart çözüm**	
No	**Tanımı**	**No**	**Tanımı**
17	Diğer boyut		
18	Mekanik titreşim	2.3.1.	Alanın doğal frekanslarını madde ile eşleştirin
		2.4.10	Titreşimi manyetik alanlarla birlikte kullanın
		4.3.2	Bir sistemdeki değişiklikleri, rezonans frekansındaki değişikliklerle ölçün
19	Periyodik hareket	2.2.5	Kontrolsüz bir alanı yapılandırılmış bir alanla değiştirin
		2.4.10	Manyetik alan rezonansı kullanın
20	Yararlı hareketlerin sürekliliği	2.3.3.	Birinin diğerinin kapalı kalma süresi boyunca bir işlemi yapması
21	Acele etme		
22	Zararı yarara dönüştürme (Limonları limonataya çevirmek)	1.2.2	Zararlı etkileri ortadan kaldırın (ve 1.2 dekiler)
23	Geri-besleme	5.4.1	Kendinden kontrollü değişiklikler
		2.4.8	Dinamik manyetik alanlar kullanın
24	Aracı kullanma	1.1.7	Başka birinin eylemlerini mümkün kılmak için bir nesneyi kullanın.
		2.4.9	Manyetik parçacıkları kullanarak yapılar oluşturun
		2.4.5	Geçici olarak bir ferromanyetik katkı maddesi tanıtın
		1.1.2-1.1.5	Geçici bir katkı maddesi kullanın, dahili veya harici
		5..1.1.6	Geçici olarak bir katkı maddesi tanıtın
		4.1.2	Bir kopyasını ölç
25	Kendi kendine hizmet	5.4.1	Kendinden kontrollü değişiklikler
		2.4.8	Dinamik manyetik alanlar kullanın
26	Kopyalama	4.1.2	Bir kopyasını ölç
		5.1.1.7	Orijinal yerine kopyaya katkı uygulayın
27	Ucuz kısa ömürlü nesneler		

Çizelge 2.9 40 buluş prensibi ve 76 standart çözümün karşılaştırılası (devamı) [36]

40 buluş prensibi		**79 standart çözüm**	
No	**Tanımı**	**No**	**Tanımı**
28	Mekanik sistemin ikamesi	2.4.11	Manyetik parçacıklar yerine elektrik akımı kullanın
		4.2 (all)	Algılanabilen veya ölçülebilen bir alan oluşturun
		5.1.1.2	Bir madde yerine bir alan kullanın
29	Pnömatik ve hidrolik	2.4.3	Manyetik sıvılar kullanın
		5.1.1.1	“Hiçbir şey” kullanın
		5.1.4	Yapıları simüle etmek için “hiçbir şey” kullanın
30	Esnek kabuklar ve ince filmler	2.2.6	Tek tip bir yapıdan duruma özgü bir yapıya geçiş
31	Gözenekli malzemeler	2.2.3	Gözenekli veya kılcal malzemeler kullanın
		2.2.6	Tek biçimli yapıyı tek biçimli olmayan yapıya değiştir
		2.4.4	Manyetik bir malzemede kılcal veya gözenekli yapılar kullanın veya manyetik sıvı içerir
32	Renk değiştirme	4.1.3	Ölçüm yerine algılama kullanın
		4.3.1	Sistemi doğal olaylarla ölçün
33	Homojenlik		
34	Gözden çıkarma ve yeniden ele alma	5.1.3	Katkı kullanıldıktan sonra kaybolur
35	Parametre değişikliği	5.3.1	Faz değişimi
		1.1.2-1.1.5	Katkı maddesi, geçici veya kalıcı, dahili veya harici, çevreden veya çevreyi değiştirmek
		2.4.12	Reolojik sıvılar kullanın
36	Hal geçişleri	5.3.2,4,5	Faz değişikliklerinden eşlik eden efektleri kullanın
		2.4.7	Manyetik geçişlerin fiziksel etkilerini kullanın
		4.1.1	Bir sistemi, sıcaklık, basınç, manyetik alan vb. Ölçmek yerine, faz geçişi yoluyla kontrol edin
		4.3.1	Sistemi doğal olaylarla ölçün
37	Isıl genleşme	4.1.1	Sıcaklığı ölçmek yerine bir sistemi termal genleşme yoluyla kontrol edin
		4.3.1	Sıcaklık yerine genleşmeyi ölçün
38	Kuvvetli oksitlendiriciler	5.5	İhtiyaç duyulan iyonları, molekülleri vb. Almak. 5.51, 5.52 ve 5.53'ü içerir
		5.1.1.4	Az miktarda çok aktif katkı maddesi kullanın.
39	Eylemsiz atmosfer	1.1.3	Katkı maddesi, geçici veya kalıcı, harici
		1.1.5	Sistem ortamını değiştirin
40	Kompozit malzemeler	5.1.1.1	“Hiçbir şey” ekleyin- foam, petek vb.

BÖLÜM 3

RAHİM İÇİ ARAÇLAR VE KARŞILAŞTIRILMASI

3.1 Rahim İçi Araç Tanımı

Bakır taşıyan rahim içi araçlar, gelişen dünyada kullanılan en popüler aile planlaması yöntemlerinden biri haline gelmiştir. Dünyada en sık kullanılan uzun etkili geri dönüşümlü doğum kontrol yöntemidir [23].

Kontrasepsiyondeki yüksek etki süresi, düşük başarısızlık oranı, geri dönüşebilirlik ve düşük maliyet nedeniyle, bakır RİA dünyadaki 130 milyondan fazla kadın tarafından kullanılıyor. Rahim içi araç kullanımı pek çok dezavantaja da sahiptir. Anormal kanama, ağrı ve kramplar gibi olumsuz etkileri kullanımın ilk birkaç ayında bakır iyonlarının patlamasından kaynaklanabilir. Bakır rahim içi araçların ana kullanım sınırlılığı budur [26].

Bakır rahim içi araç çeşitleri şekil ve bakır miktarı olarak birbirinden farklılık göstermektedir. Tcu 200, Tcu 220, Multiload 250 ve 375, TCu 380A gibi çeşitleri vardır. Bazı çalışmalarda, TCu380A ve Multiload TCu375 gibi nispeten büyük bakır yüzeyine sahip rahim için araçların, hamileliği önlemede daha az bakır içeren rahip içi araçlardan daha etkili olduğunu gösterilmiştir[48].

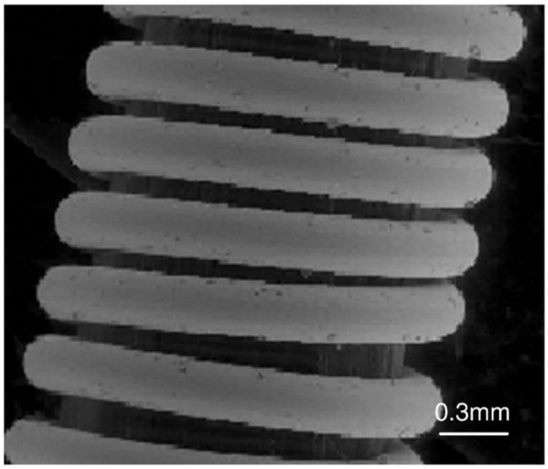
Bakır rahim içi araçların birinci etki mekanizması sperm öldürücü sitotoksik inflamatuar reaksiyon ile döllenmemin önlenmesidir. Bakır konsantrasyonu önemlidir ve sperm hareketliliğinin engellenmesine yol açar. Bakır iyonlarının salım yoğunluğunun artması doğum kontrol efektivitesini arttırmaktadır [63].

Doğum kontrol eylemi için gereken minimum bakır iyon miktarı günde 20-80 mikrogramdır. Bakır rahim içi araçların doğum kontrol etkinliği, araçtaki bakırın yüzey alanı ile ilgilidir[21].

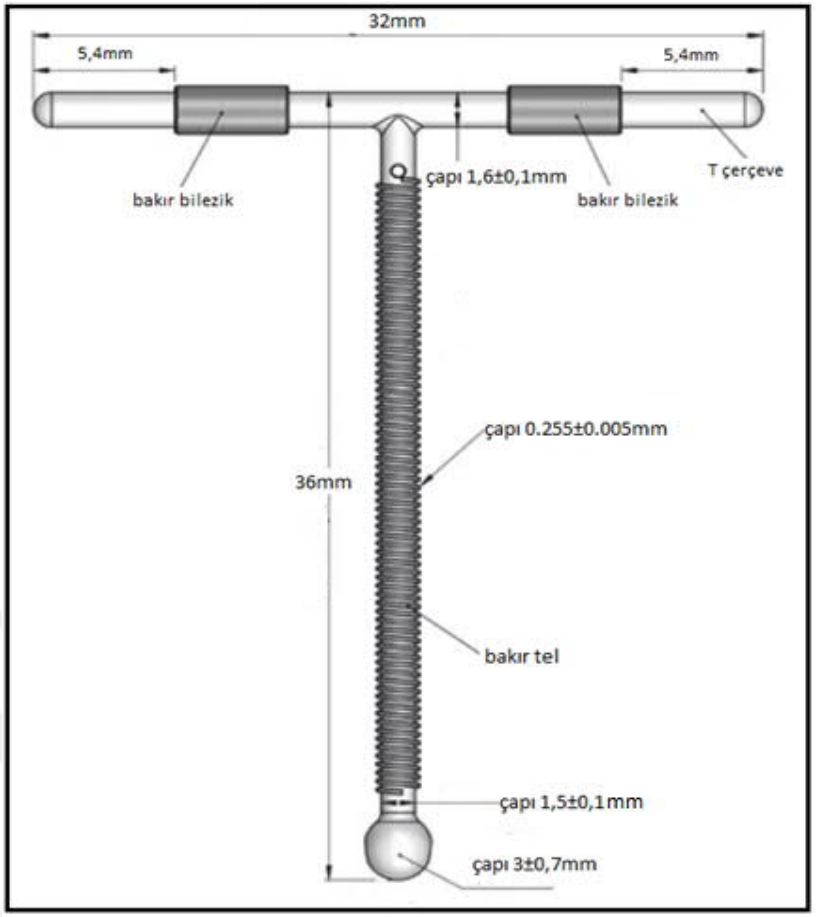
3.2 TCu380A Rahim İçi Aracın Yapısı ve Özellikleri

Tcu 380A ilk olarak 1986 da bulunmuştur. T şeklinde yatay olarak 32mm dikey olarak 36mm olan dikey sapın ucunda 3mm çapında top olan rahim içi bakır kontraseptif aracıdır. Her biri en az 10,5 cm uzunluğunda iki beyaz monofilament polietilen iplik, aracın algılanmasına ve çıkarılmasına yardımcı olmak için ucundan bağlanmaktadır.

T-çerçevesi, aracın x-ışını altında tespit edilmesine yardımcı olmak için baryum sülfat ile polietilenden yapılmıştır. T çerçevenin yatay kol çapı 1,6±0,1mm, dikey çapı 1,5±0,1mm'dir. TCu380A'nın yatay kollarına birer bakır bilezik takılıdır. TCu380A, dikey gövde boyunca yaklaşık 176 mg tel sarılmış ve yatay kolun her bir tarafında 68.7 mg bakır bilezik içermektedir. Kullanılan bakırın saflık oranının %99.99 olması gerekmektedir Yatay iki kolda bulunan bakır bileziklerin yüzey alanı 35mm^2, gövdeki bakır telin yüzey alanı 310mm^2 olup toplam bakır yüzey alanı 380±23mm^2'dir. Sarılmış olan bakır telin çapı 0.255±0.005mm'dir, bakır bieziklerin iç çapı 1,68±0,025mm ve dış çapı 2,2±0,025mm'dir. Bakır bileziklerin uzunluğu 5±0,15mm olmalıdır. Yatay kollardaki bakır bilezikler kolların bitiminden 5,4±0,4mm uzakğa yerleştirilmektedir[23],[25],[62].



Şekil 3.1 Bakır rahim içi aracın SEM görüntüsü [63]



Şekil 3.2 TCu380A görünümü [62]

Aracın uterusa yerleştirmek için bir yerleştirme tüpü kullanılmaktadır. Yerleştirme borusu, yerleştirme çubuğu çıkarılırken TCu380A RİA'nın uterus içinde doğru şekilde konumlandırılmasını sağlamaktadır. Hareketli plastik flanş, yerleştirme derinliğini kontrol etmek ve yerleştirme sırasında aracın uterusa doğru konumlandırılması için yerleştirme tüpü üzerine yerleştirilir. Yerleştirme sırasında, enlemesine kollar, araçın servikal kanal içinden yerleştirilmesini kolaylaştırmak için uçlar yerleştirme borusunun içine yerleştirilecek şekilde bükülmüştür. Rahim içi araçın tepesi uterus ile temas ettiğinde, itici tüp pozisyonda kalırken, yerleştirme çubuğu çekilir. Daha sonra yerleştirme borusu çıkarılır [23], 25].

3.3 Bakır Rahim içi Araçların Karşılaştırılması

Bakır rahim içi araçlar optimum düzeyde fayda sağlamak için zaman içinde şekil ve bakır miktarı değiştirilerek kullanılmıştır. Bu araçlar denekler üzerinde denenmiş ve sonuçlara göre gelişim yolu şeçilmiştir. Aşağıda bazı bakırlı rahim içi araçların karşılaştırılması yapılmaktadır.

3.3.1 TCu380A Rahim İçi Araç ve TCu200 Rahim İçi Aracın Karşılaştırılması

TCu 200 RİA, X ışını üzerinde tespit için baryum sülfat ile polietilenden yapılmış T şeklinde bir bakır rahim içi araçtır. Aracın etrafına 200 mm2 bakır tel sarılıdır, çapraz kolu 32 mm genişliğinde ve dikey kolu 36 mm uzunluğundadır. İki polietilen iplik, araçın gövdesinde bağlantı noktasındaki bilyaya belirteç olarak tutturulur [52].



Şekil 3.3 TCu200 görünümü [36]

İlk bulunan rahim içi araç TCu200 ve en yaygın kullanıma sahip TCu380A rahim içi araç 12 ay boyunca 6 farklı bölgede gerçekleştirilen klinik performans sonucu karşılaştırılmış ve değerlendirlmesi açıklanmıştır [52]. Bu bölgeler ; Yaounde, Kamerun; Arica, Şili; İskenderiye, Mısır; San Salvador, El Salvador; Durango, Meksika; ve Karaçi, Pakistan'dır. Çalışmaya katılan tüm denekler sağlıklı ve rahim içi araç kullanıma herhangibir engeli olmayan, çalışma hakkında bilgilendirimiş kadınlardı. Rahim içi araç ataması 18 ila 40 yaşları arasındaki kadınlara , yerleştirme sırasında rastgele yapılmıştır ve deneklerin son hamileliklerinin en a 40 gün önce sona ermiş olması ve başarısız bir rahim içi araç kullanımı yaşamamış olması gerekmektedir. Denekler 1,3, 6 ve 12inci ayda yada herhangi bir komlikasyon meydana geldiğinde kontrol edilecektir. Deneklere her görüşmede fiziksel ve pelvik muayene yapılacaktır. Denek çalışma sırasında hamile kalırsa, herhangi bir nedenle rahim için araç çıkar/çıkarılırsa çalışmaya tabi tutulmayacaktır. Bu analiz 6 farklı bölgede gerçekleştirilmiş olsada tüm merkezler aynı çalışma protokolünü takip etmiş ve aynı rahim için araçlar karşılaştırılmaktadır. 1631 denekten 818'üne Tcu380A, 813'üne TCu200 rahim içi araç yerleştirilmiştir. Çizelge 3.1 dedeneklerin temel özellikleri ve üreme geçmişleri gösterilmiştir. Denekler bu özellikler açısından benzer ve hiç doğum yapmamış değillerdir [23].

Çizelge 3.1 TCu380A ve TCu200 kullanan kadınların genel özellikleri

Karakteristik Özellik	TCu380A	TCu200
Yaş (ortalama)	27,1	26,7
Doğurma sayısı (ortalama)	3,5	3,3
Eğitim yılı (ortalama)	8,2	8,2
Yeniden çocuk sahibi olmak istiyor mu (Evet)	52,2	56,4
Emzirme (Hayır)	55,3	54,6
Emzirme (Evet)	23,4	23
Emzirme (Zaman zaman)	21,4	22,4
RİA yerleştirilmesinden önceki ay doğum kontrol yöntemini kullandı (Evet)	43	43,9
Adet durumu (amenore)	16,9	14,6
Adet durumu (düzenli)	83,1	85,4
Son gebelik sonlandırılmasından rahim içi araç yerleştirilmesine kadar geçen süre (ortalama ay)	20,6	20,6

Deneklerden her başvuruda ve kontrolden önceki son adet dönemlerini tanımlamaları istenmiştir. Çizelge 3.2, rahim içi araç kullanmaya başladıktan sonra ve takip eden kontrol arasında adet dönemlerinde negatif değişiklik raporlayan denekler gösterilmektedir. TCu380A grubundaki önemli ölçüde fazla denek dismenore artışı bildirmiştir. Rahim içi araç takmadan önce ve takip eden adet dönemindeki, kanama, pelvik ağrısı gibi negatif değişiklikler her iki grupta da benzerdir. Rahim içi araç yerleştirilmesinden sonraki ilk yıl içinde kabul ve takip ziyaretleri arasında adet özelliklerinde bildirilen olumsuz değişiklikler Çizelge 3.2 de gösterilmektedir [51].

Çizelge 3.2 Bildirilen olumsuz değişiklikler [23]

Adet dönemindeki karakteristik	TCu380A(%)	Tcu200(%)
Dismenore artışı	42,5	35,9
İntermenstrüel kanamada artış	23,6	20,8
İntermenstrüel palvik ağrısında artış	30,02	30,08

Takip sırasında raporlanan iltihap ve enfeksiyona ilişkin veriler Çizelge 3.3 de gösterilmektedir. Her iki gruptan da 752 kişinin verileri raporlanmıştır. TCu200 rahim içi araç grubunda, TCu380A grubundan daha fazla sayıda denek, çalışma sırasında enflamasyon ve / veya enfeksiyon olduğu bildirilmiş veya teşhis edilmiştir. Enfeksiyonların çoğu, rutin takip ziyaretleri sırasında yerleştirmeden sonraki ilk 6 ay içinde rapor edilmiştir [23].

Çizelge 3.3 İlk yıl içinde iltihap yada enfeksiyon raporlayan denekler [23]

	Rapor edilen enfeksiyon sayısı (%)	**TCu380A(%)**	**Tcu200(%)**
		25,50	28,1
Üst genital sistem enfeksiyonları	Endometriozis	0,9	1,2
	Adneksit	0,8	0,7
	Salpinjit	0,3	0
	Spesifik olmayan	0,7	0,3
Alt genital sistem enfeksiyonları	Servisit	11,2	9,3
	Belirli olmayan vajinit	8,4	9,9
	Trichomoniasis, vajinal	2,1	2,6
	Kandidiyazis, vajinal	1,2	2,2
	lokore	1,3	1,7

Her iki çalışma grubundaki deneklerin çoğu (TCu380A grubunda % 85.2 ve TCu200 grubunda% 84.0) rahim içi araçlarını 12 ay boyunca kullanmaya devam etmiştir ve Çizelge 3.4'de ayrılan deneklerin ayrılma nedenleri gösterilmektedir [23].

Çizege 3.4 12 ay sonunda devam eden ve ayrılan denek durumu [23]

Durum	TCu380A(%)	Tcu200(%)
12 ay çalışmaya devam eden	85,2	84
Çalışmadan ayrılma nedeni;		
Kanama / ağrı (%)	5,6	5
Çıkarma (%)	3,2	3,3
Diğer kişisel sebep (%)	3,3	2,8
Diğer tıbbi sebep (%)	1,2	1,5
Kaza sonucu gebelik (%)	0,4	2,1
Hamile kalmayı planlıyor (%)	0,7	0,6
Kontrole devam etmeyerek çıkarılan denek	0,4	0,6

Deney sonuçları, TCu380A rahim içi aracın yüksek dereceli kontraseptif etkinliğinin, bu aracın daha fazla bakır yüzey alanına sahip olmasından kaynaklandığı iddiası desteklenmektedir. TCu380A'nın istatistiksel olarak daha düşük gebelik oranı, bu araçta daha yüksek bakır yükünün, bu aracın TCu200 aracının üzerindeki doğum kontrol etkinliğini önemli ölçüde artırdığı gösterilmektedir[23].

TCu380A'nın diğer Bakır T araç modelleri ile karşılaştırılması, bildirilen kanama ve / veya ağrı problemi oranları arasında önemli bir farklılık gözlenmemiştir. Takılmadan sonraki ilk birkaç ay boyunca adet kan kaybındaki artışlar, rahim içi araç kullanıcıları arasında yaygın bir şikayettir, bu kanama genellikle sonraki aylarda azamaktadır. Artan dismenore bildiren deneklerin sayısı, TCu380A kullanıcıları arasında, TCu200 kullanıcılarına göre yüksek olduğu görülmüştür. Kanamanın artmasına bağlı olarak araç çıkarılması, bu çalışmada TCu380A veya TCu 200 rahim içi araç kullanımının erken sonlanması için en yaygın neden olduğu gözlemlenmiştir [23]

Bu çalışmanın sonucu olarak her iki bakır rahim içi aracında iyi gebelik önleme yöntemleri olduğunu, TCu380A'nın gebeliği önlemede TCu200 üzerindeki etkinliği, uzun süreli doğum kontrolü uygulamak isteyen kadınlar için daha iyi bir seçenek olabileceğini gösterilmektedir [52].

3.3.2 TCu380A Rahim Araç ve TCu220 Rahim İçi Aracın Karşılaştırılması

TCu 220 IUD, ilk olarak 1980 de pazarlanmaya başlanmıştır. X ışını üzerinde tespit için baryum sülfat eklenmiş polietilenden yapılmış T şeklinde bir rahim içi araçtır. Rahim içi aracın yatay kolu 30 mm genişliğinde ve dikey kolu 32 mm uzunluğundadır. Bakır yüzey alanı toplamı 220mm2 'dir. TCu380 'den farklı olarak sarılı bakır tel yerine dikey gövdesine beş bakır bilezik takılıdır [53].



Şekil 3.4 TCu220 görünümü [36]

TCu380A ve TCu220 rahim içi araçlarının klinik performansı 12 ay boyunda bunlardan birine sahip kadınlar üzerinde değerlendirilmiştir. Tüm denekler sağlıklı kadınlardı, rahim içi araç kullanımı için bir uygunsuzlukları yoktu ve çalışmaya katılma konusunda bilgilendirilmişlerdi. Yaş aralığı 18 ile 40 arasında değişmektedir ve deneklerin son hamileliğin rahim içi araç kullanmaya başlamadan en az 40 gün önce sonlanmış olması gerekmektedir. Denekler 1,3,6 ve 12 aralıklarla takip edilmişlerdir. Sonuçlar gelişmekte

olan 2 ülkede 4 anlaşmalı klinikten alınmıştır. Çalışma süresince deneklerde hamilelik gözlenirse ve/veya herhangi bir sebepten aracın çıkması/çıkarılması söz konusu olursa çalışmaya dahil edilmemektedirler. Veriler, 857 denekten 427'sinde (%49,8) TCu380A rahim içi araç ve 430'unda (%50,2) Tcu220 rahim içi araç kullanılarak elde edilmektedir. Çizelge 3.5 dedeneklerin temel özellikleri ve üreme geçmişleri gösterilmektedir[25].

Çizelge 3.5 TCu380A ve TCu220 kullanan kadınların genel özellikleri [25]

Karakteristik Özellik	TCu380A	TCu220
Yaş (ortalama)	28,1	27,8
Doğurma sayısı (ortalama)	2,8	2,9
Yeniden çocuk sahibi olmak istiyor mu (Evet)	46,6	47,4
Emzirme (Hayır)	76,1	75,8
Emzirme (Evet)	8,2	8,6
Emzirme (Zaman zaman)	15,7	15,6
RİA yerleştirilmesinden önceki ay doğum kontrol yöntemini kullandı (Evet)	52,8	53,8
Adet durumu (amenore)	13,6	10,9
Adet durumu (düzenli)	86,4	89,1
Son gebelik sonlandırılmasından rahim içi araç yerleştirilmesine kadar geçen süre (ortalama ay)	24,6	22,6

Hem TCu 380A hem de TCu220C rahim için gruplarındaki deneklerin yaklaşık yüzde 10'unda, çalışma sırasında bir tür iltihap ve / veya enfeksiyon olduğunu bildrilmekte veya teşhis edilmektedir. Bu bildirimlerin çoğu yerleştirmeden sonraki ilk üç ila altı ay içinde meydana gelmektedir. 12 aylık takip döneminde bildirilen iltihap ve / veya enfeksiyon oranına ilişkin veriler Çizelge 3.6 'da özetlenmektedir [25].

Çizelge 3.6 İlk yıl içerisinde iltihap ve enfeksiyonlar raporlayan denekler [25]

	Rapor edilen enfeksiyon sayısı (%)	**TCu380A(%)**	**Tcu220(%)**
		10	11,3
Üst genital sistem enfeksiyonları	Bilinmeyen nedenlerde üreme organlarının enfeksiyonları	0,7	0,7
Alt genital sistem enfeksiyonları	Belirli olmayan vajinit	2,6	3,5
	Servisit	2,4	3,3
	Kandidiyazis, vajinal	2,4	1,2
	Trichomoniasis, vajinal	0,7	0,9
	Spesifik olmayan	1,4	1,6

Çizelge 3.7, bir takip ziyareti öncesindeki adet döngüsü sırasında şikayet rapolayan denekler göterilmekte ve rahim içi araç yerleştirilmesinden sonraki 12 ay içerisinde, TCu380A kullanıcısına göre daha fazla TCu220 kullanıcısı adet döngülerinin biri sırasında dismonere ve döngü arası kanama raporlanmaktadır. Aksine, TCu220'ye göre biraz daha fazla TCu380A kullanıcısı 12 aylık takip süresince adet döngülerinin birinde pelvik ağrı raporlamaktadır [54].

Çizelge 3.7 12 aylık izleme sırasında adet döngüsü şikayeti bildiren denekler [25]

Adet dönemindeki karakteristik	TCu380A(%)	Tcu220(%)
Dismenore	24,4	24,6
İntermenstrüel kanama	18,03	20,02
İntermenstrüel palvik ağrısında	23,5	21,5
Adet şikayeti bildirildirimi	44,2	46,6

Her iki çalışma grubundaki deneklerin çoğu rahim içi araçlarını 12 ay boyunca kullanmaya devam etmiştir ve Çizelge 3.8'de ayrılan deneklerin ayrılma nedenleri gösterilmektedir [54].

Çizelge 3.8 12 ay sonunda devam eden ve ayrılan denek durumu [25]

Durum	TCu380A(%)	Tcu220(%)
Rahim içi araç kullanımına devam (%)	84,3	86
Durdurulan RİA kullanımı veya aşağıdakilerden dolayı çalışma:		
Kanama / Ağrı (%)	4,2	3,3
Çıkarma (%)	2,6	1,6

Çizelge 3.8 12 ay sonunda devam eden ve ayrılan denek durumu (devamı) [25]

Diğer kişisel sebep (%)	2,3	1,6
Diğer tıbbi sebep (%)	1,9	0,9
Kaza sonucu gebelik (%)	0,2	0,7
Gebeliğin planlanması (%)	0,5	0,5
Takipten çıkmış (%)	4	5,4

TCu380A kullanıcılarında 9 (%0,2) gebelik, TCu220 kullanıcılarında 30 (%0,07) gebelik bildirilmektedir. Bu veriler TCu380A ve TCu220 rahim için araçlarının doğum kontrolü için uygun seçenek olduğunu göstermeketedir. Bununla birlikte, TCu380A rahim içi araç doğum kontrolünü daha uzun süre isteyen kadınlar için uygun bir seçenek olmaktadır. Ayrıca, TCu380A rahim içi araçlarının ömrünün TCu 220 rahim içi araçlara kıyasla daha uzun olması TCu380A'yı daha uygun maliyetli bir seçenek haline getirmektedir [27].

3.3.3 TCu 380A Rahim Araç ve Multiload Cu 375 Rahim Araç'ın Karşılaştırılması

Rahim içi araçların komplikasyonları anormal uterin kanama, şiddetli ağrı, rahim içi aracın çıkması veya uterusun delinmesi olmakla birlikte en sık görülen komplikasyonu kanama olmaktadır. Bu rahin içi araçların kullanıcılar tarafından reddedilmesinin %15-30 nedeni olarak gösterilmektedir. Tüm rahim içi araçlar yerleştirilmeden önceye göre %50-100 oranında adet kanamasında artışa neden olmaktadır [26] .

MultiloadCu375 ağaç şeklinde gövde etrafına 375mm2 bakır dokunmuş bir araçtır [24].



Şekil 3.5 Multiload Cu375 görünümü [36]

110 kadının TCu380 ve 110 kadının Multiload Cu375 rahim içi araç kullanımı ile bir çalışma yapılmakta ve kadınların yaşları 20 ile 40 arasında olacak şekilde belirlenmektedir. Rahim içi araç adet sonrası yerleştirilmektedir. Çalışmadaki tüm katılımcılar aşağıda belirtiler bilgileri sağlamakla yükümlü tutulmaktadır[26].

Kişisel bilgiler : İsim, yaş, mesleği, ikametgah ve özel alışkanlıklar.

Doğum tarihi: Doğum şekli, çocuk sayısı.

Adet düzeni : Adet süresi, kanama miktarı ve ped sayısı.

Tıbbi geçmişi : Herhangi bir tıbbi hastalığın.

220 hasta üzerinde yapılan, randomize kontrollü klinik çalışmada grupların yaş aralıkları aşağıdaki çizelgede belirtilmektedir.

Çizelge 3.9 Deneklerin yaş ortalamaları [26]

Değişken	Cu375	TCu380A
Yaş (ortalama)	28,8	28,8

Her iki grubun adet süreleri aşağıdaki çizelgelerde belirtilmektedir [26]. Bu çizelgelerde, araçların yerleştirilmesinden önce adet süresi bakımından iki grup arasında anlamlı bir fark olmadığı gösterilmektedir. Her iki çalışma grubunda da rahim içi araç yerleştirilmesinden sonra adet süresi değişikliği gözlemlenmektedir. 1 ve 12 ay sonra iki grupta da, yerleştirmeden önce ve sonraki adet sürelerinde ciddi fark olduğu gösterilmektedir. TCu380A rahim içi araç kullanıcılarında daha yüksek artış olduğu belirtilmektedir. [55].

Çizelge 3.10 Her iki çalışma grubundaki adet süreleri [26]

Değişken		Cu375	TCu380A
Adet Süresi	Kullanımdan önce (ortalama gün)	4,5	4,7
	Kullanımdan 1 ay sonra (ortalama gün)	6,1	6,9
	Kullanımdan 12 ay sonra (ortalama gün)	5,9	6,6

Çizelge 3.11 Her iki çalışma grubundrahim içi araç yerleştirilmesinden sonraki adet süresi değişikliği

Değişken		Cu375	TCu380A
Kullanım sonrası süre		Ortalama	Ortalama
Adet süresindeki artış (kullanımdan önceki süreye göre % artış)	1 ay	45,9	55,1
	12 ay	40,8	49,2

Her iki çalışma grubundaki ped kullanım miktarı aşağıdaki çizelgelerde belirtilmektedir. Çizelgelerde iki grup arasındaki 1 ve 12 ay sonra , yerleştirmeden önce ve sonraki ped kullanım miktarında ciddi fark olduğu gösterilmektedir. TCu380A kullanıcılarında daha yüksek artış belirtilmektedir [55].

Çizelge 3.12 Her iki çalışma grubundaki kullanılan ped sayısı

Değişken		Cu375	TCu380A
Ped sayısı	Kullanımdan önce (ortalama gün)	8,3	8,8
	Kullanımdan 1 ay sonra (ortalama gün)	11,6	12,5
	Kullanımdan 12 ay sonra (ortalama gün)	10,2	11,8

Çizelge 3.13 Her iki çalışma grubunda RİA yerleştirilmesinden sonraki kullanılan ped sayısı değişikliği

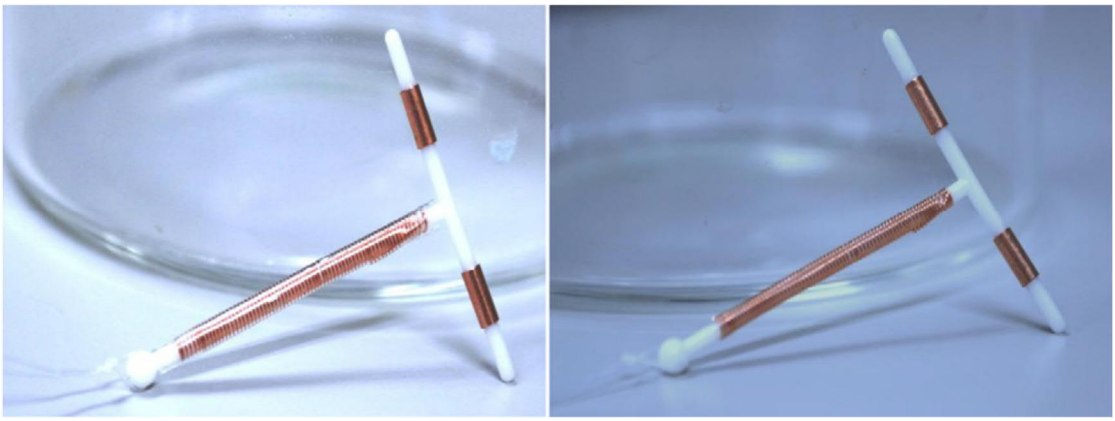
Değişken		Cu375	TCu380A
Kullanım sonrası süre		Ortalama	Ortalama
Ped sayısındaki artış (kullanımdan önceki süreye göre % artış)	1 ay	56,21	55,51
	12 ay	37,94	46,79

Yerleştirmeden 1 ay ve 12 ay sonra, TCu380A rahim içi araç kullanıcılarının Multiload Cu375 kullanıcılarına oranla adet süresi ve ped kullanım miktarını daha fazla arttırdığı gözlemlenmektedir [26].

3.3.4 Kaplamalı ve Kaplamasız TCu 380A Rahim İçi Araç'ın karşılarştırılması

Bakır rahim içi araçların en büyük dezavantajı, kanama ve yerleştirmeyi takiben pelvik ağrının artmasıdır. Yapılan çalışmalar ile bu yan etkilerin sebebimin bakırın ilk serbest salımı ile ilişkili olabileceğini göstermeketedir. Rahim içi aracın korozyon hızı, bakırın kubrik iyonların salımından dolayı yerleştirmeden sonraki ilk birkaç gün içinde oldukça yüksek olmaktadır. TCu380A rahim içi aracın simüle edilmiş uterin çözeltisi içinde sırasıyla birinci ve üçüncü günlerinde yüksek korozyon oranı miktarları gösterilmektedir. Bakır iyon salımının ilk birkaç ay gözlendiği daha sonra azaldığı ve stabile olduğu gözlemlenmetedir. Ayrıca kanama ve ağrı gibi yan etkilerinde zamanla azaldığı belirtilmektedir [63].

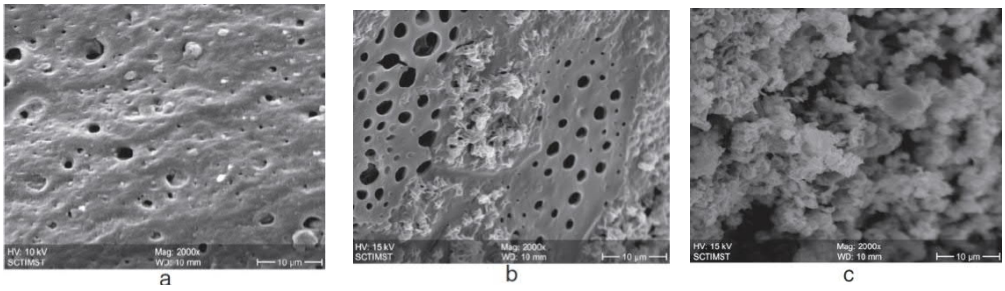
Bakır iyonarının salımını kontrol etmek ve doğum kontrol için önerilen bakır seviyelerini elde etmek için (20-80mcg/gün) bakır tel üzerine güvenli biyoljik olarak parçalanabilen bir kaplama tasarlanmaktadır. İyi biyobozunurluk, biyouyumluluk ve uygun mekanik özellikler nedeniyle bir biyobozunur polimer olan poli (DL-laktit-ko-glikolid) (PLGA) 75/25 bu amaç için seçilmekte ve rahim içi aracın T gövde kısmına 0.10±0.02mm kalınlığında kaplanmaktadır [21].



Şekil 3.6 Kaplamlı ve kaplamasız TCu380A'nın karşılaştırılması [21]

Simüle edilmiş uterin çözeltisinin bileşimi: NaCl ; 4.97 , KCl ;0.224, $CaCl_2$; 0.167, $NaHCO_3$; 0.25, glucose ;0.50, $NaH_2PO_4 \cdot 2H_2O$; 0.072 olarak belirlenmektedir. Uterusun pH'ı 6.0 ila 7.9 arasında bildirilmiştir ve testeler pH 6.3'te yapılmıştır [64].Numuneler farklı süreler sonunda (başlanıçta 1,7 ve 30 gü sonra ardından her ay) alınmaktadır ve simüle edilmiş uterin çözeltisi yenilenmektedir [21].

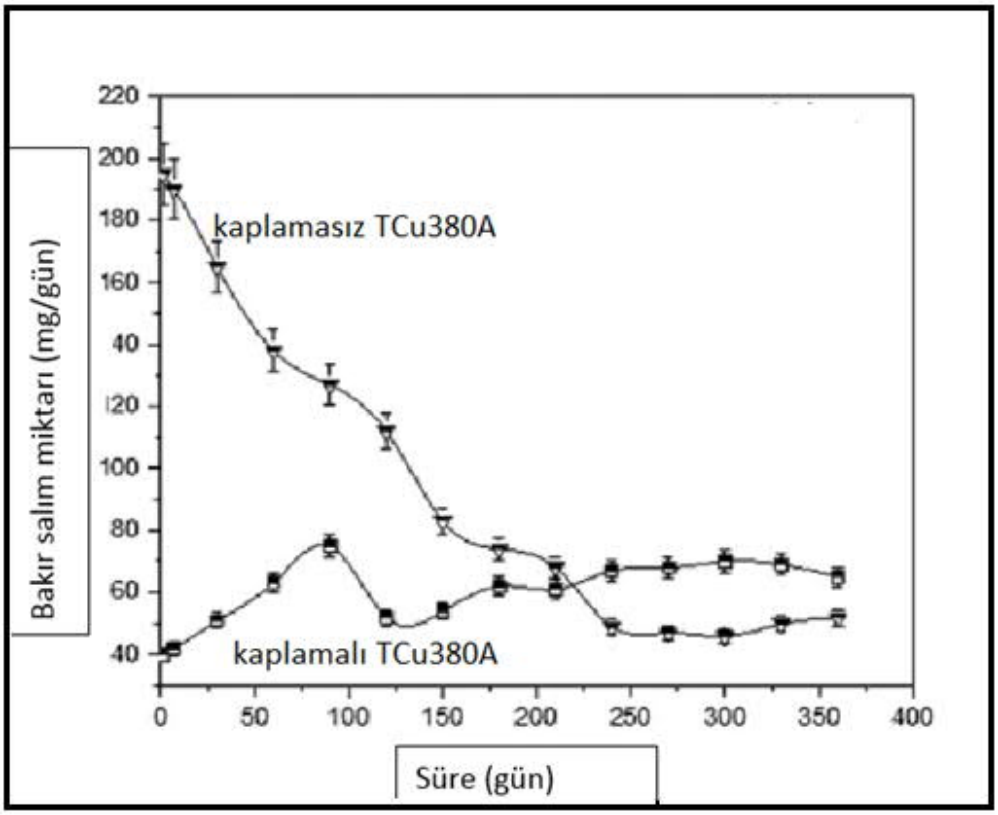
PLGA kaplamanın parçalanması sırasındaki değişiklikler taramali elektron mikroskobu (SEM) ile analiz edilmektedir. İletkenliği sağlamak için Au-Pd karışımı püskürtme yöntemi ile kaplanmış, 50ml simüle edilmiş uterin çözeltisinde 37.0 ± 0.1 ° C sıcaklıkta 70devir/dakika mayetik karıştırmada kuluçkalandırılmış numuneler, önceden belirlenmiş zaman noktalarında çekilerek 24 saat kurutulmuş ve SEM ile PLGA bozunumu incelenmektedir [21].



Şekil 3.7 TCu380A üzerindeki kaplamanın SEM mikroskop görüntüleri [21]

Simüle edilmiş uterin çözeltisininde bekletilmiş (a) 1 gün, (b) 20 gün ve (c) 40 gün bekletilmiş numuneler üzerindeki PLGA filminin SEM mikroskop görüntüleri Şekil 3.6'da gösterilmektedir [21]. PLGA filminin bozulması bakır iyonlarının salımını etkileyen faktör olarak kabul edilimektedir. Aşınma ile meydana gelen PLGA filminin bozulması sırasında

film üzerinde gözeneklerin genişlemeye başladığı ve gözenek sayısının, büyüklüğün zamanla arttığı gözlemlenmektedir [64].



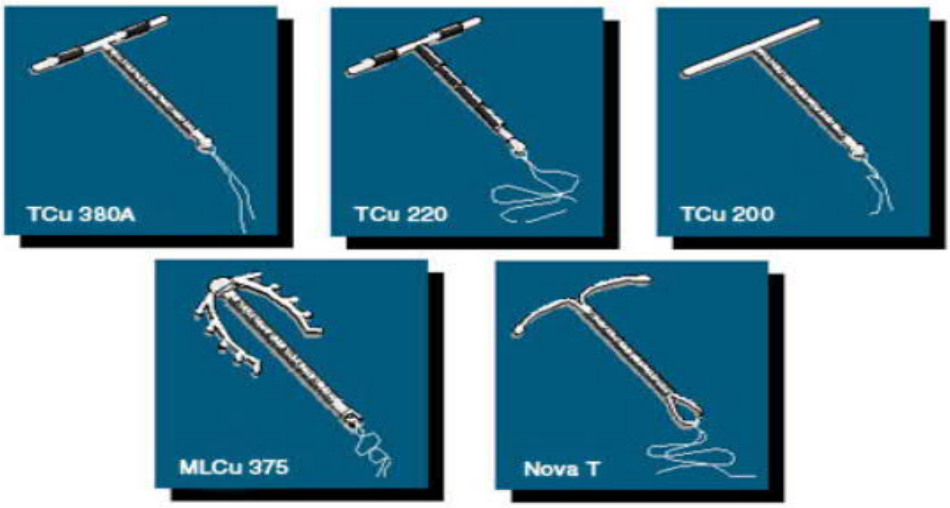
Şekil 3.8 Kaplanmış ve kaplanmamış TCu380A'nın bakır salım miktarı [21]

Şekil 3.8'de kaplanmış ve kaplanmamış TCu380A rahim içi aracın 360 günlük deney süresi boyunca bakır salım miktarları gösterilmektedir. Kaplanmamış TCu380A rahim içi araçta bakır iyonu salım hızının yüksek olduğu zamanla stabil hale geldiği gözlemlenmiştir [21]. Kaplanmamış CuT380'den 24 saat sonra çıkan bakır salımının, kaplanmış CuT380'den üç kat daha fazla olduğu görülmektedir. İki rahim içi araç arasındaki kuprik iyon salımındaki bu farklılıklar zamanla azalır ve 4-5 aylık bir sürenin ardından, her ikisi de doğum kontrolü için etkili olduğu kanıtlanan yaklaşık olarak eşit salım hızı sergilemektedirler. TCu380A rahim içi aracımn bakır salımını baskılmak için bir yaklaşım tanımlanmış ve deneysel yöntemler ile doğruluğu gösterilmektedir [21].

BÖLÜM 4

SONUÇ VE ÖNERİLER

İlk bakır rahim içi araç olan TCu200 1970'lerde bulundu. Bu andan itibaren gelişmeye başladı ve 1970'lerin sonuna doğru bakır oranı daha yüksek rahim içi araçlar kullanılmaya başlanmıştır. TCu200 'e göre fazla bakır içeren TCu220 rahim içi araç 1980'lerde satışa sunulmuştur. Ardından farklı bakır oranına ve şekle sahip Multiload Cu250, Multiload Cu375, Nova T, TCu380A kullanımları başlamış ve günümüzde en yaygın kullanılan çeşidi TC380A'dır [23].



Şekil 4.1 Bakır rahim içi araçlar [36]

Bakır rahim içi araçlar dünya çapında yaklaşık 160 milyon kadın tarafından kullanılan uzun vadeli ve iptal edilebilir bir doğum kontrol yöntemidir. Üreme çağındaki kadınların %14'ü tarafından kullanılmaktadır [21].

Bakır salımı sonucu ortaya çıkan bakır iyonu sperm öldürücü sitotoksik inflamatuar reaksiyon ile gebeliği önler. Bu nedenle bakır miktarının artması gebelik önleme oranını

arttıracaktır. Farklı denekler üzerinde yapılan araştırmalar sonucunda bakır miktarının artmasının ile gebelik önlenmesinin pozitif etkilediği görülmüştür. Bakır miktarı doğum kontrol etkinliği ile birflike , kullanım süresinide arttırmaktadır [63].

Bakır rahim içi araçların en büyük dezavantajı kullanmayı takiben kanama ve ağrının artmasıdır. En yaygın yan etkiler, dismenore, adet süresi ve yoğunluğu üzerindeki değişim, palvik ağrısı, enfeksiyon ve iltihaplanmadır. Yüksek bakır iyonu salımının, yerleştirmeden sonraki ilk birkaç ayda meydana geldiği ve daha sonra salım oranın kademeli olarak azalmış ve stabilize olduğu görülmüştür. Kanama ve ağrı gibi yan etkilerin de zamanla azaldığını ve bunun da bakırın salımının azalmasıyla ilişkili olduğu görülmüştür.

TCu380A rahim içi araçta raporlanan ağrı ve kanama yan etkilere neden olan ve iyileştirilmesi gereken özellik ilk aylardaki bakır salım miktarının azaltılmasıdır.

Bakır rahim içi araçların gelişim süreci denekler üzerinde deneme-yanılma yöntemi uygulanmıştır. TCu380A'nın kontrollü bakır salımı ve ilk bakır salım miktarının düşürülmesi için TRIZ-Yaratıcı problemlez çözme yöntemini kullanarak sonuca ulaşılacaktır.

Problemimiz, TCu380A rahim içi aracın kullanılmaya başlanmasının ilk aylarındaki yüksek bakır salım miktarının fazlalığıdır. Rahim içi araçlarda gebelik önlemeyi arttırmak için bakır miktarının arttırılması yan etkilerin de artmasına neden olmaktadır. Bu durum TRIZ yöntemine göre teknik çelişki olarak belirlenmiştir. Yani bir özelliğin iyileşirken bir özelliğin kötüleşme durumu mevcuttur.

TRIZ'e göre teknik çelişkilerin çözümünde çelişkiler matris ve 40 buluş prensibi kullanılmaktadır. TRIZ matrisini inceleyip bu problem için iyileşen ve kötüleşen özellikleri aşağıdaki gibi seçilmiştir.

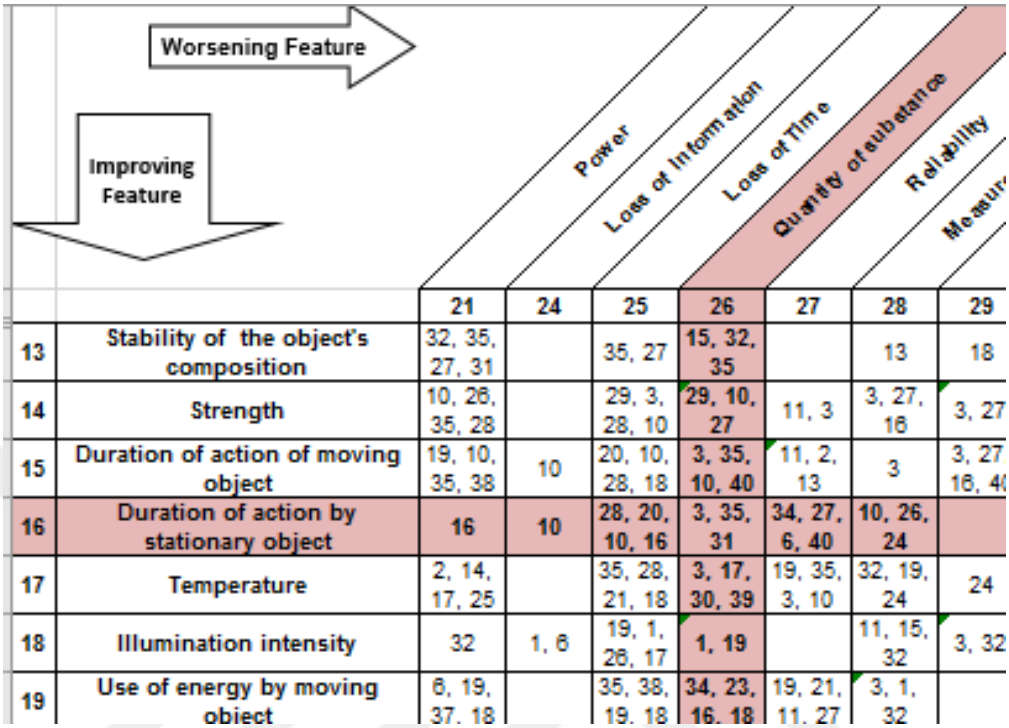
İyileşen özellik : Madde 16 - sabit nesnenin eylem süresi

Bakır rahim içi araçlarda bakır yüzey alanı/miktarı arttıkça döllenmeyi önleyizi etki artmaktadır.

Kötüleşen özellik : Madde 26 – madde miktarı

Bakır rahim içi araç kullanımında bakır iyonu miktarının artması yan etkileri arttırmaktadır.

Çelişkiler matrisinde bu iki maddenin kesişimi bulunmakta ve kesişim hücresindeki buluş prensibi/prensipleri problemin iyileştirilmesinde kullanılmaktadır. Çelişkiler matrise göre çözüm için kullanılacak 40 çözüm prensip/prensipleri, madde 3-35 ve 31'dır.



		21	24	25	26	27	28	29
13	Stability of the object's composition	32, 35, 27, 31		35, 27	15, 32, 35		13	18
14	Strength	10, 26, 35, 28		29, 3, 28, 10	29, 10, 27	11, 3	3, 27, 16	3, 27
15	Duration of action of moving object	19, 10, 35, 38	10	20, 10, 28, 18	3, 35, 10, 40	11, 2, 13	3	3, 27 16, 4
16	Duration of action by stationary object	16	10	28, 20, 10, 16	3, 35, 31	34, 27, 6, 40	10, 26, 24	
17	Temperature	2, 14, 17, 25		35, 28, 21, 18	3, 17, 30, 39	19, 35, 3, 10	32, 19, 24	24
18	Illumination intensity	32	1, 6	19, 1, 26, 17	1, 19		11, 15, 32	3, 32
19	Use of energy by moving object	6, 19, 37, 18		35, 38, 19, 18	34, 23, 16, 18	19, 21, 11, 27	3, 1, 32	

Şekil 4.2 Çelişkiler matrisinden 40 buluş prensibi seçimi

Çizelge 4.1 Çelişkiler matrisi çözüm önerileri

3. Lokal Kalite	
A. Bir nesnenin yapısını tek biçimliden çok biçimliye dönüştürme, dış çevreyi (veya dış etkileri) tek biçimliden çok biçimliye dönüştürme.	Sabit sıcaklık, yoğunluk veya basınç yerine derece derece değişen sıcaklık, yoğunluk, basıncın kullanılması.
B. Bir nesnenin her parçasının fonksiyonunun, gerçekleştirdiği işlem için en uygun şartlarda olması.	Sıcak ve soğuk katı yiyecekler ile sıvılar için özel bölmelere sahip bir yemek kutusu.
C. Bir nesnenin her parçasının farklı ve yararlı bir fonksiyon yerine getirmesi.	Silgili kalem. Çivi çıkarıcı kısımlı çekiç. Balık pulu kazıyıcısı, pense, kablo soyucusu, düz tornavida, manikür seti, vs. olarak kullanılabilecek çok fonksiyonlu bir set.
31. Gözenekli malzemeler	
A. Nesnenin gözenekli hale getirilmesi veya gözenekli maddeler eklenmesi.	Bir yapının ağırlığını azaltmak için delikler açılması.

Çizelge 4.1 Çelişkiler matrisi çözüm önerileri (devamı)

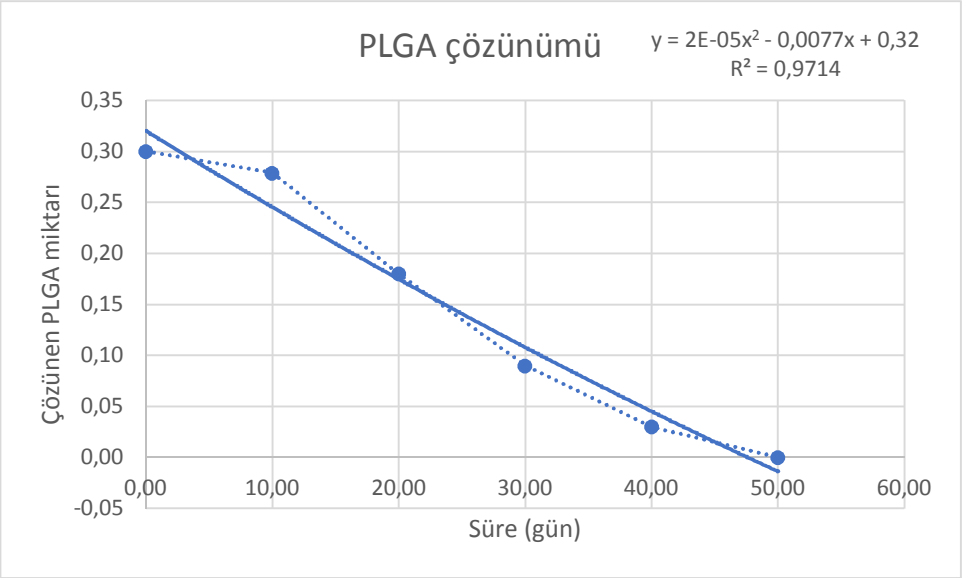
B. Eğer bir nesne gözenekliyse gözeneklerin faydalı bir fonksiyon yerine getirmesi.	Bağlantıdan fazla lehimi kaldırmak için gözenekli metal tel kullanılması. Palladium süngerinin gözeneklerinde hidrojen saklanması.
35. Parametre değişikliği	
A. Nesnenin fiziksel halinin değişmesi (gaz, sıvı, katı).	Hacmi azaltmak için oksijen, nitrojen, petrolün gaz yerine sıvı halinde taşınması. Şekerlerin içini dolduran sıvının dondurularak erimiş çikolata içine batırılması.

Yukarıda listelenen bu 3 buluş prensibinden madde 31 mevcut problemimiz için uygun çözüm olarak görünmektedir. TCu380A rahim içi araca bakır salımını kısıtlandıracak ve zamanla azalan salım miktarı nedeniyle zamanla geçirgenliği artarak bakır geçirme miktarını arttıracak bir madde eklenmesi uygun görülmektedir. Rahim içi araca biyobozunur kaplama yaparak, zamanla artan bir geçirkenlik ile bakır salım miktarı dengede tutulmuş olunacaktır.

Geçmişte yapılan çalışmalar ve gözlemlerde bakırlı rahim içi araçların ilk 3-4 ayda bakır salım miktarının yüksek olduğu gösterilmektedir. Bu nedenle minimum 3 ay koruma sağlayacak bir kaplama miktarı seçilmektedir.

Kaplama yapılacak biyobozunur malzeme olarak Uzun etkili ve kontrollü salım sistemlerinin hazırlanmasında sıklıkla tercih edilen PLGA (Polilaktik-ko-glikolik asit) seçilmesi uygun görülmüştür. PLGA, laktik asit ve glikolik asit monomerlerinin karşımıları ile elde edilmektedir. Laktik:glikolik oranına bağlı olarak PLGA50:50, PLGA75:25 olarak adlandırılmaktadır. TCu380A rahim içi araç kaplamasında PLGA75:25 kullanılmaktadır.

Elisabeth Vey ve arkadaşlarının 2011 de PLGA çözünümü hakkında yaptıkları çalışmadan faydalanarak PLGA'nın günlük çözünüm miktarı hesaplanmaktadır. PLGA 'nın günlük çözünüm miktarı ve minimum kaç ayda tükenmesi gerektiği bilgileri kullanılarak gerekli olan PLGA miktarı bulunacaktır. Böylece toplam bakır yüzey alanını bildiğimiz TCu380A rahim içi araca kaç mm kalınlığında kaplama yapılması gerektiği hesaplanmış olunacaktır.



Şekil 4.3 PLGA çözünüm miktarı

Şekil 4.3'deki denklemde x çözünen miktar y süre (gün) olarak belirtilmektedir. Sürenin 90 gün olması durumunda gerekli olan PLGA miktarı 0,482g olarak bulunmaktadır.

$$y = 2 \times 10^{-5} \times x^2 - 0{,}0077 \times x + 0{,}32 \quad (4.1)$$

Elisabeth Vey arkadaşlarının ... isimli makelesinden alınan verilere göre çözelti ile temas eden toplam yüzey alanı 1567,94 mm^2 olarak bulunmaktadır.

PLGA ağırlığı(W): 0,3 g

PLGA kalınlığı(h): 0,3mm

PLGA yoğunluğu(d): 0,0013 g/mm^3

PLGA numunesinin yarıçapı(r) : 15,65mm

PLGA yüzey alanı(A): 769,23 mm^2

PLGA toplam yüzey alanı(A_{toplam}): 1567,94 mm^2

$$A_{toplam} = 2 \times \frac{W}{h \times d} + 2 \times \pi \times r \times h \quad (4.2)$$

TCu380A bakır rahim içi aracın kaplama yapılabilecek ve temas yüzey alanı 146,01mm^2 hesaplanmıştır.

TCu380A kaplama yüzey alanı($A_{TCu380A}$): 146,01mm^2

T çubuk gövdesindeki bakır kaplama uzunluğu(L): 31mm

T çubuk yarıçapı(r_t): 0,75mm

$$A_{TCu380A} = 2 \times \pi \times r \times L \quad (4.3)$$

Çalışmada 90 günde çözünecek PLGA miktarı yüzey alanı oranı ile çarpılarak, TCu380A yüzeyinde 90 günde çözünecek PLGA miktarı hesaplanmıştır.

$$yüzey\ oranı = \frac{TCu380A\ yüzey\ alanı}{PLGA\ yüzey\ alanı} = 0{,}09 \quad (4.4)$$

$$0{,}482 \times 0{,}09 = 0{,}04$$

TCu380A yüzeyinin 0,04g ağırlığında PLGA ile kaplanması gerekmektedir. Gerekli kaplama miktarını, kaplanacak yüzey alanını ve kaplama yoğunluğunu bildiğimiz PLGA biyobozunur malzemenin kaplama kalınlığı aşağıda hesaplanmıştır:

Kaplama kalınlığı(h_k): 0,2mm

Kaplama ağırlığı(W_k): 0,04g

Kaplama alanı(A_k=$A_{TCu380A}$): 146,01mm^2

$$h_k = \frac{W_k}{A_k + d} \quad (4.5)$$

Yapılan hesaplamalar sonucunda TCu380A rahim içi araç üzerine 0,2mm kalınlığında PLGA biyobozunur kaplama yapılması gerektiği görülmektedir.

Çizelge 4.2 TRIZ yöntemi ve deneysel yöntemin karşılaştırılması

Deneysel Çalışma	Yaklaşık Harcana Zaman,gün	TRIZ Yöntemi	Yaklaşık Harcana Zaman,gün
Litaratür çalışması yapılması gerekmektedir.	10	Litaratür çalışması yapılması gerekmektedir.	10
Kaplama yapılacak biyobozunur malzeme PLGA olarak seçilmiş ve çeşitli kalınlıklarda kaplamalar yapılarak 0,1mm kalınlığında PLGA seçilmiştir.	1	TCu380A rahim içi araçtaki çelişki belirlenip, çelişkiler matrisinde uygun maddeler belirlenmektedir.Matris sonuçunda uygulanması gereken 40 buluş prensip/prensipleri bulunmaktadır. Uygun buluş prensibi TCu380A rahim içi araca uygulanmaktadır.	5

Çizelge 4.2 TRIZ yöntemi ve deneysel yöntemin karşılaştırılması (devamı)

PLGA çözücüsü olarak etil asetat seçilmektedir ve farklı konstantrasyonlarda çözeltiler hazırlanarak, kaplama methodu olarak film sarma ve %10 oranında çözelti konsantrasyonunu belirlenmiştir.	3	Uygun görülen buluş prensibi sonucu TCu380A'ya biyobozunur kaplama yapmaya karar verilmektedir.	2
Kaplanmış numunelerin yüzey morfolajisinin SEM ile incelenebilir hala gelmesi için numunelerin Au-Pd karışımı ile püskürtme yönetmi ile kaplanmaktadır.	1	[65] ve [66] kaynak numaralı makaleler referans alınarak %10 konsantrasyonlu çözeltide kaplama kapılmasına karar verilmiştir.	7
Simule edilmiş uteris çözeltisinin hazırlanması ve Ph'ının ayarlanması gerekmektedir.	7	[61] kaynak numaralı makaledeki verilere göre PLGA 75/25 çözünme hızı hesaplanmıştır.	1
Simule edilmiş uterus çözeltisinin sıcaklığı 37.0 ± 0.1 ° C ve devir hızı 70 olarak belirlenmekte ve numuneler askılı halde çözeltiye uygulanmaktadır.	0	Kaplama yapacağımız PLGA 75/25 biyobozunur malzemenin çözünme hızı, yoğunluğu, TCu380A üzerinde kaplama yapılacak yüzey alanından faydalanarak 0,2 mm kalınlığında kaplamanın TCu380A yüzeyine uygulanmasına karar verilmektedir.	1
Numunelerin 1, 7 ve 30 gün sonra ve devam eden sürede her ay incelenmesi yapılmakta ve SUS yenilenmektedir.	30		
Numuneler SUS'den alınıp 24 saat kurutulduktan sonra yüzey mofolojisi SEM ile incelenmektedir. PLGA film üzerindeki gözeneklerin zamala genişlemeye başladığı ve bakır geçirimine izin verdiği gözlemlenmektedir.	1		
SUS çözeltisindeki Cu^{+2} konsatrasyonları UV spektrofotometre yöntemi kullanılarak ölçülmektedir.	2		

Çizelge 4.2 TRIZ yöntemi ve deneysel yöntemin karşılaştırılması (devamı)

Numuneler için 360 günlük deneysel çalışma yapılmış olup bakır salım miktarının 40-80mcg/gün olduğunu gözlemlenmektedir.	360		
Çalışma sonunda TCu380A rahim içi araca 0,1mm PLGA kaplamanın bakır salım miktarını kontrol altına aldığına karar verilmiştir.	1		
	416		26

Çizelge 4.2 de TCu380A rahim içi aracın ilk aylardaki bakır salım miktarını azaltmak için uygulanan yöntemler karşılaştırılmıştır. Deneysel çalışma 3 kişi tarafından 416 güne ihtiyaç duyularak tamamlanmıştır. Çalışmaya 360 gün süren daldırma deney süresi eklenmediğinde 56 günlük hazırlık ve işlem süresi gerekmektedir.

TRIZ ile çözüme ulaşmak için 1 kişilik ve 26 gün süren bir çalışma gerekmektedir.

Bu bilgiler ile sağlayacağımız zaman tasarrufu ve personel tasarrfu(%) oranları aşağıdaki Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4 de belirtilmektedir.

Çizelge 4.3 Zaman tasarrufunun hesaplanması

		zaman tasarrufu (%)
		TRIZ : 26 gün
Deneyse Çalışma	416gün (360 günlük daldırma deneyi birlikte harcanan zaman)	93,6
	56gün (360 günlük daldırma deneyi hariç harcanan zaman)	53,57

Çizelge 4.4 Personel tasarrufunun hesaplanması

		personel tasarrufu (%)
		TRIZ : 26 gün
Deneyse Çalışma	416gün (360 günlük daldırma deneyi ile birlikte harcanan personel)	97,9
	56gün (360 günlük daldırma deneyi hariç harcanan personel)	84,5

TRIZ ve deneysel yöntem ile yapılan çalışmaların sonuçları karşılaştırılmış ve personel tasarrufu ve personel tasarrufu hesaplanmıştır. Sonuçlar 360 günlük daldırma deneyi süresi eklenerek ve hariç tutularak hesaplanmıştır. TRIZ yöntemi ile 360 günlük daldırma deneyi süresi dahil edilerek, %97,9 personel tasarrufu %93,6 zaman tasarrufu sağlandığı hesaplanmıştır. 360 günlük daldırma deneyi süreci hariç tutularak, %84,5 personel tasarrfuf %53,57 zaman tasarrufu sağlanacağı hesaplanmıştır.

KAYNAKLAR

[1] Kaya, M., 2016, Triz Nedir?, https://medium.com/@metinokaya/triz-nedir-c2ae4e17064, 21.01.19.

[2] The Triz Journal, What is Triz, https://triz-journal.com/what-is-triz/, 21.01.19.

[3] The Triz Journal, 40 Inventive Principles, https://triz-journal.com/40-inventive-principles-examples/, 21.01.19.

[4] The Triz Journal, Su-Field Analysis, https://triz-journal.com/su-field-analysis/, 21.01.19.

[5] The Triz Journal, The Seventy Six Standard Solutions, with Examples Section One, https://triz-journal.com/seventy-six-standard-solutions-examples-section-one/, 21.01.19.

[6] Tecnical Innovation Center,Inc., Technical Systems, https://www.triz.org/triz/technical-systems, 21.01.19.

[7] Manikantan, R., Anshadh, A., Abhishek, V., ve Kiran, B., (2016).” Implementing the Theory of Problem Solving Methodology in Developing Innovative Products, International Journal of Research in Mechanical Engineering,4: 128-134.

[8] Cerit, B., Küçükyazıcı, G. ve Şener,D., (2014),“ TRIZ: Theory of Inventive Problem Solving and Comparison of TRIZ with the other Problem Solving Techniques “, BALKAN JOURNAL OF ELECTRICAL & COMPUTER ENGINEERING, 2: 2147-284X.

[9] Souchkov, V., (2010), “TRIZ and Systematic Business Model Innovation”, TRIZ Future 2010, 3-5 November 2010, Bergamo Italy.

[10] Durgun, İ. ve Turan, S., (2016), “TRIZ YAKLAŞIMININ İNOVASYON SÜRECİNE ETKİSİ “,Uluslararası Katılımlı 16. Üretim Araştırmaları Sempozyumu, 13 Ekim 2016, Istanbul.

[11] Şener, D., (2006), TRIZ: Yaratıcı Problem Çözme Teorisi ve Diğer Problem Çözme Yöntemleriyle Karşılaştırma, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[12] Ekmekçi, İ. ve Koksal, M., (2015), “Triz Methodology and an Application Example for Product Development”, Procedia - Social and Behavioral Sciences, 195: 2689 – 2698.

[13] Nazidizajia, S., Tome, An., Regateirob, F., (2015), "Modelling design problems by Su-Field method – toward a problem solving approach in architectural design studio", Procedia - Social and Behavioral Sciences, 197: 2022 – 2031.

[14] Innovation-Triz, https://www.innovation-triz.com/, 21.01.19

[15] Terninko, J., Domb, E. Ve Miller, J., (2000), The Seventy-Six Standart Solitions, with Examples-Class2, http://www.metodolog.ru/triz-journal/archives/2000/03/d/index.htm, 21.01.19.

[16] Terninko, J., Domb, E. Ve Miller, J., (2000), The Seventy-Six Standart Solitions, with Examples-Class3, http://www.metodolog.ru/triz-journal/archives/2000/05/b/index.htm, 21.01.19.

[17] Terninko, J., Domb, E. Ve Miller, J., (2000), The Seventy-Six Standart Solitions, with Examples-Class4, http://www.metodolog.ru/triz-journal/archives/2000/06/e/index.htm, 21.01.19.

[18] Terninko, J., Domb, E. Ve Miller, J., (2000), The Seventy-Six Standart Solitions, with Examples-Class5, http://www.metodolog.ru/triz-journal/archives/2000/06/e/index.htm, 21.01.19.

[19] Terninko, J., Domb, E. Ve Miller, J., (2000), Solutions for Su-Field Analysis, https://triz-journal.com/generalized-solutions-for-su-field-analysis/, 21.01.19.

[20] Markoni, J., (1998), "ARIZ : The Algorithm for Inventive Problem Solving", TRIZ-Journal, 08.

[21] Ramakrishnan, R., Bharaniraja, B. Ve Aprem, A., (2015), "Controlled release of copper from an intrauterine device using a biodegradable polymer", Contraception Journal, 92: 585–588.

[22] GAO, J., Ying, L., Lıu, J., GU, X., (2007), "Releasing of Cupric Ion of Three types of Copper-bearig Intrauterine Contraceptive Device in Simulated Uterine Fluid", Journal of Reproduction & Contraception, 18:33-39.

[23] Farr, G. ve Amatya, R., (1994), "Contraceptive efficacy of the Copper TCu380A and Copper TCu200 intrauterine devices: Results from a comparative clinical trial in six developing countries", Family Health International, 49:231-243.

[24] Sastrawinata, S., Farr, G., Frihzdi, S., Hutapea H., Anwar M., Joto S., Kemara P., Wahyudi I. Ve Robbins M., (1991), "A Comparative Clinical Trial Of Tee TCu 380A, Lippes Loop D and Multiload Cu375 IUDs in Indonesia", Contraception, 44:141-154.

[25] Farr, G., Amatya, R., Betancourt, J., David, M., Alfonso, L., Dacalos, E., (1994), "Clinical performance of the TCu 380A and TCu220c IUDs in four developing country family planning clinics" Contraception, 50: 417-429.

[26] Elsherbieny, M., Hussein, A., Farag, R., (2018), "Comparison between Two Types of Copper Bearing Intrauterine Device Cu375 and Cu380Ag Regarding Bleeding Pattern: (Randomized Controlled Trial), The Egyptian Journal of Hospital Medicine, 72: 4938-4945.

[27] Yu, J., Li, J., Li, H., Li, J., Xie, C. Ve Zhu, C.,(2008)," Comparative study on contraceptive efficacy and clinical performance of the copper/low-density

polyethylene nanocomposite IUD and the copper T220C IUD.", Contraception, 78:319-323.

[28] Tang, Y., Xia, X., Wang, Y. Ve Xie, C.,(2010) "Comparison between Cupper T380 IUD and Multiload 375 IUD in early post partum insertion", Middle East Fertility Society Journal, 16: 143-148.

[29] Kaneshiro, B. ve Aeby, T.,(2010) Long-term safety, efficacy, and patient acceptability of the intrauterine Copper T-380A contraceptive device.", International Journal of Women's Health, 2: 211-220.

[30] Kapucu, S., (2013), "Yaratıcı Problem Çözme Metodolojisi TRIZ", Yaratıcı Problem Çözme Metodolojisi TRIZ konferansı, 14 Mart 2013, Amasya.

[31] Eryurt, E., (2005), "Metalurjik Ürün Geliştirmede KFG ve TRIZ Metodolojilerinin Uygulanması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[32] Mann, D., Sttratton, R., (2000), Physical Contradictions and Evaporating Clouds, https://triz-journal.com/physical-contradictions-evaporating-clouds/, 21.01.19.

[33] Kaya, M., 2016, TRIZ-SuField Analizi, https://medium.com/@metinokaya/triz-sufield-analizi-ab5f39372901, 21.01.19.

[34] Miller, J., Domb, E., Macgran, E., Terninko, J., (2001), "Using the 76 Standard Solutions: a Case Study for Improving the World Food Supply", https://triz-journal.com/using-76-standard-solutions-case-study-improving-world-food-supply/, 21.01.19.

[35] Contraceptive Technology and Reproductive Health Series, Intrauterine Devices (IUDs), https://www.fhi360.org/sites/default/files/webpages/Modules/IUD/s1pg7.htm, 21.01.19.

[36] Terninko, J., Domb, E. Ve Miller, J., Macgran, E., (2000), The Seventy-Six Standard Solutions: How They Relate to the 40 Principles of Inventive Problem Solving, https://triz-journal.com/seventy-six-standard-solutions-relate-40-principles-inventive-problem-solving/, 21.01.19.

[37] Yang, Z., Xie, C., Cai, S., Xia, X., (2008) "Effects of LDPE film on the properties of copper/LDPE composites for intrauterine contraceptive device", Materials Letter, 62: 4226-4228.

[38] Singh, J., (2015) "Effects of LDPE film on the properties of copper/LDPE composites for intrauterine contraceptive device", Journal of Pharmacology and Pharmacotherapeutics, 6: 185-187.

[39] Schönberger, M., Hoffstetter, M., (2016), Emerging Trends in Medical Plastic Engineering and Manufacturing, First Edition, Elsevier, Oxford.

[40] Melgoza, E., Serena, L., Rosell, A., Ciurana, J., (2011) "An integrated parameterized tool for designing a customized tracheal stent", Computer-Aided Design, 44: 1173-1181.

[41] Abramov, O., Koga, S., Gankin, L., Sigalovsky, I., Smirnov A., (2015) " TRIZ-based approach for accelerating innovation in chemical engineering" , Chemical Engineering Research and Design, 103: 25-31.

[42] Davide, R., Duci, Stefano., (2015) " How to exploit Standart Solutins in problem definition", Procedia Engineering, 131:951-962.

[43] The Intenatinal TRIZ Association, Genrickh Saulovich Altshuler, https://matriz.org/about-matriz/about-founder/, 21.01.19

[44] Petrov V., (2008), Timeline of the Developmenet of Triz, https://triz-journal.com/timeline-of-the-development-of-triz-and-genrich-altshuller/, 21.01.19

[45] Russo, D., Duci, S., (2015) " From Altshuller's 76 Standart Solutions to a new Set of 111 Standarts", Procedia Engineering, 131:747-756.

[46] Najari, A., Dubois, S., Barth, M., Sonntag, M., (2016) "From Altshuller to Alexander: Towards a Bridge between Architects ans Engineers" Procedia CIRP, 39:119-124.

[47] Shulyak, L., Introduction to TRIZ, https://www.aitriz.org/articles/40p_triz.pdf, 21.01.19

[48] Souchkov, V., (2015), A Bried History of Triz, https://triz-journal.com/a-brief-history-of-triz/, 21.01.19

[49] O'Brien, P., Kulier, R, (2008) "Copper-containing, framed intrauterine devices for contraception: a systematic review of randomized controlled trials" Contraception, 77:318-327.

[50] Thiery, M., Kets, Hç, Pas, H., (1985) "Immediate Postplacental IUD Insertion: Teh Expulsion Problem", Contraception, 31:331-349.

[51] Hygren, K., Jahansson, E., (1973) "Insertion of the Endouterine Copper-T (TCu 200) Immediately After First Trimester Legal Abortion", Contraception, 7:229-306.

[52] Roy, S., Cooper, D., Mishell, D., (1974) "Exprerience with three different models od the Copper T intrauterine contraceptive device in nulliparous women", International Federation of Gynaecology & Obstetrics, 25:53-57.

[53] Mariscal, O., Barbera, G., Wheeler, R., Waszak, C., (1987) " Use of Echosonography to Monitor Uterine Placement of Intrauterine Devices After Immediate Postpartum Insertions", American Journal of Obstetrics and Gynecology, 119:414-417.

[54] Chi, I., Farr, G., Thompson, K., (1990) " Is the Copper T380A Device Associated with an Increased Risk of Removal due to Bleeding and/or Pain?", Contraception, 42:159-169.

[55] Ragab, A., Hamed, H., Alsammani, M., Shalaby, H., Nabeil, H., Barakat, R., Fetih, A., (2015) "Expulsion of Nova-T380, Multiload 375, and Copper-T380A contraceptive devices inserted during cesarean delivery", International Journal of Gynecology and Obstetrics, 130:174-178.

[56] Li, Y., Chu, C., Chien, W., Chang, P., Hsu, C., Wu, S., (2013) " Determination of developing trend for a novelty microbial electrolysis cell by a modified inventive problem soving approach", International Journal ofHydrogen Energy, 38:15830-15835.

[57] Kim, J., Lee, Y., Lim, W., (2009) "Application of Triz creativity intensification approach to chemical process safety", Journal of Loss Prevention in the Precess Industries, 22:1039-1043.

[58] Motyl, B., Filippi, S., (2014) " Integration of Creativity Enhabcement Tools in Medical Device Design Process", Procedia Engineering, 69:1316-1325.

[59] Nikolic, V., Sajjadi, S, Petkovic, D., Shamshirband, S., Cojbasic, Z., (2016) "Design and state of art of innovitive wind turbine systems", Renewable and Sustainable Energy Reviews, 61:258-265.

[60] Casner, D, Houssin, R., Renaud, J., Knittel, D., (2015) " Optimization as an innovative design approach to improve the performances and the functionalities of mechatronic devices ", Procedia Engineering, 131:941-950.

[61] Vey, E., Rodger, C., Booth, J., Claybourn, M., (2011) " Degradation kinetcs of poly(lactic-co-glycolic) acid copolymer cast films in phosphane buffer solution as revealed by infrared and Raman spectroscopies", Polymer degradation and Stability, 91:1882-1889.

[62] World Health Organization (WHO), (2016), TCu380A Intrauterine Contraceptive Device (IUD), Yayın No:3, İsviçre.

[63] Alvarez, F., Schilardi, P., Mele, M., (2012) "Reduction of the "burst release" of copper ions fromcopper-based intrauterine devices by organic inhibitor", Contraception, 85:91-98.

[64] Yang, Z., Xie, C., Cai, S, Xia, X., (2008) " Effects of LDPE film on the properties of copper/LDPE composites for intrauterine contraceptive device ", Materials Letters, 62:4226-4228.

[65] Lu, P., Liu, Y., Guo, M., Fang, H., (2011) "Corrosion and drug release properties of EN-plating/PLGA composite coating on MAO film", Materials Science and Engineering C, 31:1285-1289.

[66] Jinga, W., Aob, Q., Wangc, L., Huanga, Z., Caia, Q., Chenc, G., Yanga, X., Zhong, W., (xxxx) "Constructing conductive conduit with conductive fibrous infilling for peripheral nerve regeneration", Chemical Engineering Journal , xx:xxx-xxx.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı	:Şerife ÖZTÜRK
Doğum Tarihi ve Yeri	:26.04.1990 - Fatih
Yabancı Dili	:İngilizce
E-posta	:ozturk__serife@hotmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	**Alan**	**Okul/Üniversite**	**Mezuniyet Yılı**
Lisans	Metalurji ve Malzeme Mühendisliği	Yıldız Teknik Üni.	2012
Lise	Fen Bilimleri	Alaplı Anadolu Lisesi	2008

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	**Firma/Kurum**	**Görevi**
2018-halen	Siemens Sanayi ve Ticaret A.Ş.	Satın Alma Mühendisi
2013-2018	Pegasus Hava Taşımacılığı A.Ş.	Kıdemli Teknik Satın Alma Uzmanı
2013-2013	Sampa Otomotiv A.Ş.	Satın Alma Uzmanı