İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MONTAJA UYGUN TASARIM PRENSİPLERİ İLE BUZDOLABINDA HAREKETLİ KAPI RAFI TASARIMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sena ÖZPERK

Anabilim Dalı : Makine Mühendisliği

Programı : Konstrüksiyon

OCAK 2011

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MONTAJA UYGUN TASARIM PRENSİPLERİ İLE BUZDOLABINDA HAREKETLİ KAPI RAFI TASARIMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sena ÖZPERK
503081216

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 20 Aralık 2010
Tezin Savunulduğu Tarih : 12 Ocak 2011

Tez Danışmanı : Prof. Dr. C. Erdem İMRAK (İTÜ)

Diğer Jüri Üyeleri : Yrd. Doç. Dr. İsmail GERDEMELİ (İTÜ)
Yrd. Doç. Dr. Berna ALPAN BOLAT (YTÜ)

OCAK 2011

Sevgili aileme,

ÖNSÖZ

Günümüzde özellikle beyaz eşya sektöründe artan rekabet nedeni ile kar marjları bir hayli düşmüştür. Kar marjlarının giderek düşmesi üretilen ürünün malzeme maliyetlerinin yanı sıra, ürünün tasarlanmasından, montaj hattında montajının yapılmasına kadar her basamağın ideal zaman ve işgücü ile yapılmasının önemini dramatik bir şekilde gözler önüne sermiştir.

Ürün tasarlanırken, tasarımın ucuz, basit ve aynı zamanda fonksiyonel olması önem kazanırken, aynı zamanda ürünün montaj hattında operatör tarafından ideal süre ve ideal işlem basamağında monte edilmesi beklenmektedir. Bu noktada eşzamanlı mühendisliğin tasarım araçlarından olan montaja uygun tasarım prensipleri her işletme ve tasarımcı için önem kazanmaktadır. Bu tezin amacı, Arçelik 8828 SBS NF buzdolabı kapı raflarının düşeyde hareketli olması için yapılan tasarımın "montaja uygun tasarım" prensipleri uygulanarak tekrar şekillenmesi uygulamasını anlatmak, montaja uygun tasarım prensiplerinin işletmeler ve tasarımcılar için ne kadar önemli olduğunu Arçelik Arge Yapısal Tasarım Yöneticiliği'nde yapılmış olan bir çalışma ile uygulamalı olarak göstermektedir.

Yüksek lisans tez çalışmam kapsamında yardımını esirgemeyen Arçelik Arge Yapısal Tasarım Yöneticisi Sn. Mehmet DURMAZ'a, Arge Uzmanı Sn. A. Levent HASANREİSOĞLU'na teşekkür ederim. Ayrıca tezimi hazırlarken güvenini ve desteğini hiçbir zaman esirgemeyen değerli hocam Sn. Prof. Dr. C. Erdem İMRAK'a ve beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan, hayattaki en değerli varlıklarım Annem, Babam, Ablam, Kardeşim ve Eşime teşekkür ve minnetlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Aralık 2010 Mak.Müh. Sena ÖZPERK

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ ..... **v**
İÇİNDEKİLER ..... **vii**
KISALTMALAR ..... **ix**
ÇİZELGE LİSTESİ ..... **xi**
ŞEKİL LİSTESİ ..... **xiii**
ÖZET ..... **xv**
SUMMARY ..... **xvii**
1. GİRİŞ **1**
2. MÜKEMMELİK İÇİN TASARIM ESASLARI (DFX) **3**
2.1 Genel Bakış 3
2.2 Montaj İçin Tasarım (MUT) Metodolojisi 5
2.2.1 DFA indeksi hesaplama örneği [7] 9
2.3 DFA Prensipleri ile Yeniden Tasarlama Örnekleri 13
3. DÜŞEYDE HAREKETLİ BUZDOLABI KAPI RAFI UYGULAMASI **17**
3.1 Problemin Tarifi 17
3.2 Rakip Firmaların Benzer Uygulamaların Araştırılması 18
3.2.1 Patent araştırması 18
3.2.1.1 US7178890B2 numaralı patent çalışması [13] 19
3.2.1.2 CN1952564A numaralı patent başvurusu [14] 20
3.2.1.3 WO2005003660 A1 numaralı patent başvurusu [15] 21
3.2.1.4 WO2008077742A2 ve WO2009115476A2 numaralı patent çalışmaları [16-17] 22
3.2.1.5 US6582038 B2 numaralı patent çalışması [18] 23
3.2.1.6 WO2008095775A1 numaralı patent çalışması [19] 24
3.2.2 Rakip firmaların benzer uygulamaları 26
4. KONSEPT TASARIMLAR **29**
4.1 Konsept Tasarım 1 29
4.2 Konsept Tasarım 2 31
4.3 Konsept Tasarım 3 32
4.3.1 Çevrim oranı ve knobun tur sayısı hesapları 33
4.4 Konsept Tasarım 4 35
5. DETAY TASARIM **39**
5.1 Konseptin Anlatılması 39
5.2 Kızaklama ve Kilitleme Pimlerinin Tasarlanması 41
5.3 Kızaklama Kanalı ve Kilitleme Yuvası Tasarımı 43
5.4 Yönlendirme Yüzeylerinin Tasarımı 48
5.5 Raf Yanal Hareketini Engelleyen Plastik Yay Tasarımı 49
5.6 Birinci Nesil Protipler 50
5.7 İkinci Nesil Prototipler 53
6. DETAY TASARIM 3 İÇİN DFA PRENSİPLERİNİN UYGULANMASI **57**

6.1 Tasarımın Montaj Detayı 57
6.2 DFA Prensiplerinin Uygulanması ile Yeniden Tasarım 58
7. SONUÇ VE ÖNERİLER 63
KAYNAKLAR 65
EKLER 67

KISALTMALAR

SBS	**:** Side by Side
DFX	**:** Design for Excellence
DFA	: Design for Assembly
MIT	: Massachusetts Institute of Technology

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Alfa ve Beta Simetrisi 8
Çizelge 2.2 : Parça boyut ve simetrisine bağlı elle taşıma süreleri [7] 8
Çizelge 2.3 : Elle taşıma süreleri 10
Çizelge 2.4 : Elle ekleme süreleri 1 10
Çizelge 2.5 : Elle ekleme süreleri 2 11
Çizelge 2.6 : Pinomatik piston için DFA indeksi 12
Çizelge 2.7 : Pinomatik piston alt montaj yeni tasarımı – DFA indeksi 13
Çizelge 5.1 : Kapı rafı dönme etüdü 52
Çizelge 6.1 : Final Tasarım 60
Çizelge 6.2 : DFA prensipleri doğrultusunda mpdifiye edilmiş tasarım 60
Çizelge A.1 68
Çizelge A.2 69

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Parçanın yüzey ve geometrik özelliklerine dair sınıflandırma örneği [7] .. 6
Şekil 2.2 :Hizalama, ekleme kuvveti ve kısıtlı erişim örnekleri [7]..... 7
Şekil 2.3 : Pinomatik piston alt montajı genel görünümü 9
Şekil 2.4 : DFA Prensipleri ile yeniden tasarım..... 13
Şekil 2.5 : Örnek 1 (a) Parça hizalama ve döndürme işlemleri sonrasında monte ediliyor (b) Parça tek işlemde bastırılarak monte ediliyor [10] 14
Şekil 2.6 : Koltuk tasarımının ilk hali [9] 15
Şekil 2.7 : DFA Metodolojisi ile yeniden tasarım [9]..... 15
Şekil 3.1: 8820 SBS NF 18
Şekil 3.2 : Patent arama ve arama sonucu örneği..... 19
Şekil 3.3 : US7178890B2 numaralı patentin genel görünümü 20
Şekil 3.4 : US7178890B2 numaralı patentin kilitleme detayı 20
Şekil 3.5 : CN1952564A numaralı patent başvurusu..... 21
Şekil 3.6 : WO2005003660 A1 numaralı patent başvurusu..... 22
Şekil 3.7 : WO2008077742A2 numaralı patent başvurusu..... 23
Şekil 3.8 : WO2009115476 A2 numaralı patent başvurusu..... 23
Şekil 3.9 : US6582038 B2 numaralı patent çalışması..... 24
Şekil 3.10 : WO2008095775 A1 numaralı patent başvurusu..... 25
Şekil 3.11 : USD603883S1 [20] 26
Şekil 3.12 : MIELE uygulaması..... 26
Şekil 3.13 : BSH uygulaması 27
Şekil 4.1 : Konsept Tasarım 1 Genel Görünümü 29
Şekil 4.2 : Konsept Tasarım 1 Çalışma Prensibi..... 30
Şekil 4.3 : Konsept Tasarım 1 Alternatif Form..... 30
Şekil 4.4 : Konsept Tasarım 2 31
Şekil 4.5 : Önden Görünüş 32
Şekil 4.6 : Konsept Tasarım 3 32
Şekil 4.7 : Çevrim oranı hesaplamaları 33
Şekil 4.8 : Konsept Tasarım 3- Protorip (Knoblu Versiyon) 34
Şekil 4.9 : Konsept Tasarım 4 – Sliderlı Versiyon..... 35
Şekil 4.10 : Konsept Tasarım 3- Prototipler (Sliderlı versiyon) 35
Şekil 4.11 : Konsept tasarım 4 36
Şekil 4.12 : Konsept Tasarım 4 Kilitleme Prensibi..... 36
Şekil 4.13 : Konsept Tasarım 4 - Prototip..... 37
Şekil 4.14 : Kapı rafının yan kızaklarla ilişkisi..... 38
Şekil 5.1 : Tasarımın genel görünümü 39
Şekil 5.2 : Kızaklama ve kilitleme yapıları..... 40
Şekil 5.3 : Konseptin çalışma prensibi..... 40
Şekil 5.4 : Kızaklama pimi formları..... 41
Şekil 5.5 : Kızaklama pimi form etüdü 42
Şekil 5.6 : Rafın hareket etme (b) ve kilitleme pozisyonu (a) 43
Şekil 5.7 : Kızaklama ve kilitleme pimlerinin konum etüdü 43

Şekil 5.8 : Kilitleme yuvası form etüdü 44
Şekil 5.9 : Kilitleme yayı form etüdü 45
Şekil 5.10 : Plastik yayın çalışması için parçada yapılan boşaltmalar ve hızlı prototip 45
Şekil 5.11 : Plastik yayın baskı yönü 46
Şekil 5.12 : Plastik yay form revizyonu 46
Şekil 5.13 : Plastik yay öngerilme etüdü 47
Şekil 5.14 : Plastik yay çalışma etüdü 47
Şekil 5.15 : Belirsizlik yaratan düz yüzeyler 48
Şekil 5.16 : Balık sırtı yapısı 49
Şekil 5.18 : Yanal yaylar 50
Şekil 5.19 : Yanal yay kesit görünüş 50
Şekil 5.20 : Birinci nesil prototipler 51
Şekil 5.21 : Rafın yanlış pozisyonlanması 51
Şekil 5.22 : Raf dönme etüdü 52
Şekil 5.23 : Kapı rafı dönme etüdü 53
Şekil 5.24 : Kapı rafı kızaklama pimi final tasarımı 53
Şekil 5.25 : İki kademeli versiyon 54
Şekil 5.26 : Stopper yayın serbest ve esnemiş durumları 55
Şekil 5.27 : İkinci nesil prototipler 55
Şekil 6.1 : Tasarım final hali 57
Şekil 6.2 : Tasarım montaj detayı (a) Kapı iç plastiğinde kızaklama parçası için yapılan revizyon (b) kılavuzlama parçalarının 3'er vida ile tutturulması (c) kapı rafının yerleştirilmesi 58
Şekil 6.3 : Sıkı geçme detayı 58
Şekil 6.4 : Kılavuzlama parçası final hali 59
Şekil 6.5 : Kılavuzlama parçası montaj detayı 59
Şekil 6.6 : Final tasarım 61

MONTAJA UYGUN TASARIM PRENSİPLERİ İLE BUZDOLABINDA HAREKETLİ KAPI RAFI TASARIMI

ÖZET

Günümüzde globalleşen ekonomi, aynı pastayı paylaşan firmaların çoğalmasıyla artan rekabet, müşteri ihtiyaçlarının değişmesi ve şüphesiz her geçen gün gelişen teknoloji tasarım ve imalat mühendisliğinin de gelişmesine ve değişmesine neden olmuştur. Rekabetin artması ile kar marjlarının düşmesi; fikirden ürüne kadar, işleyen tüm proseslerin verimliliğinin her geçen gün daha çok önem kazanmasına neden olmuştur. Bu kapsamda özellikle geçtiğimiz 30 yıl içerisinde bir çok metodoloji geliştirilmiş, konvansiyonel tasarım ve imalat yöntemleri de yerlerini daha verimli, daha bilinçli yaklaşımlara bırakarak, üretim maliyetlerini azaltmak, kaliteyi arttırmak ve ürün geliştirme zamanını azaltmak için tasarım gerekliliklerivle birlikte üretim ve montaj gerekliliklerini de eşzamanlı olarak dikkate alan bir yöntem olarak tanımlayabileceğimiz eşzamanlı mühendislik kavramının doğmasına neden olmuştur [1].

Bu çalışma ile eşzamanlı mühendislik araçlarından montaja uygun tasarım metodolojisi anlatılmış, çeşitli çalışmalarla örneklenmiştir. Ayrıca eşzamanlı olarak, Arçelik Arge'de çalışılmakta olan Buzdolabı Hareketli Gövde Rafı projesi ve projenin montaja uygun tasarım prensipleri ile yeniden şekillendirilmesi ile DFA metodolojisinin günümüz tasarım ve imalat mühendisliği açısından önemi uygulamalı olarak anlatılmıştır.

DESIGN FOR ASSEMBLY METHODOLOGY AND ADJUSTABLE REFRIGERATOR DOOR SHELF DESIGN

SUMMARY

Nowadays globalization of economy, increase in the number of companies that share the same market which increased competition, changes in the needs of customers and new developments in technology causes improvement and changes in design and manufacturing engineering. Decreasing in profit margins through the increase in competition has led to gain more importance of the process efficiency of all processes, from ideas to products.
In this context, lots of methodologies have been developed especially in last 30 years. In addition to this, conventional design and manufacturing methods left its place to more efficient and productive approaches which aim not only decreasing production cost, increasing the quality and reducing time that allocated for product development but also providing design, production and assembly necessities. This leads to come up a new concept called concurrent engineering.

In this study, appropriate design methodology for assembly from concurrent engineering tools are explained and exemplified in various studies

In addition to this, concurrently, Adjustable Refrigerator Door Shelf Project which is developing in Arçelik's R&D and appropriate design principles for assembly of the project which is re-designed with DFA methodology is described in terms of today's design and manufacturing engineering.

1. GİRİŞ

Günümüzden 30 yıl önce insanların özellikle beyaz eşya satın alırken birinci önceliği fonksiyonellikti. Ancak, teknolojinin gelişimi ile ürünlerin ucuzlaması, gelir seviyesinin artması ve müşteri profilinin ve ihtiyaçlarının değişmesi ile tüketicinin eğilimi de değişmiştir. Mutfaklar artık yemek pişirilen yerler olmaktan çıkmış, açık mutfakların popüler olması ile bir yaşam alanı haline gelmiştir. Bu nedenle ürünün dış görünüşü, algılanan kalitesi zamanla fonksiyonelliğinin ötesine geçmektedir. Farklı bir değişle, tüketiciye dokunan, tüketici ile iletişime geçen, tüketicinin yaşam konforunu arttıran tasarımlar tercih edilmektedir. Ancak diğer yandan globalleşen ekonomi ile daha da dramatik hale gelen rekabet ortamının getirdiği ürünü daha az maliyetle üretme kısıtı yaratıcılık ve yenilikçiliğin önüne her geçen gün daha da büyüyen bir tehdit olarak çıkmaktadır. Bu nedenle tasarımdan satışa kadar her basamağın en verimli zaman ve maliyette gerçekleştirilmesi önem kazanmaktadır. Bu amaçla montaja uygun tasarım metodolojisi, montaj işlemini en hızlı ve en verimli şekilde gerçekleştirilmesi için geliştirilmiş araçlardan biridir.

Bu çalışmada, Arçelik Arge Yapısal Tasarım Yöneticiliği'nde Eskişehir Buzdolabı İşletmesi için çalışılan "Hareketli Kapı Rafı" tasarımı anlatılmış, ardından tasarım MUT metodolojisi ile sorgulanarak tekrar gözden geçirilmiş, yeniden şekillenmiştir. Bu kapsamda, ikinci bölümde, montaja uygun tasarım metodolojisinden, özellikle Boothroyd & Dewhurst yaklaşımından ve uygulamalı örneklerinden detaylıca bahsedilmiştir.

Üçüncü bölümde ise, Eskişehir İşletmesi ile yapılan çalışmanın detayları verilmiştir. Açık problem tarifi ve tasarım kısıtlarının belirlenmesinden sonra, patent veri tabanları, teknoloji market ve fuar gezileri sonucunda karşılaşılan rakip ve benzer ürünlerden bahsedilecektir.

Dördüncü bölümde, hareketli kapı rafı üzerine oluşturulan alternatif konsept tasarımlardan bahsedilecek, her tasarım güçlü ve zayıf yönleri ile irdelenecektir. Bazı tasarımlar ölecek, bazı tasarımlar ise birleşerek yeni tasarımlar doğuracaktır.

Bölüm 5'te ise dördüncü bölümdeki tasarımların birleşmesi ile doğan ve seri imalata alınması planlanan konsept tasarımın imalata yönelik tasarım aşamaları, etütler ve prototiplerden bahsedilecektir.

Altıncı bölüm, final tasarımın MUT prensipleri göz önüne alınarak tekrar gözden geçirildiği bölümdür. MUT prensipleri gereği yeniden tasarlanan tasarımla önceki tasarımın MUT indeksleri hesaplanarak, karşılaştırılacaktır.

Son bölümde ise, yapılan çalışmaların kısa özetinin ardından, MUT metodolojisinin gerekliliği yapılan uygulama üzerinden tartışılacaktır.

2. MÜKEMMELİK İÇİN TASARIM ESASLARI (DFX)

2.1 Genel Bakış

İnsanlığın yaşadığı değişim ve dönüşüm süreci içinde tasarım mühendisliği de süreçteki değişim ve dönüşümden etkilenmiştir. Globalleşen dünya ile sürekli yenilenen rekabetçi piyasa nedeni ile şirketler tasarımdan satışa kadar tüm faaliyetlerini en verimli hale getirme çabasına girmişlerdir. Globalleşmenin sonucunda ortaya çıkan müşteri isteklerinin farklılaşması, ürünlerin hayat çevrimlerinin kısalması gibi olgular şirketlerin yeni ürün geliştirme konseptini tamamıyla değiştirmiştir. Artık günümüzde yeni ürün geliştirme, maliyet ve zamanın içinde bulunduğu zor bir denklem haline dönüşmüştür [1]. Yenilikçi tasarım adına ürün için toplam hayat çevrimi maliyetlerini düşürme ihtiyacı, tam zamanlı üretim endüstrisinin önemli parçası haline gelmiştir. Bu sebeplerden ötürü araştırmacılar çevre için tasarım, geri dönüşüm için tasarım, ürün hayat çevrimi için tasarım vb. yaklaşımlar üzerine de odaklanmışlardır. Bu çalışmalar genel olarak mükemmellik için tasarım (Design for excellence - DFX) olarak tanımlanır ve bütünlenir [2]. Dolayısıyla DFX dedigimizde, Montaj için Tasarım, İmalat için Tasarım, Demontaj için Tasarım, Ürün Çevrimi için Tasarım, Geri Dönüşüm için Tasarım, Kalite için Tasarım, Sürdürülebilirlik için Tasarım, Güvenilirlik için Tasarım vb. kavramlar da birlikte gelmektedir [3].

Bu çalışmanın amacı DFX'in alt sistemlerinden biri olan Montaj İçin Tasarım (Design For Assembly - DFA) metodolojisinin "Hareketli Kapı Rafı" tasarımına uygulanmasını anlatmaktır.

Montaj için tasarım, ürün tasarım, montaj ve dolayısı ile imalat sürecini kısaltmayı ve verimini arttırmayı amaçlayan bir metodolojidir. Montaj için tasarım prensiplerinin uygulandığı bir tasarım sürecinde, ürünün daha az parça ile daha kolay ve daha hızlı montaj edilmesi hedeflenmektedir. Bugüne kadar birçok farklı MUT

metodolojisi geliştirilmiştir. Yöntemden bağımsız olarak MUT tekniğinde olması gereken temel özellikler aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Montaj edilebilirliği değerlendirecek ve montaj edilebilirliği geliştirmek için gerekli prosedürleri elde etmede yeterli yaratıcılığa sahip olan bütün ve tam bir teknik olması,
- Üzerinde durulan konuyla ilgili tüm noktaları dikkate alan, prosedürlerin adım adım ilerlediği sistematik bir teknik olması,
- Doğru, tam ve objektif olarak montaj edilebilirliği ölçebilecek bir teknik olması,
- İyi kaliteye sahip ve kullanıcı dostu bir teknik olması [11].

Günümüzde kullanılan MUT yöntemlerini aşağıdaki gibi 4 ana sınıfta özetleyebiliriz [10].

- Tasarım prensipleri ve kurallarına sahip MUT yöntemleri
    - Tasarım prensip ve kurallarına sahip MUT yöntemleri, deneysel gerçeklerin doğrulanması ya da mühendislerin zaman içinde yaptıkları iyi ve kötü tasarım olarak adlandırılan sayısız örneklerin değerlendirilmesi sonucu oluşmuştur.
- Nicel değerlendirme prosedürlerini uygulayan MUT yöntemleri
    - Nicel değerlendirme prosedürleri, tasarımcıya tasarımlarının montaj edilebilirliğini değerlendirme şansını verir. Nicel değerlendirmeler, tasarımcının montaj proseslerini adım adım hesaplamasında yardımcı olur. Her bir montaj operasyonu, operatör veya montaj sisteminin yerine getirdiği prosesin kolaylığının değerlendirmesine tabi tutulur [11].
    - Boothroyd&Dewhurst yöntemi, Hitachi montaj edilebilirlik değerlendirme yöntemi nicel değerlendirme prosedürleri uygulayan MUT yöntemlerine örnek verilebilir. İlerleyen bölümlerde Boothroyd&Dewhurst yönteminden detaylı olarak bahsedilecektir.
- Bilgi tabanlı tasarım yaklaşımını kullanan MUT yöntemleri
    - Bilgi tabanlı sistemlerin temel amacı, bilgi bazlı yönetim, araştırma mekanizmaları, anlam çıkarma gibi bilgiyi işleme olanaklarıyla geleneksel bilgisayar olanaklarını bütünleştirmektir [10].

- Bilgi tabanlı tasarım yaklaşımını kullanan MUT yöntemlerine Lucas MUT değerlendirme yöntemi örnek verilebilir.

- Bilgisayar destekli MUT yöntemleri
  - Bu yöntemde ürün ile ilgili veriler, parça ve montaj modellerinden elde edilir. MUT yöntemleri ile mümkün olmayan atalet momenti, ağırlık merkezi, ağırlık gibi özelliklerin tespiti bilgisayar destekli MUT yöntemleri ile mümkün olmaktadır. [10]. Ayrıca bilgisayar destekli MUT yöntemleri parçalar arası etkileşimler, parça lokasyon ve yönelimleri, tolerans, mafsal serbestlik derecesi, montaj emirleri gibi bilgilerin sağlanmasına yardımcı olur.

2.2 Montaj İçin Tasarım (MUT) Metodolojisi

DFA yöntemleri arasında en bilinen yöntemlerden biri Boothroyd ve Dewhurst'in 1970'li yıllarda MIT ile Salford Ünversitesinini ortak çalışmaları sonucunda geliştirdikleri metodolijidir [5].

Boothroyd ve Dewhurst'e göre en ucuz montaj, ancak parçaların en uygun montaj şekline uygun şekilde tasarlanması ile gerçekleştirilebilir. Boothroyd ve Dewhurst "Montaj için Tasarım Elkitabı" nda anlattıkları montaja uygun tasarım metodolojisi prensiplerini;

- Montajda yer alan her parçanın gerekliliği sorgulanmalı ve tasarımcı her parça için parçaların neden azaltılamadığını ya da başka bir parça ile birleştirilemediğini açıklamalıdır.
- Özel olarak bu amaç için geliştirilmiş belli işlemlerin standart zamanlarını içeren veritabanlarını kullanarak gerçek montaj zamanı bulunmalıdır.
- DFA indeksi (tasarım verimlilik indeksi) hesaplanan gerçek montaj süresinin karşılaştırılması ile elde edilir.
- Üretim ve kalite problemlerine yol açacak montaj zorlukları belirlenmelidir.

olarak özetlemişlerdir [4].

Bu kapsamda DFA prensipleri gereği;

- Uygun montaj sisteminin seçilmesi

- Parçaların tamamen çıkarılması yada birleştirilmesi ile toplam parça sayısının azaltılması
- Taşıma, ekleme ve bağlama proseslerinin kolaylaştırılması

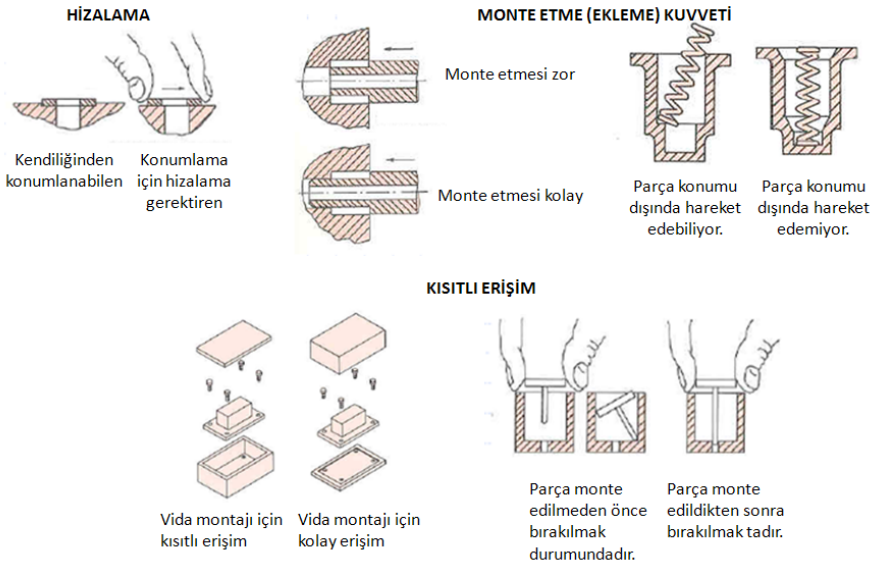
ideal montaj süresinin elde edilmesi için göz önüne alınması gereken kriterler olarak adlandırılabilir [10]. Bu süreç ideal montaj süresi elde edilene kadar devam etmelidir [5].

Toplam parça sayısının azaltılması, montaj süresinin enazlanmasının yanı sıra ürünün güvenirliliği açısından esastır. Çünkü, her parçada hata içerme ve montajda sorun çıkarma olasılığı vardır. Dolayısıyla bir ürününün mükemmel olma olasılığı parça sayısı arttıkça logaritmik olarak azalır. Ayrıca parça sayısının artması toplam üretim ve montaj maliyetini de arttırırken, parça sayısının azaltılması satın alma, depolama ve servis maliyetlerini de doğrudan azaltmaktadır. Bu nedenle tasarımcının montaj üzerindeki her parçanın varlığını ve gerekliliğini teker teker sorgulaması kritiktir. Bununla birlikte parça sayısını azaltmak amacıyla büyük ve karmaşık geometrili parça tasarlamak da önerilen bir durum değildir. Çünkü özel üretim yapmayı pek tercih etmeyen tedarikçilerden standart parçaları temin etmek çok daha kolay ve az maliyetlidir. Standart parçaların kullanılması ile montaj operasyonlarını ve otomasyonu kolaylaştırarak hızlanmasını sağlar [6].

Montaj içerisindeki parçaların taşıma, ekleme ve bağlama prosesleri de montaj kolaylığını doğrudan etkilemektedir. Taşıma prosesi "yerinden kaldırma" ve "hizalama" olmak üzere iki basamakta düşünülebilir. Bu durumda parçanın geometrik ve yüzey özellikleri önemli hale gelmektedir. Şekil 2.1'de parçanın yüzey ve geometrik özelliklerine dair bir sınıflandırma örneği mevcuttur.

Şekil 2.1 : Parçanın yüzey ve geometrik özelliklerine dair sınıflandırma örneği [7]

Ekleme ve bağlama işlemlerinde ise hizalama, ekleme kuvveti ve erişebilirlik kriterleri önemlidir. Şekil 2.2'de görüldüğü gibi, tasarlanacak parçada alınacak küçük tasarım önlemleri ile montaj eniyileştirmesi yapmak mümkündür.

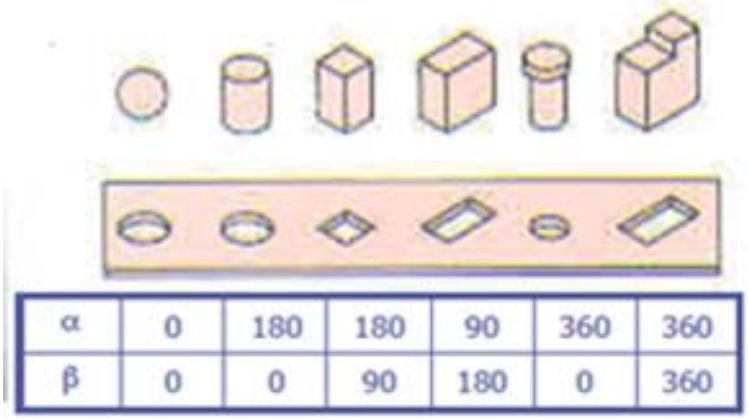


Şekil 2.2 : Hizalama, ekleme kuvveti ve kısıtlı erişim örnekleri [7]

Eklenecek parçanın yönelimi ve hizalanması manuel taşıma esnasında iki operasyonla sağlanır. Bunlar, parça eksenin ekleme ekseniyle hizalanması ve parça eksenini ekleme eksenine göre döndürülmesidir. Bunun için Boothroyd ve Dewhurst çizelge 2.1 ve çizelge 2.2'de görüldüğü üzere Alfa simetrisi ve Beta simetrisi olmak üzere iki simetri tanımlar.

- Alfa simetrisi, parçanın eklenme eksenine göre dik yönde ne kadar döndürülmesi gerektiğini belirten açıyı tanımlarken,
- Beta simetrisi de parçanın eklenme eksenine göre ne kadar döndürülmesi gerektiğini belirten açıyı tanımlar [8].

Çizelge 2.1 : Alfa ve Beta Simetrisi



Çizelge 2.2 : Parça boyut ve simetrisine bağlı elle taşıma süreleri [7]

ELLE TAŞIMA – TAHMİNİ SÜRELER (sn)

		Kavraması ve el ile işlemesi kolay parçalar					Kavrama zorluğu yaşanan parçalar				
		Kalınlık > 2 mm			Kalınlık ≤ 2 mm		Kalınlık > 2 mm			Kalınlık ≤ 2 mm	
		Boyut > 15 mm	6mm ≤ Boyut > 15 mm	Boyut < 6 mm	Boyut > 6 mm	Boyut ≤ 6 mm	Boyut > 15 mm	6mm ≤ Boyut > 15 mm	Boyut < 6 mm	Boyut > 6 mm	Boyut ≤ 6 mm
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Kavrama elemanlarının yardımı olmaksızın el ile işlenen ve kavranan parçalar	$(\alpha+\beta) < 360°$	0	1.13	1.43	1.88	1.69	2.18	1.84	2.17	2.65	2.45	2.98
	$360° \leq (\alpha+\beta) < 540°$	1	1.5	1.8	2.25	2.06	2.55	2.25	2.57	3.06	3	3.38
	$540° \leq (\alpha+\beta) < 720°$	2	1.8	2.1	2.55	2.36	2.85	2.57	2.9	3.38	3.18	3.7
	$(\alpha+\beta) = 720°$	3	1.95	2.25	2.7	2.51	3	2.73	3.06	3.55	3.34	4

Tek elle

Benzer tablolar iki elle, iki elle ve taşıma elemanları yardımı ile ve elle ekleme zamanları içinde mevcuttur. Tabloların orijinal halleri EK-A bölümünde paylaşılmıştır.

Tablolardaki verilerin kullanılması ile DFA indeksi hesaplanabilmektedir.

DFA indeksi,

E_{ma} DFA indeksi,

N_{min} teorik minimum parça sayısı,

t_a bir parça için ortalama montaj zamanı (~3 sn olarak kabul edilebilir)

t_{ma} toplam montaj zamanı

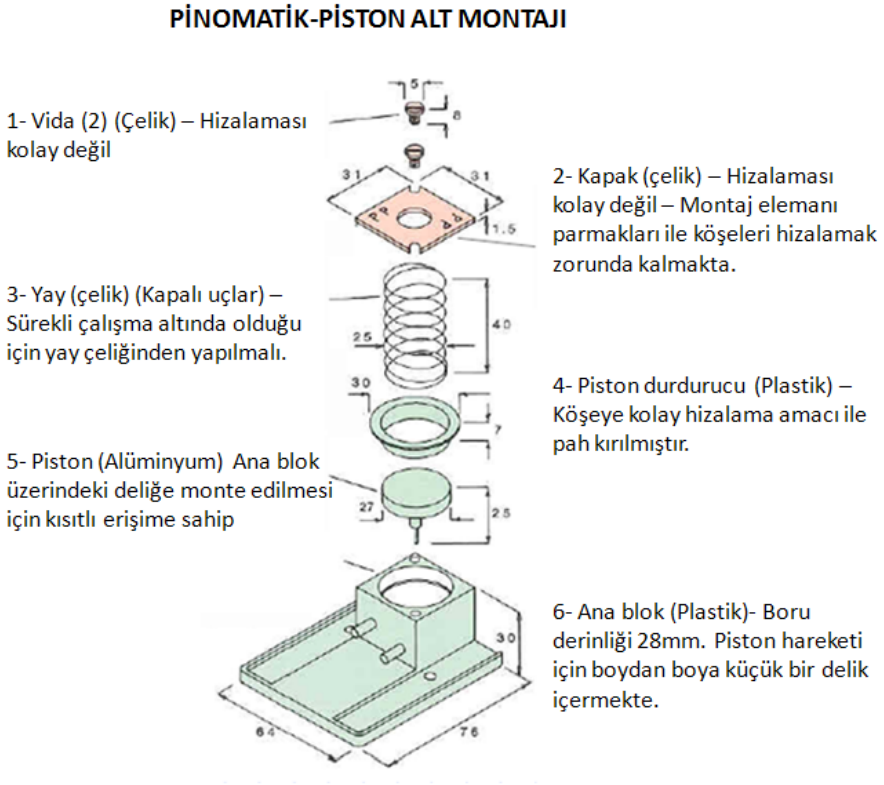
ise DFA indeksi,

$$E_{ma} = N_{min} \times t_a / t_{ma} \quad \textbf{(3.1)}$$

olarak tanımlanır [8].

2.2.1 DFA indeksi hesaplama örneği [7]

Bu bölümde pinomatik piston alt montajının DFA indeksinin hesaplanması ve DFA prensiplerine uygun olarak tekrar tasarlandığı durumdaki DFA indeksinin hesaplanarak karşılaştırılması anlatılacaktır. Şekil 2.3'te pinomatik piston alt montajının detaylı anlatımı mevcuttur. Şekil 2.3'te de görüldüğü gibi alt montaj; ana blok, piston, piston durdurucu, kapak yay ve vidalardan oluşmaktadır.



Şekil 2.3 : Pinomatik piston alt montajı genel görünümü

Sistemi tanıdıktan sonra ilk olarak elle taşıma tablosuna bakılabilir. Vida, yay, piston ve kapak montaj esnasında elle taşınmaktadır ve çizelge 2.3'te elle taşıma tablosundaki karşılık gelen değerleri görülmektedir.

Çizelge 2.3 : Elle taşıma süreleri

ELLE TAŞIMA – TAHMİNİ SÜRELER (sn)

			Kavraması ve el ile işlemesi kolay parçalar					Kavrama zorluğu yaşanan parçalar				
			Kalınlık > 2 mm			Kalınlık ≤ 2 mm		Kalınlık > 2 mm			Kalınlık ≤ 2 mm	
			Boyut > 15 mm	6mm ≤ Boyut > 15 mm	Boyut < 6 mm	Boyut > 6 mm	Boyut ≤ 6 mm	Boyut > 15 mm	6mm ≤ Boyut > 15 mm	Boyut < 6 mm	Boyut > 6 mm	Boyut ≤ 6 mm
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Kavrama elemanlarının yardımı olmaksızın el ile işlenen ve kavranan parçalar	$(\alpha+\beta) < 360°$	0	1.13	1.43	1.88	1.69	2.18	1.84	2.17	2.65	2.45	2.98
	$360° \leq (\alpha+\beta) < 540°$	1	1.5	1.8	2.25	2.06	2.55	2.25	2.57	3.06	3	3.38
		2	[illegible]	[illegible]	2.55	2.36	2.85	2.57	2.9	3.38	3.18	3.7
	$540° \leq (\alpha+\beta) < 720°$	3	1.95	2.25	2.7	2.51	3	2.73	3.06	3.55	3.34	4
	$(\alpha+\beta) = 720°$											

Tek elle

Piston Vidalar Kapak Yay

Elle taşıma tablolarından ilgili değerler alındıktan sonra, el ile ekleme tablolarında da aynı işlem gerçekleştirilir. Çizelge 2.4 ve 2.5‘te montaj elemanlarının el ile ekleme süreleri görülebilmektedir.

Çizelge 2.4 : Elle ekleme süreleri 1

ELLE EKLEME – TAHMİNİ SÜRELER (sn)

				Montaj sonrasında yönelme yada pozisyonlama için beklemeye gerek yok (3)				Montaj sonrasında yönelme yada pozisyonlama için beklemeye gerek var (3)			
				Montaj sırasında kolay hizalama ya da pozisyonlama (4)		Montaj sırasında zor hizalama ya da pozisyonlama		Montaj sırasında kolay hizalama ya da pozisyonlama (4)		Montaj sırasında zor hizalama ya da pozisyonlama	
			Parça eklenmiş ancak ayarlı değil	Eklemeye karşı direnç yok	Eklemeye karşı direnç (5)	Eklemeye karşı direnç yok	Eklemeye karşı direnç (5)	Eklemeye karşı direnç yok	Eklemeye karşı direnç (5)	Eklemeye karşı direnç yok	Eklemeye karşı direnç (5)
				0	1	2	3	6	7	8	9
Herhangi bir parçanın ayarlı olarak eklenmesi (1)	Parça ve ilgili ekipman (eller de dahil) istenen konuma rahatlıkça erişebiliyor.		0	1,5	2,5	2,5	3,5	5,5	6,5	6,5	7,5
			1	4	5	5	6	8	9	9	10
	Parça ve ilgili ekipman (eller de dahil) istenen konuma rahatlıkça erişebiliyor.	Kısıtlı erişim yada kısıtlı görüş nedeni ile (2)	2	5,5	6,5	6,5	7,5	9,5	10,5	10,5	11,5
		Kısıtlı erişim yada kısıtlı görüş nedeni ile (2)									

Yay Piston Kapak

Çizelge 2.5 : Elle ekleme süreleri 2

ELLE EKLEME – TAHMİNİ SÜRELER (sn)

								operasyonunun hemen ardından vidalama yada plasitk deformasyon yok (snap fitler,		Ekleme sonrasında hemen plastik deformasyon								Ekleme operasyonunun hemen ardından vidalama ile sıkıştırma (6)	
										Plastik bükme yada torsiyon			Perçin ya da benzeri						
										Montaj sırasında hizalama ve pozisyonlama kolay (4)	Montaj sırasında zor hizalama ya da pozisyonlama		Montaj sırasında hizalama ve pozisyonlama kolay (4)	Montaj sırasında zor hizalama ya da pozisyonlama					
							Parça hemen ayarlanmış	Pozisyonlama ya da hizalama kolay, torsiyonel direnç yok	Pozisyonlama ya da hizalama kolay değil, torsiyonel direnç (5)		Eklemeye karşı direnç yok	Eklemeye karşı direnç (5)		Eklemeye karşı direnç yok	Eklemeye karşı direnç (5)	Pozisyonlama ya da hizalama kolay, torsiyonel direnç yok	Pozisyonlama ya da hizalama kolay değil, torsiyonel direnç (5)	
								0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Herhangi bir parçanın ayarlı olarak eklenmesi (1)	Parça ve ilgili ekipman (eller de dahil) istenen konuma rahatlıkça erişebiliyor.					3		2	5	4	5	6	7	8	9	6	8	
						4		4,5	7,5	6,5	7,5	8,5	9,5	10,5	11,5	8,5	10,5	
						5		6	9	8	9	10	11	12	13	10	12	
		Parça ve ilgili ekipman (eller de dahil) istenen konuma rahatlıkça erişebiliyor.	Kısıtlı erişim yada kısıtlı görüş nedeni ile (2)															
			Kısıtlı erişim yada kısıtlı görüş nedeni ile (2)															

Vidalar

Çizelge 2.3, 2.4 ve 2.5'te seçilen elle taşıma ve elle ekleme süreleri Çizelge 2.6'da ilgili sütuna yazılır. Elle taşıma ve elle ekleme kodu ise, süre tablolarında parçaya ait süre hücresinin düşey ve yatayda seçilen kodların kesiştiği yerden okunarak DFA indeks tablosuna işlenir. Örneğin Elle Ekleme Kodu vida için 8 sn'ye denk gelen yatay hücre 3 ve düşey hücre 9 dan oluşmaktadır.

Toplam montaj zamanı ise her parça için; elle taşıma zamanı ve elle ekleme zamanının parça sayısı ile çarpılarak toplanması ile elde edilir. Elle montaj maliyeti ise sadece toplam montaj zamanına bağlıdır ve toplam montaj zamanının bir fonksiyonudur. Son olarak minimum parça sayısı, parçaların tekrar gözden geçirilmesi ile montajdan çıkarılıp çıkarılamayacağı yorumunun yapıldığı sütundur.

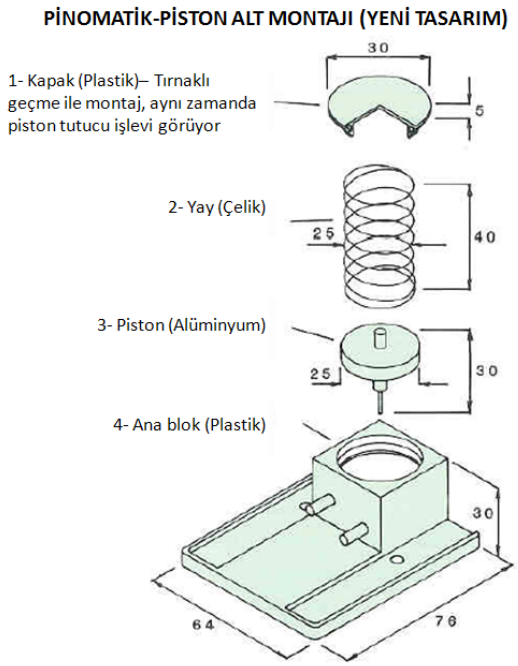
Çizelge 2.6'da yukarıda anlatılan veriler doğrultusunda pinomatik piston alt montaj DFA indeksi 0,27 olarak hesaplanmıştır. Indeks tasarımın verimsiz olduğunu belirttiği için tasarımda revizyon yapılmıştır.

Çizelge 2.6 : Pinomatik piston için DFA indeksi

Parça No	Parça Tekrar Sayısı	Elle Taşıma Kodu	Elle Taşıma Zamanı (sn)	Elle Ekleme Kodu	Elle Ekleme Zamanı (sn)	Toplam Montaj Zamanı (sn)	Elle Montaj Maliyeti	Minimum Parça Sayısı	Parça Adı
6	1	30	1,95	0	1,5	3,45	1,38	1	Ana Blok
5	1	10	1,5	10	4	5,5	2,2	1	Piston
4	1	10	1,5	0	1,5	3	1,2	1	Piston Durdurucu
3	1	5	1,84	0	1,5	3,34	1,34	1	Yay
2	1	23	2,36	8	6,5	8,86	3,54	0	Kapak
1	2	11	1,28	39	8	19,6	7,84	0	Vida
						t_{ma}	C_m	N_{min}	
Toplam:						43,75	17,5	4	DFA Indeksi= 0,27

DFA Indeksi: $N_{min} x t_a \backslash t_{ma}$

Pinomatik piston alt montajının DFA prensipleri gözönüne alınarak yeniden tasarlanmış hali Şekil 2.4'te görülmektedir. Kapak parçasının tırnaklı geçme ile monte edilecek şekilde tasarlanması ile vida kullanılmasına gerek kalmamıştır. Ayrıca kapak parçasına piston durdurucu fonksiyonu eklenerek, piston durdurucu parçasına da ihtiyaç kalmamıştır. Çizelge 2.7'de görüldüğü üzere, yeni tasarımın DFA Indeksi bir önceki versiyona nazaran çok daha verimli çıkmıştır. Pinomatik piston tasarımı DFA metodolojisi gözönüne alınarak tasarlandığı durumda DFA Indeksi 0,90 değerine ulaşmıştır.



Şekil 2.4 : DFA Prensipleri ile yeniden tasarım

Çizelge 2.7 : Pinomatik piston alt montaj yeni tasarımı – DFA indeksi

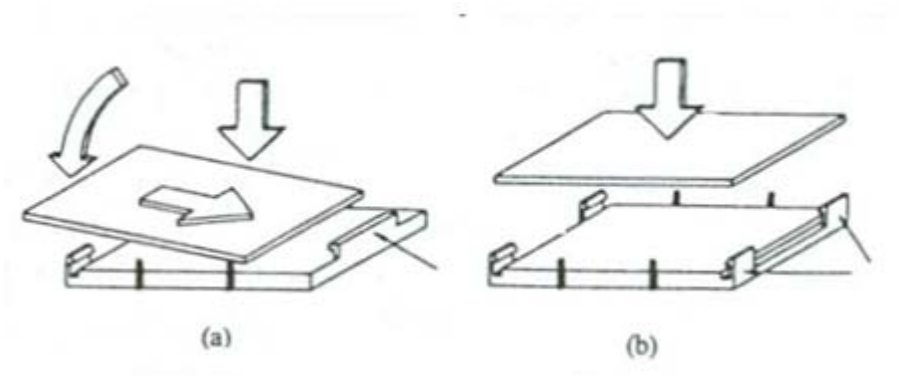
Parça No	Parça Tekrar Sayısı	Elle Taşıma Kodu	Elle Taşıma Zamanı (sn)	Elle Ekleme Kodu	Elle Ekleme Zamanı (sn)	Toplam Montaj Zamanı (sn)	Elle Montaj Maliyeti	Minimum Parça Sayısı	Parça Adı
4	1	30	1,95	0	1,5	3,45	1,38	1	Ana Blok
3	1	10	1,5	0	1,5	3	1,2	1	Piston
1	1	5	1,84	0	1,5	3,34	1,34	1	Yay
2	1	10	1,5	30	2	3,5	1,4	0	Kapak&Durdurucu
						t_{ma}	C_m	N_{min}	
Toplam:						13,29	5,32	4	DFA Indeksi= 0,90

DFA Indeksi: $N_{min} x t_a \backslash t_{ma}$

2.3 DFA Prensipleri ile Yeniden Tasarlama Örnekleri

DFA metodolojisi ile yeniden tasarlanan parça örneklerini çoklamak mümkündür. Örneğin Şekil 2.5'de parça ilk tasarlandığı durumda hizalandıktan sonra döndürülerek monte edilmektedir. DFA metodolojisi ile tekrar tasarlandığında ise tırnak yapıları geliştirilerek parçanın tek işlemde bastırılarak monte edilmesi

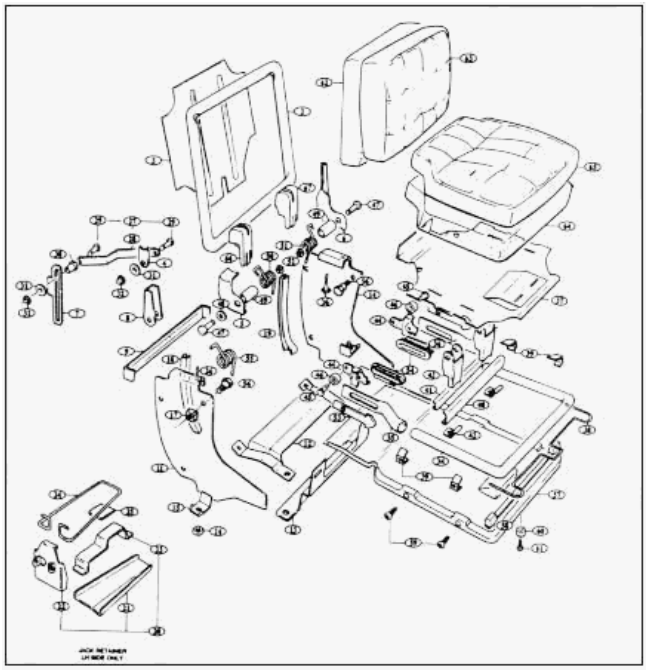
sağlanmıştır. Bu çalışma montaj hareketinin azaltılması açısından basit ve iyi bir örnektir.



Şekil 2.5 : Örnek 1 (a) Parça hizalama ve döndürme işlemleri sonrasında monte ediliyor (b) Parça tek işlemde bastırılarak monte ediliyor [10]

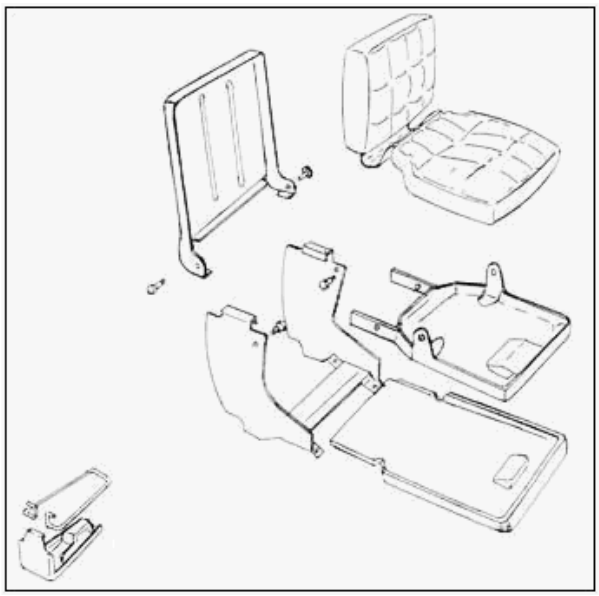
Bir diğer örnek ise, büyük bir otomotiv firmasının pick-up arabalarda kullanılmak üzere tasarladığı koltuk tasarımında parça sayısı ve operasyon maliyetlerini azaltmaya yönelik çalışmasıdır [9]. Şekil 2.6'da koltuk tasarımının ilk hali görülmektedir. Montaj açısından sistemin karmaşıklığını ifade etmek amacı ile, aşağıda koltuk montajı sırasında karşılaşılan birkaç durum özetlenmiştir:

- Toplam hesaplanan montaj süresi, boyama işlemi hariç, 1440 saniyedir.
- 6 ana alt montaj aşaması yapılmakta ve ana bloka çok küçük alana sahip parçalar el ile kaynatılmaktadır. MIG kaynağı uygulanmaktadır. (MIG kaynağı bilindiği üzere pahalı bir prosestir.)
- Sadece koltuk tabanını monte etmek için 4'ten fazla hizalama ve pozisyonlama işlemi gerekmektedir.
- Ayrıca ana montajda birçok kısıtlı erişime sahip operasyonların yapılması gerekmektedir.



Şekil 2.6 : Koltuk tasarımının ilk hali [9]

DFA metodolojisi ile tasarımın yeniden gözden geçirilmesi aşamasında ilk olarak her bir parçanın gerekliliği sorgulanmıştır. Burada amaç; parça sayısını azaltırken fonksiyonellikten bir şey kaybetmemektedir. Bu amaçla bir çok parça birleştirilmiş, parça sayısının azaltılmasının yanında birçok kaynak prosesi iptal edilmiştir. Sonuç olarak, parça sayısı Şekil 2.7'de görüldüğü gibi, 105'ten 19'a, alt montajlar 5'e ve toplam montaj süresi 1445 saniyeden 258 saniyeye düşürülmüştür.



Şekil 2.7 : DFA Metodolojisi ile yeniden tasarım [9]

3. DÜŞEYDE HAREKETLİ BUZDOLABI KAPI RAFI UYGULAMASI

3.1 Problemin Tarifi

Buzdolabı hacminin kullanışlı olması en az hacmin geniş olması kadar önemlidir. Piyasadaki rakip firmaların ürünleri incelendiğinde son yıllarda kullanım ergonomisine yönelik tasarımların önem kazandığı görülmektedir. Buzdolabı hacminin kullanışlı olmasının yanı sıra, hacmin kullanıcı tarafından özelleştirilerek kullanılmasına olanak sağlaması kullanıcının ürünle arasındaki iletişimin artmasını sağlamaktadır. Kullanıcı kendi zevkine ve kullanım alışkanlığına göre organize edebildiği ürünleri daha çok tercih etmektedir. Bu nedenle, esnek, kullanımı kolay hareketli dolap aksesuarlarının önemi artmaktadır.

Buzdolabı kapı raflarının düşeyde hareketli yapılması da kullanım ergonomisini ve müşteri memnuniyetini arttırmak amaçlı yapılan bir çalışmadır. Kapı rafları mevcut ürünlerde olduğu gibi sabit tasarlandığında kullanıcı kendine tasarımcı tarafından ayrılan hacimleri, tasarımcıların öngörebildiği şekil ve derecede değerlendirmek zorundadır. Ancak raflar hareketli tasarlandığında kullanıcıya kullanım esnekliği yaratılmakta ve kullanıcının ürünü daha konforlu şekilde kullanması sağlanmaktadır.

Yapılacak çalışma ile SBS (Side by side) tip dolapların kapı raflarının düşeyde manüel hareketli tasarlanması istenmektedir. Önerilecek uygulamanın orta sınıf buzdolaplarında uygulanmak üzere ucuz, basit ve mevcut üretimdeki buzdolabına adaptasyonunda fazla modifikasyon gerektirmeyecek şekilde tasarlanması gerekmektedir. Uygulamanın Şekil 3.1'de görülen SBS dolabın üretime alınacak yeni görünüşünde yapılması planlanmaktadır.

Şekil 3.1: 8820 SBS NF

Kapı rafları mevcut montaj şeklinde kapı iç plastiği üzerine sıkı sıkıya geçirilmektedir. Rafın çıkarılmasını zorlaştıran bu özellik, rafın sabit durmasına, kapının hızlı kapatılması durumunda hareket etmemesine olanak sağlamaktadır. Ayrıca raf tasarımı tüm SBS dolaplarda kullanılacak şekilde ortak tasarlanmıştır. Yeni geliştirilecek hareketli raf tasarımında bu özelliklerin karşılanması da beklenmektedir. Rafın hareket edeceği toplam strok Eskişehir Buzdolabı İşletmesi tarafından 120 mm olarak belirlenmiştir.

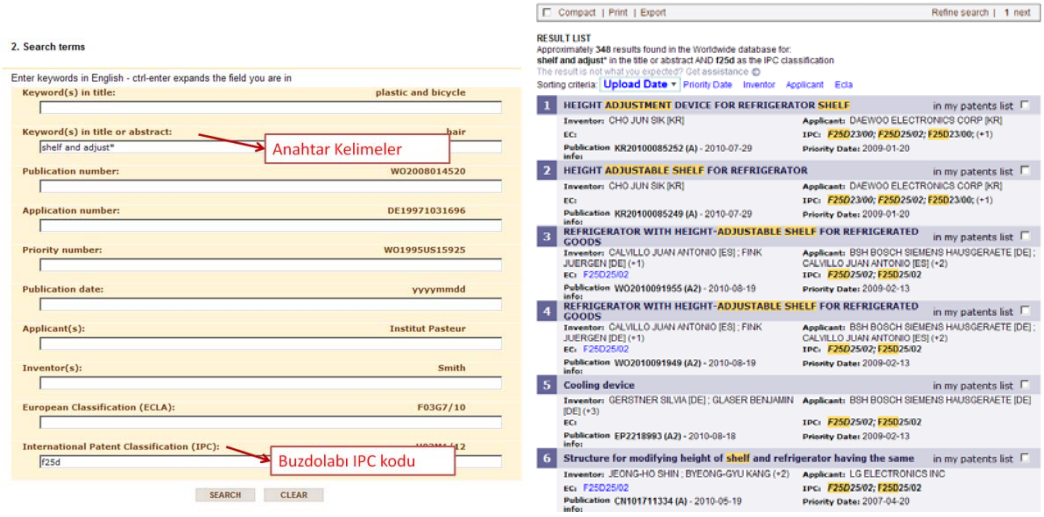
3.2 Rakip Firmaların Benzer Uygulamaların Araştırılması

Rakip firmaların benzer alandaki uygulamalarının incelenmesi, trendin hangi yönde olduğu bilgisini verebilmektedir. Bu nedenle konsept tasarım aşamasına başlamadan önce benzer uygulamaların incelenmesi kritiktir. Çalışma kapsamında benzer uygulamalar patent veri tabanları, internet araştırması ve teknoloji market gezileri vasıtası ile gerçekleştirilmiştir.

3.2.1 Patent araştırması

Çalışmaya uygulamanın yapılacağı dolabın incelenmesinden sonra, patent araştırmasının yapılması ile başlanmıştır. Avrupa patent ofisinin veritabanında yapılan taramalarda “Hareketli Kapı/Gövde” rafı uygulamalarına yönelik yaklaşık 400 adet patente rastlanmıştır [12]. Araştırma yapılırken “shelf and adjust*, shelf

and modular, shelf and move*" anahtar kelimeleri, buzdolabı grubu (IPC kodu: f25d) içinde aratılmıştır. Şekil 3.2'de "shelf and adjust*" anahtar kelimeleri ile buzdolabı grubu içerisinde yapılmış örnek bir patent araştırması ve sonuç raporu detaylıca görülmektedir.



Şekil 3.2 : Patent arama ve arama sonucu örneği

Hareket mekanizmaları açısından bakıldığında, kapı ve gövde rafı patentleri farklılık içermemektedirler, bu nedenle ilgili bulunan patentlerin çoğunluğu buzdolabı gövde raflarına aittir. Yapılan patent araştırmalarından da görüldüğü üzere, buzdolabı hareketli raf sistemleri rakip firmaların yoğun olarak çalıştıkları sistemler arasındadır.

Manuel hareketli gövde rafı ile ilgili olacağı düşünülen patentler aşağıda özetlenmektedir.

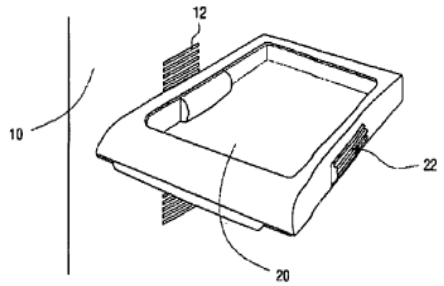
3.2.1.1 US7178890B2 numaralı patent çalışması [13]

Yayın Tarihi: 24.03.2005

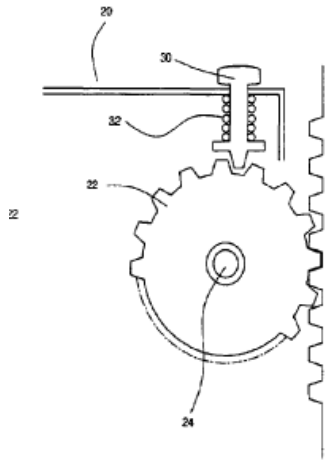
Başvuru Sahibi: LG Electronics

Hareketli gövde rafı konsepti üzerine alınan bu patentte, Şekil 3.3'te görüldüğü gibi gövde rafı üzerinde yer alan dişlilerden (22) ve dişlilerin dönerek rafın hareket etmesini sağlayan dolap gövdesi üzerinde yer alan kramayerden (12) bahsedilmektedir. Kullanıcı gövde rafını hareket ettirmek istediğinde Şekil 3.4'te görülen yaylı durdurucuyu (30) serbest bırakmaktadır.Rafı istediği konuma getirdiği durumda yaylı durdurucuyu kilitleyerek, rafın belirlenen konumda sabitlenmesini

sağlamaktadır. Patentte, raf ve buzdolabı gövdesi üzerindeki dişli yapı ve yaylı durdurucu koruma altına alınmıştır.



Şekil 3.3 : US7178890B2 numaralı patentin genel görünümü



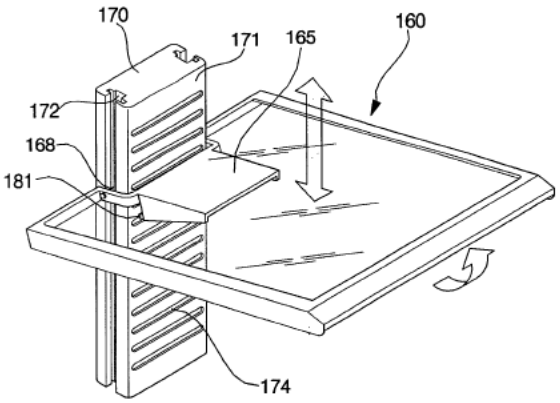
Şekil 3.4 : US7178890B2 numaralı patentin kilitleme detayı

3.2.1.2 CN1952564A numaralı patent başvurusu [14]

Yayın Tarihi: 25.04.2007
Başvuru Sahibi: LG Electronics

Bir önceki patentte olduğu gibi, buzdolabı gövde rafı uygulamasından bahsedildiği bu başvuruda kullanıcının rafı manuel olarak hareket ettirdiği bir konsept koruma altına alınmıştır. Şekil 3.5'de görüldüğü gibi kullanıcı rafa dönme hareketi vererek raf üzerindeki kilitleme tırnağının (181) serbest kalmasını sağlamaktadır. Bu pozisyonda raf yukarı aşağı serbest hareket edebilir durumdadır. Kullanıcı rafı

istediği konuma getirdiğinde rafı serbest bırakarak, raf üzerindeki tırnağın (181) gövde üzerindeki yuvaya (174) girerek rafın kilitlenmesini sağlamaktadır.

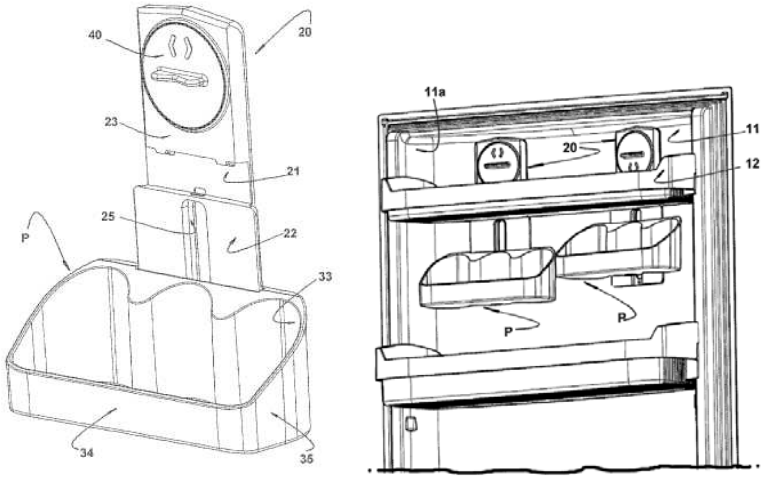


Şekil 3.5 : CN1952564A numaralı patent başvurusu

3.2.1.3 WO2005003660 A1 numaralı patent başvurusu [15]

Yayın Tarihi: 13-01-2005
Başvuru Sahibi: Multibras

2004 yılında yapılmış bu başvuru manuel kapı rafı (34) çalışması üzerinedir. Kullanıcı Şekil 3.6'da görülen (40) numaralı kolu döndürdüğünde raf yukarı çıkmaktadır. Rafın toplam stroku yaklaşık olarak (40) nolu dairenin çapına eşittir. Patent başvurusu ile kolun (40) döndürülmesi ile kapı rafının üst ve alt pozisyonda konumlanması koruma altına alınmaya çalışılmaktadır. Buzdolabı kapı iç plastiği üzerinde çok fazla değişikliğe ihtiyaç duymayan bu konsept, modülerliği ve düşük ek maliyet getirisi ile işletme tarafından cazip bulunan konseptler arasındadır.

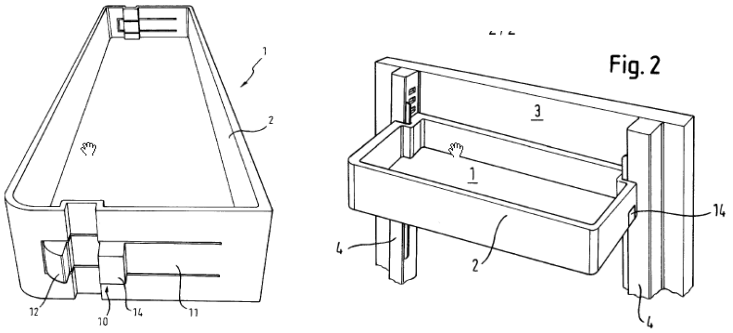


Şekil 3.6 : WO2005003660 A1 numaralı patent başvurusu

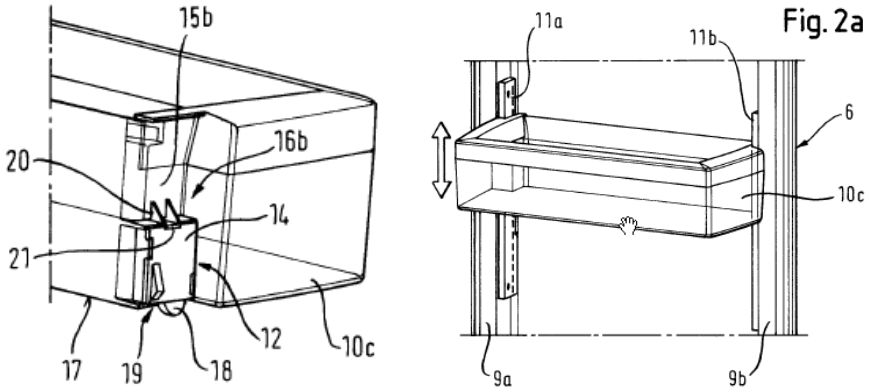
3.2.1.4 WO2008077742A2 ve WO2009115476A2 numaralı patent çalışmaları [16-17]

Yayın Tarihi: 07.03.2008 ve 24.09.2009
Başvuru Sahibi: BSH

Her iki patent başvurusu mekanik sistem açısından birbirlerine çok benzer yapıdadır. Şekil 3.7'de görülen WO2008077742 A2 nolu patent başvurusunda (12) nolu tırnağa baskı uygulanarak (14) nolu tırnağın kilitleme yuvalarından (4) çıkması ve (12) nolu tırnağın serbest bırakılması ile rafın kilitlenmesinden bahsedilmektedir. Kullanıcı plastik tırnağa basarak, rafı kilitten kurtardığı durumda, raf herhangi bir yerde kızaklanmadığı için direk olarak kullanıcının elinde kalmaktadır, bu durum rafın düşürülmesi gibi kazalara sebebiyet verebilirken, aynı zamanda kullanım açısından da ergonomik değildir. Konsept mevcut kapı rafı monte etme şekline kolaylık sağlarken, modüler raf uygulamalarında kazalara neden olabilecek özelliktedir.



Şekil 3.7 : WO2008077742A2 numaralı patent başvurusu



Şekil 3.8 : WO2009115476 A2 numaralı patent başvurusu

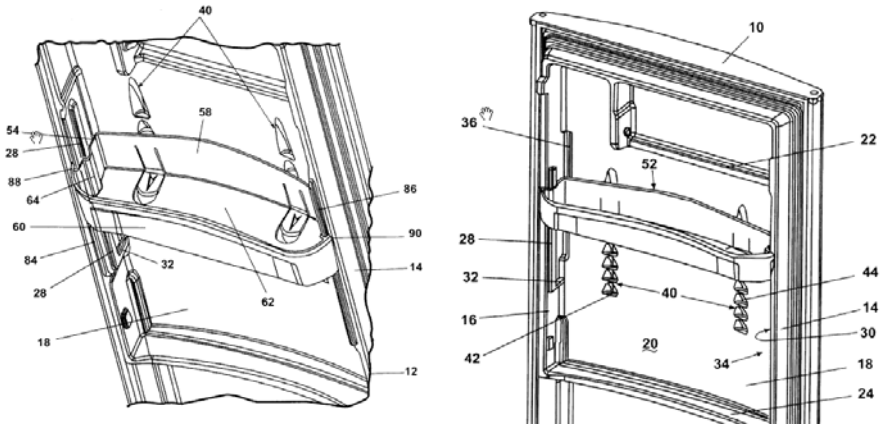
İkinci başvuru ise bir önceki başvurunun daha gelişmiş halidir. İlk başvuruda plastik yay kapı rafı üzerinde yekpare olarar tasarlanmıştır. Muhtemel üretim hataları ve kullanım sonucu oluşan hatalar nedeni ile bu konseptin ürüne uygulanması çok olası görülmemektedir. Plastik yay kullanıma bağlı olarak zamanla işlevselliğini yitirecek ya da kırılma gibi problemler yaşaycaktır. Bu nedenle BSH ikinci başvurusunda plastik yayı Şekil 3.8'de görüldüğü gibi rafa sonradan monte edilen ayrı bir enjeksiyon parça olarak tasarlamıştır. Böylece plastik tırnak daha dayanıklı ve servis verilebilir hale gelmiştir. Bir önceki konseptte yer alan problemler bu başvuru için de geçerlidir. Ancak WO2009115476 A2 nolu başvuru üretim ve uygulama açısından bir önceki başvurudan daha kuvvetlidir.

3.2.1.5 US6582038 B2 numaralı patent çalışması [18]

Yayın Tarihi: 16.01.2003

Başvuru Sahibi: Whirlpool

Whirlpool'a ait patentte BSH'ın başvurularına benzer bir uygulamadan bahsedilmektedir. Kapı rafı (62) buzdolabı kapı iç plastiğine (28) nolu yapı ile kızaklanmış durumdadır. Raf üzerindeki plastik tırnaklar, kapı iç plastiği üzerindeki yuvalara (40) girerek kilitlenmeyi gerçekleştirmektedir.Kullanıcı rafı hareket ettirmek istediğinde kapı rafı üzerindeki plastik yayları esneterek, rafı serbest konuma getirmektedir. Raf istenen konuma getirildiği durumda plastik tırnaklar serbest bırakılır ve tırnak yuvalarına (40) girerek kilitlemeyi gerçekleştirir. Patentin bir önce anlatılan BSH başvurusuna göre en büyük üstünlüğü patentte de koruma altına alınan kılavuz (28) yapıdır. Kılavuz yapı ile, kullanıcı rafı serbest konuma getirdiği durumda dahi raf kapı içerisinde kalmakta, kullanıcının elinde kalmamaktadır.

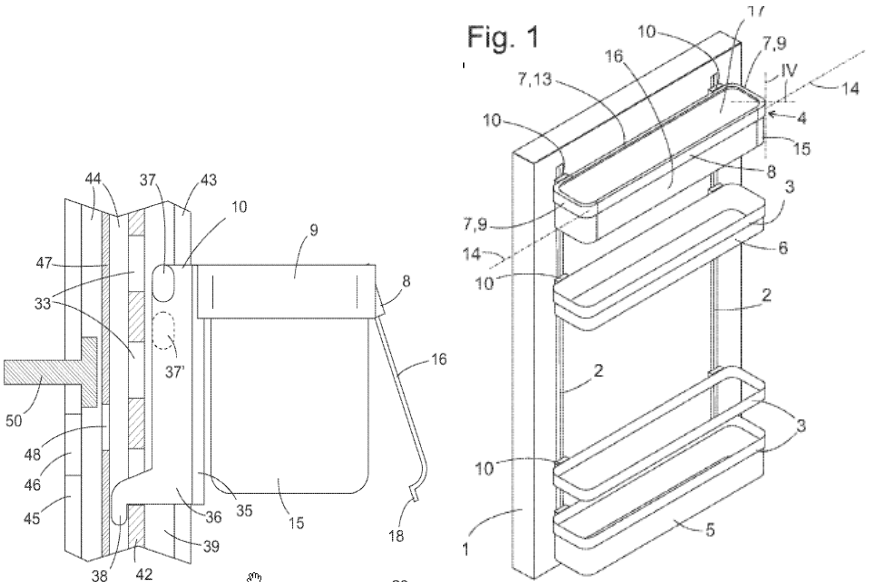


Şekil 3.9 : US6582038 B2 numaralı patent çalışması

3.2.1.6 WO2008095775A1 numaralı patent çalışması [19]

Yayın Tarihi: 14-08-2008
Başvuru Sahibi: BSH ve Miele&CIE

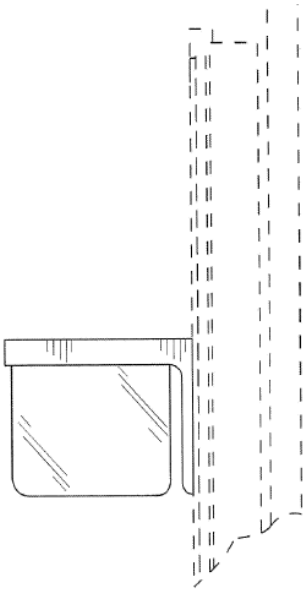
Miele ve BSH'ın ortak başvurusunda, Şekil 3.10'da görüldüğü gibi, döndürüldüğünde (38) nolu tırnağın yuvadan çıkması ile yukarı aşağı hareket edebilen bir kapı rafı tasarımından bahsedilmektedir. Kapı rafı, kapı iç plastiği üzerindeki bir kanal (2) içerisinde kızaklanmıştır ve sadece montaj boşluğunun (10) olduğu yerde kapıdan ayrılabilmektedir. Kullanıcı kapı rafını belirli bir derece döndürdüğü durumda, raf üzerindeki tırnak (38), yuvadan (33) çıkmaktadır. Bu durumda kapı rafı yukarı/aşağı hareket edebilir durumdadır. Kullanıcı rafı istediği pozisyoına getirdiğinde rafı serbest bırakarak kilitlemeyi gerçekleştirmektedir.



Şekil 3.10 : WO2008095775 A1 numaralı patent başvurusu

Daha önceki patent ve patent başvurularından da görülebileceği gibi kapı yada gövde rafına belirli bir açıda döndürerek hareketli konuma getirme, ve serbest bırakarak kilitleme konseptleri çok daha eskiye dayanmaktadır ve artık bilinen teknik durumuna geldiği için üzerine patent alınamamaktadır. Bu durumda firmalar bu konsept üzerine geliştirdikleri sistemlerin teknik detaylarına patent başvurusu yapmaktadırlar. BSH ve Miele'nin ortak başvurusunda, kapı üzerindeki kılavuz, kapı rafı üzerindeki bir çerçeve üzerine yerleştirilmiş kılavuzlama ve kilitleme pimlerinden bahsedilmektedir.

Aynı zamanda Şekil 3.11'de görüldüğü gibi Miele bu uygulamanın endüstüriyel tasarım tescil başvurusunu da gerçekleştirlmiştir.



Şekil 3.11 : USD603883S1 [20]

3.2.2 Rakip firmaların benzer uygulamaları

Şekil 3.11'de görülen kapı rafı uygulaması Miele ve BSH'ın ortak başvurduğu WO2008095775A1 numaralı dökümanda özetlenen konsepttir. Uygulamaya Türkiye pazarında rastlanmamıştır. Şekil 3.12'de görülen resim fuar gezilerinde çekilmiştir.

Şekil 3.12 : MIELE uygulaması

Şekil 3.13'te ise, Siemens buzdolaplarındaki uygulamalar görülmektedir. Bu uygulama Şekil 3.8'de görülen WO2009115476 A2 numaralı patent başvurusu ile koruma altına alınmaya çalışılmıştır.

Şekil 3.13 : BSH uygulaması

Patent ve patent başvuruları, benzer uygulamar incelendiğinde rakip firmaların, ucuz, basit, fonksiyonel ve ergonomik tasarımlar üzerine yöneldiği yorumu yapılabilir. Üst sınıf çözümler kullanım algısı ve rahatlığı bakımından daha tercih edilir olsa dahi, orta kesim alıcılar için pazarda yer alan ürünlere de yukarıda detaylıca anlatılan uygulamalarda olduğu gibi, ucuz ve basit uygulamalarda önem kazanmaktadır.

Düşeyde hareketli kapı rafı ile ilgili patentler ve rakip firmaların benzer ürünleri incelendiğinde 3 ana katagori tespit edilmiştir:

a. Kullanıcının kapı rafını doğrudan hareket ettirdiği, sadece hareketi kolaylaştıran/kilitlemeyi sağlayan basit ve ucuz kullanıcı aksiyonlu çözümler
b. Kullanıcının kuvvet kazancı yaratan bir mekanizma ile rafı dolaylı olarak hareket ettirdiği daha üst sınıf mekanize çözümler
c. Kullanıcının iş yapmadığı, sadece kontrol düğmesine bastığı motorize çözümler

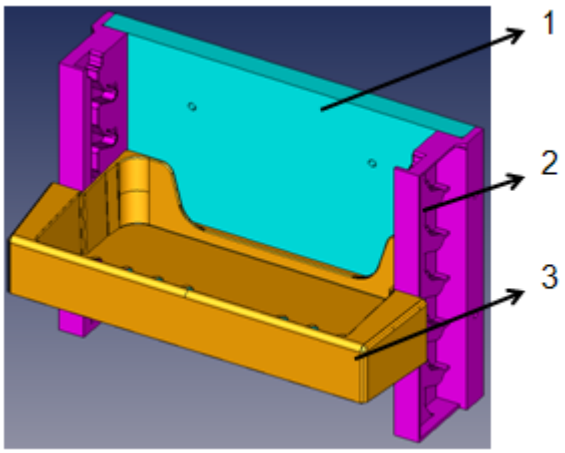
Eskişehir İşletmesi'nin beklentisi ve yüksek lisans tezi kapsamında yapılacak çalışma kullancı aksiyonlu konseptlere yöneliktir.

4. KONSEPT TASARIMLAR

Patent ve rakip firmaların uygulamaları araştırıldıktan sonra, alternatif konsept tasarımlar oluşturulmaya başlanmıştır. Fikirlerin şekillenmeye başladığı bu noktada üretim kısıtları, maliyet gibi faktörler göz ardı edilmiştir. Bu kapsamda 4 adet konsept tasarım önerilmiştir. Önerilen konseptlerin bir kısmı ölmüş, bir kısmı ise birleşerek yeni konseptler doğurmuştur. Bu bölümde önerilen ve detaylandırılmak üzere seçilen konsept tasarımlar anlatılacaktır.

4.1 Konsept Tasarım 1

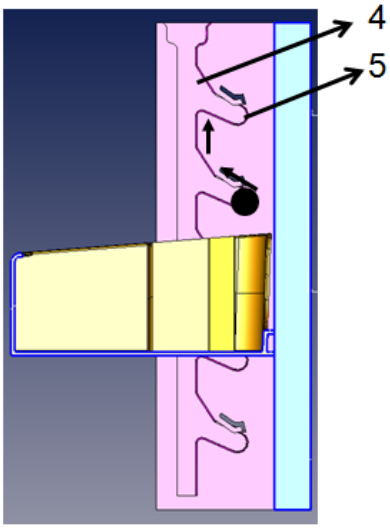
Şekil 4.1'de önerilen ilk konseptin genel görünümü görülmektedir. Kapı rafı (3) kapı iç plastiği (1) üzerine monte edilecek kılavuz parça (2) üzerinde hareket ettirilmektedir. Tasarım genel hatları ile kılavuz parçanın formlu yapısı nedeni ile çok fazla detay içermektedir. Buzdolabında hijyen ve dolayısı ile temizlenebilirlik en önemli tasarım kriterlerinden biridir. Kılavuz parçanın kanal formları temizlik açısından sıkıntı yaratabilir bulunmuştur.



Şekil 4.1 : Konsept Tasarım 1 Genel Görünümü

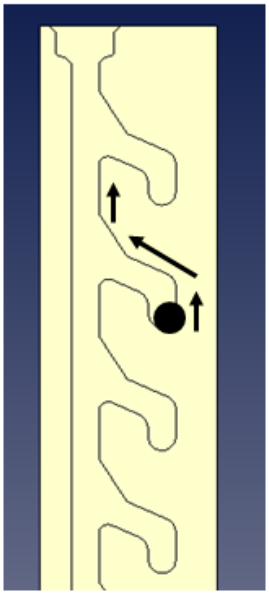
Konseptin çalışma prensibi Şekil 4.2'de daha detaylı görülebilmektedir. Raf normalde kilitleme kanalı (5) içinde tırnaklı yapı nedeni ile sabitlenmiş durumdadır. Kullanıcı rafı hareket ettirmek istediğinde rafı kendine doğru çekerek rafın hareket

kanalı (4) içerisinde yukarı/aşağı serbestçe hareket eder konuma getirmektedir. Raf istenilen konuma getirildiğinde kapı düzlemine dik yönde itilerek, kilitleme kanalında sabitlenmesi gerçekleştirilmektedir.



Şekil 4.2 : Konsept Tasarım 1 Çalışma Prensibi

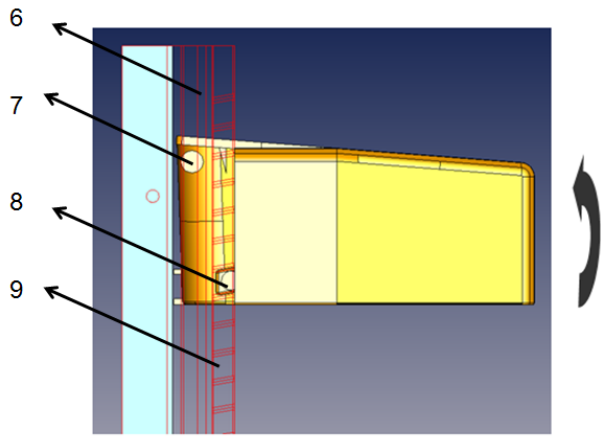
Yapılan hızlı prototiplerde rafın kilitleme pozisyonunda iken istenilen seviyede sabit durmadığı görülmüş ve Şekil 4.3'te görülen kilitleme kanalı formu geliştirilmiştir. Ancak her 2 tasarım da işletme taleplerini temizlenebilirlik, hijyen ve kilitleme pozisyonundaki kararlılık kriterleri açısından istenilen seviyede karşılamadığı için üzerine daha fazla çalışılmaması gerektiği kararlaştırılmıştır.



Şekil 4.3 : Konsept Tasarım 1 Alternatif Form

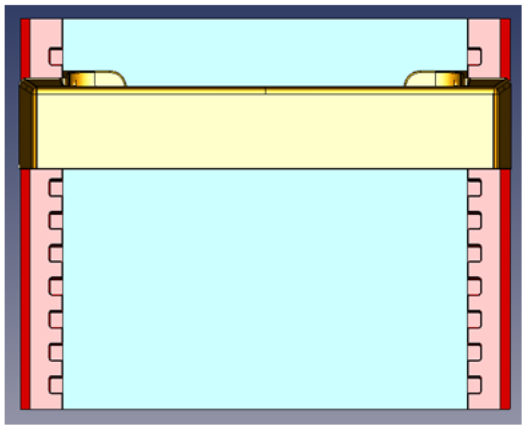
4.2 Konsept Tasarım 2

Şekil 4.4'te genel görünümü verilen Konsept Tasarım 2 çalışma prensibi açısından patent araştırması bölümünde anlatılan konseptlere benzerdir. Rafın kilitleme ve hareket etme olmak üzere 2 pozisyonu vardır. Kilitleme pozisyonunda kilitleme pimi (8), kilitleme kanalına (9) oturmuş durumdadır. Hareket pozisyonunda ise raf belirlenen açıda döndürülmüş ve kilitleme pimi serbest kalmıştır. Raf, kızaklama piminin (7) kızaklama kanalı (6) içerisinde yataklanması ile serbest konumda dahi kapı üzerinde durmakta, kullanıcı rafı kapıdan uzaklaştıramamaktadır.



Şekil 4.4 : Konsept Tasarım 2

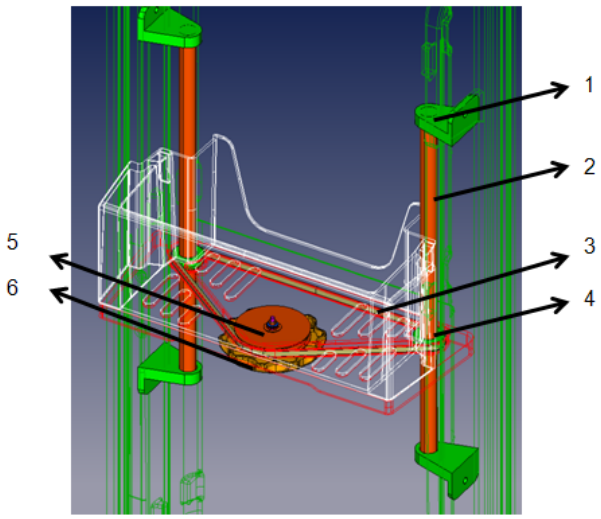
Şekil 4.4'te görüldüğü gibi, kapı rafı kilitleme pozisyonunda iken rafı sabitleyecek herhangi bir kilitleme yapısı tasarlanmadığı için raf istenildiği gibi sabit durmamaktadır. Ayrıca buzdolabı kapısı hızlı kapatıldığı durumda raf çarpmanın etkisi ile kilitleme pozisyonundan kurtularak düşebilmektedir. Şekil 4.5'te görüldüğü gibi tasarım içerdiği detaylar nedeni ile temizlenebilirlik açısından pek de uygun bulunmamıştır.



Şekil 4.5 : Önden Görünüş

4.3 Konsept Tasarım 3

Konsept tasarım 3 üst sınıf buzdolapları için önerilmiş bir tasarımdır. Şekil 4.6'da görüldüğü gibi kullanıcı knobu (6) döndürdüğü durumda, knob ile yekpare (5) tasarlanan dişli çarkı döndürmektedir. Dişli çarkın dönme hareketi triger kayış (3) ile hareket cıvataları (2) üzerindeki somunlara (4) aktarılarak rafın yukarı/aşağı hareketi sağlanmış olunmaktadır. Hareket cıvataları buzdolabı kapısı içerisinde yataklanmışlardır (1).



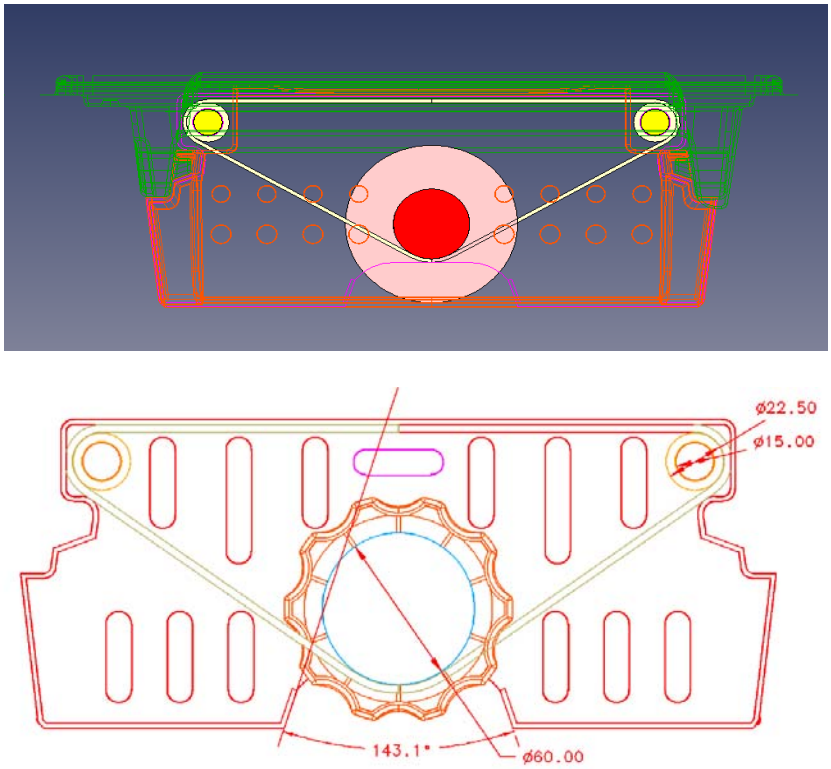
Şekil 4.6 : Konsept Tasarım 3

Kuvvet kazancının olduğu ve otoblokajlı bu konseptte kullanıcının rafı hareket ettirmesi çok daha ergonomiktir. Rafın döndürülmemesinden dolayı raf içerisindeki

eşyaların devrilmesi, dökülmesi gibi problemlerin oluşması söz konusu değildir. Ayrıca raf ağırlığından dolayı rafın hareket ettirilmesinde yaşanabilecek güçlükler de bu konseptte giderilmiştir. Konseptin diğer tasarımlara oranla getirdiği maliyet ve uygulanması için dolap kapı iç plastiğinde gerekli modifikasyonların çokluğunun yanı sıra az önce belirtilen getirilerinden dolayı ayrıca çalışılması gerektiği kararlaştırılmıştır.

4.3.1 Çevrim oranı ve knobun tur sayısı hesapları

Kullanım ergonomisi açısından kullanıcının yaptığı iş önemlidir. Kullanıcı bu tasarımda knobu döndürme işi yapmaktadır. Bu durumda istenen 120 mm strok için kullanıcının knobu döndürme sayısı ergonomi sınırlarında olmalıdır. Bu amaçla Şekil 4.7'de görülen tasarım için aşağıdaki çevrim oranı hesaplamaları yapılmıştır.



Şekil 4.7 : Çevrim oranı hesaplamaları

$$i_{12} = \frac{z_2}{z_1} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{n_1}{n_2}$$

n_1: Küçük dişli (somun) dönme sayısı

n_2: Büyük dişli (knob) dönme sayısı

d_1: Büyük dişli çapı

d_2: Küçük dişli çapı

$n_1 = 1 \times 225 \div 60$

$n_1 = 2{,}66{\sim}3\ tur$

Knob 1 tam tur döndüğü durumda somun 3 tur dönmektedir. Vida hatvesi 4 mm olarak seçildiğine göre; Knob'un 1 tam turunda, somun dolayısı ile raf;

$x_2 = 4 \times 3 = 12\ mm$ hareket etmektedir.

Toplam strok = Xt = 120 mm

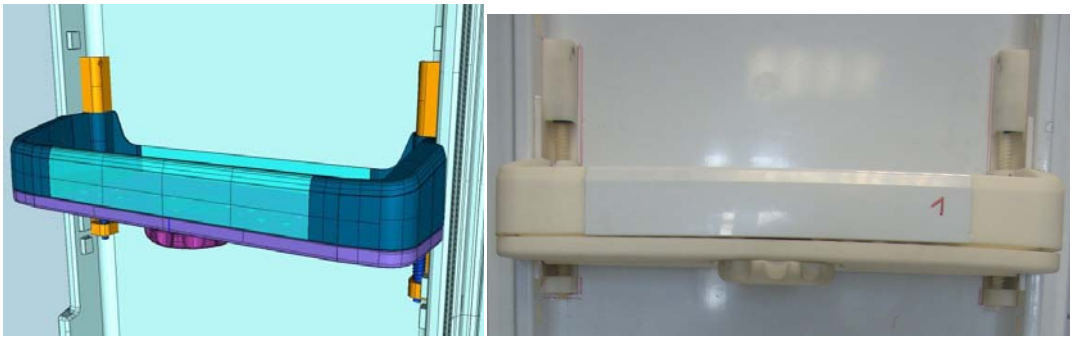
$n_{knob} = 120 \div 12 = 10\ tam\ tur$

120 mm strok için knob kullanıcı tarafından 10 tam tur döndürülmelidir. Tasarımdam ötürü kullanıcı bir seferde knob'u anca 143.1° döndürebilmektedir. Bu durumda kullanıcı rafı 1 tam tur döndürmek için;

$n_{knob} = 360 \div 143.1 = 2{,}56{\sim}2{,}5\ \ tur$ döndürmelidir. 10 tam tur için kullanıcı;

$n_{kullanıcı} = 2{,}5 \times 10 = 25$ defa knob'u döndürmek durumundadır.

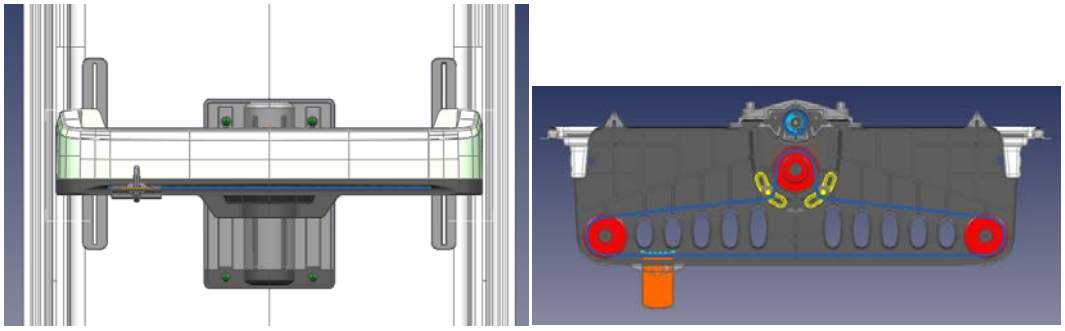
Konseptin Şekil 4.8'de görüldüğü gibi hızlı prototipi yaptırılarak Buzdolabı İşletmesi ile paylaşılmıştır. Yapılan toplantılarda, rafın ergonomi sınırında hesaplanan çevrim oranları için yapılan döndürülme hareketi uygun bulunmamıştır. Kullanıcının kapı rafına hareketi döndürme hareketi yerine lineer hareket yaparak vermesi daha ergonomik bulunmuş, Buzdolabı İşletmesi tarafından çalışmanın bu yönde revize edilmesi ve son çalışmaya ait bir prototipin daha yapılması istenmiştir.



Şekil 4.8 : Konsept Tasarım 3- Protorip (Knoblu Versiyon)

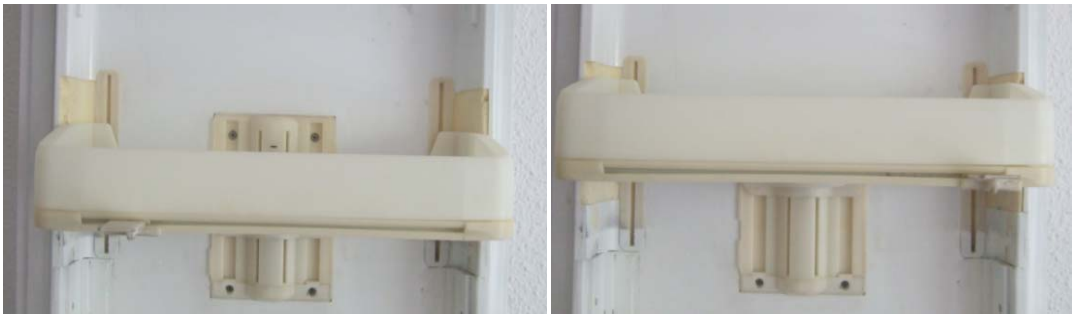
Konseptin ikinci versiyonunda İşletme'nin yönlendirmesi ile kullanıcının rafa hareketi lineer hareket eden bir slider ile vermesi amaçlanmıştır. Bu durumda

hareketi ileten triger kayış üzerine sabitlenen slider'ın kullanıcı tarafından ileri/geri hareket ettirilmesi ile raf belirlenen strokta yukarı aşağı hareket etmektedir. Şekil 4.9'da tasarımın detay görünümü yer almaktadır.



Şekil 4.9 : Konsept Tasarım 4 – Sliderlı Versiyon

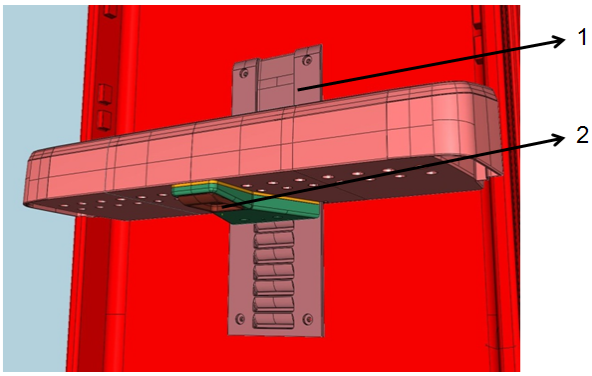
Şekil 4.10'da görülebileceği gibi hazırlanan hızlı prototipler işletme ile paylaşılmıştır. Konsept ergonomi ve kullanım açısından beğenilmiştir ancak konseptin mevcut dolaplara uygulanması mümkün durmamaktadır. Çok fazla yeni parçaya ve mevcut kalıplarda modifikasyona ihtiyaç duymaktadır. Gerekli yatırım kapı rafı için planlanan yatırımların çok daha üstünde kalmaktadır. Bu nedenle çalışmanın durdurulmasına, konseptin rafa kaldırılmasına karar verilmiştir.



Şekil 4.10 : Konsept Tasarım 3- Prototipler (Sliderlı versiyon)

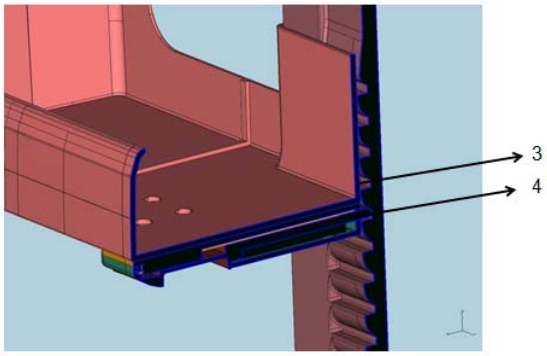
4.4 Konsept Tasarım 4

Şekil 4.11'de buzdolabı kapısı üzerinde genel görünümü verilen Konsept Tasarım 4'te raf kızaklama parçası (1) üzerinde yataklanmaktadır. Raf üzerine monte edilen yaylı tetik (2) rafın pozisyonlamasını sağlamaktadır



Şekil 4.11 : Konsept tasarım 4

Şekil 4.12'de görüldüğü gibi, raf sabit konumdayken tırnak (3), kızaklama parçası üzerindeki yuvaya (4) girerek raf hareketini engellemiş durumdadır. Raf hareket ettirilmek istediğinde kullanıcı yaylı tetiği (2) çekerek, tırnağın serbest kalmasını sağlar. Kullanıcı rafı istediği konuma getirdiği durumda, tetiği serbest bırakarak rafın sabitlenmesini sağlamaktadır. Kızaklama parçası (1) üzerinde kilitlenmeyi sağlayan tırnak yuvaları (4), rafın yukarı hareketinde tetiğin geri çekilmesine ihtiyaç duymadan harekete izin verecek şekilde tasarlanmıştır. Eğrisel yapı sayesinde raf yukarı hareket ederken tırnak bu yapı üzerinde yukarı itme kuvveti yardımıyla hareket etmektedir. Bu özellik kullanıcı rafı yukarı hareket ettirmek istediğinde rafı sadece alttan yukarı doğru kaldırması yetmektedir. Böylece kullanıcıya çok daha ergonomik bir kullanım sunulmuştur.

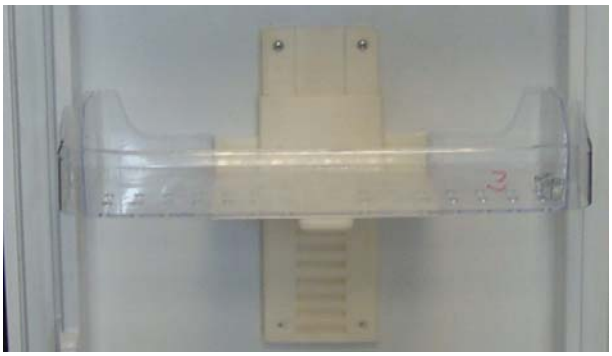


Şekil 4.12 : Konsept Tasarım 4 Kilitleme Prensibi

Buzdolabı İşletmesi'nin talebi üzerine Şekil 4.13'te görüldüğü üzere konseptin hızlı prototopi yaptırılmıştır. Prototip üzerinde yapılan incelemelerde kızaklama parçasının rafın stabil durması için yeterli olmadığı görülmüştür. Raf yüklü durumda

iken düşeyde sehim yapmaktadır. Ayrıca birkaç mm mertebesinde dahi olsa rotasyon hareketi yapmaktadır. Tüm bu boşluklar algılanan kaliteyi düşürmekle birlikte ses de yaparak kullanıcıyı rahatsız etmektedir. Bu eksikliklerin yanı sıra, tasarım estetik ve kullanışlı bulunmuştur ve kızaklama probleminin geliştirilerek bir ileri seviye daha prototip yaptırılması kararlaştırılmıştır.

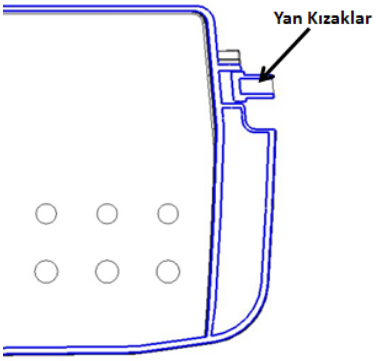
Bu konseptin Şekil 3.5'te görülen LG patent başvurusunda dolayı uygulanmasında bir sakınca olup olmadığı araştırılmıştır. Patent başvurusunun sadece Çin genelinde tutulmuş olmasından ötürü konseptin uygulanmasında bir sakınca görülmemiştir. Ancak konsept üzerine patent başvuru yapılması pek mümkün değildir.



Şekil 4.13 : Konsept Tasarım 4 - Prototip

Birincil prototipin ardından rafta eğilme, sehim gibi problemlere rastlanmış bu problemlerin çözülmesi ve tasarımın imalata daha uygun tasarlanması için tasarım detaylandırılarak tekrar çalışılmıştır. İlk prototipte kızaklama boyunun yetmediği görülmüş bu nedenle kızaklama parçası büyütülmüştür.

Ayrıca ek olarak kapı rafının her iki yanında kızaklamalar eklenmiştir. Yeni kızaklar özellikle rafın öne doğru eğilmesini engellemekte kızaklama parçasına yardımcı olmaktadır. Şekil 4.14'te kızak parçalarının kapı rafı ile ilişkisi görülmektedir. Kapı rafı kızaklama parçalarına önde temas etmektedir. Kızaklama parçalarının tüm yüzeylerinin kapı rafı ile temasının olması engellenmiş, rafın sıkışmasına, kasmalara engel olunmuştur. Ayrıca kızaklama parçası rafın öne eğilmesini karşılamak için mümkün olan en ön tarafta tasarlanmıştır.



Şekil 4.14 : Kapı rafının yan kızaklarla ilişkisi

Kızaklama parçasının yeni formu ile montajı çok daha kolaylaşmıştır. Kapı iç plastiği termoform prosesinde kızaklama parçasının monte edilmesi için bir çökertme yapılacaktır. Oluşturulan bu yuvaya kızaklama parçası vida bağlantısı ile bağlanacaktır.

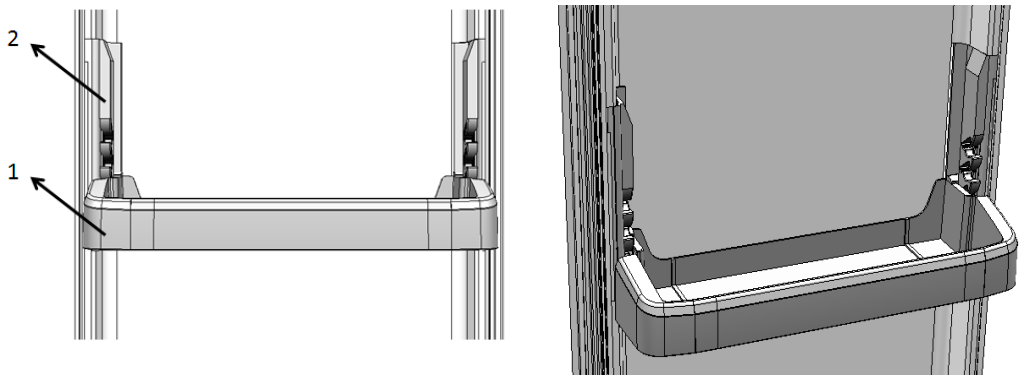
Final prototipin ardından işletme ile yapılan görüşmelerde, konsept daha çok üst sınıf buzdolaplarında uygulanabilir bulunmuştur. Konseptin çalışması ve ergonomisi beğenilmiştir, ancak kapı rafı için çok fazla parçadan oluşmaktadır ve uygulanması için yüksek yatırım gerektirmektedir. Bu nedenle konsept tasarım 4 rafa kaldırılmıştır.

5. DETAY TASARIM

Bölüm 4'te anlatılan konsept tasarımlardan Konsept 1 ve 2 birleşerek yeni bir konsept doğurmuştur. Bu konsept detaylandırılarak hızlı prototipleri imal ettirilmiştir. Eskişehir Buzdolabı İşletmesi ile yapılan görüşmelerde konseptin uygulanması kararı alınmıştır. Ayrıca konsepte ait bir adet patent başvurusu yapılmıştır. Bölüm 5'te konseptin seri üretime yönelik yapılan detay tasarım süreci anlatılacaktır.

5.1 Konseptin Anlatılması

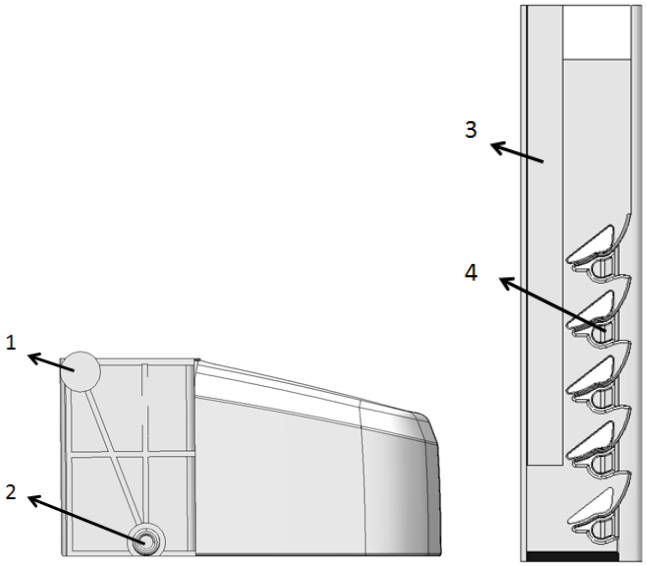
Bölüm 4'te anlatılan konsept tasarım 2'nin çalışma prensibi ve Konsept Tasarım 1'in kanal formları yeni bir konseptin tetiklenmesine neden olmuştur. Şekil 5.1'de genel görünümü verilen konsept kapı rafı (1) ve kılavuzlama parçalarından (2) oluşmaktadır.



Şekil 5.1 : Tasarımın genel görünümü

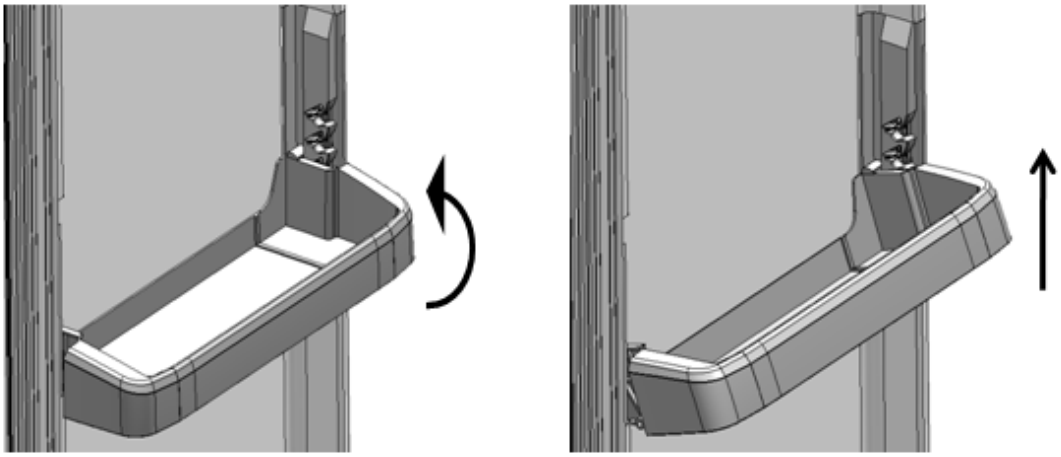
Kapı rafının kılavuzlama parçası üzerinde hareket etmesi, raf üzerinde tasarlanan 2 adet pim ve bu pimlerin karşılığı olan 2 yuvanın kılavuzlama parçası üzerinde tasarlanması vasıtası ile gerçekleşmektedir. Şekil 5.2'de görüldüğü gibi kapı rafı üzerinde bir adet kızaklama pimi (1), bir adet kilitleme pimi (2) yer almaktadır. Bu pimlerin birbirlerine göre konumları ve formları rafın hareketi açısından kritiktir. Pimlerin boyutlandırılması, formları ve konumları ilerideki kısımlarda anlatılacaktır.

Kılavuzlama parçasında ise, kızaklama kanalı (3) ve kilitleme yuvası (4) yer almaktadır. Raf hareketinin sürekliliğini pim ve kanalların formları direk olarak etkilemektedir.



Şekil 5.2 : Kızaklama ve kilitleme yapıları

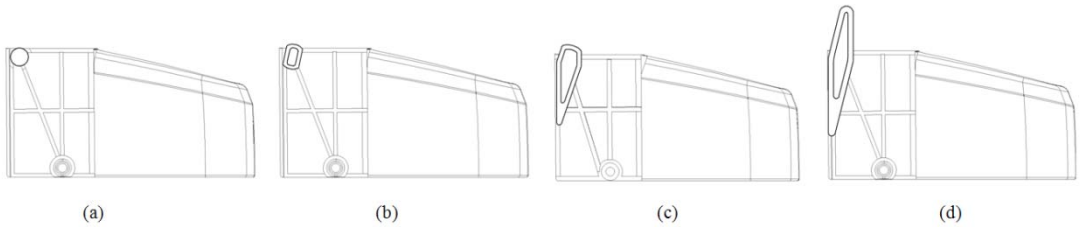
Şekil 5.3 konseptin çalışma prensibini genel olarak anlatmaktadır. Raf hareket ettirilmek istenildiğinde kullanıcı tarafından döndürülerek, kayma pozisyonuna getirilir. Bu pozisyonda raf yukarı/aşağı hareket edebilir durumdadır. Kullanıcı rafı istediği konuma getirdiğinde rafı serbest bırakarak kilitlenmesini sağlar.



Şekil 5.3 : Konseptin çalışma prensibi

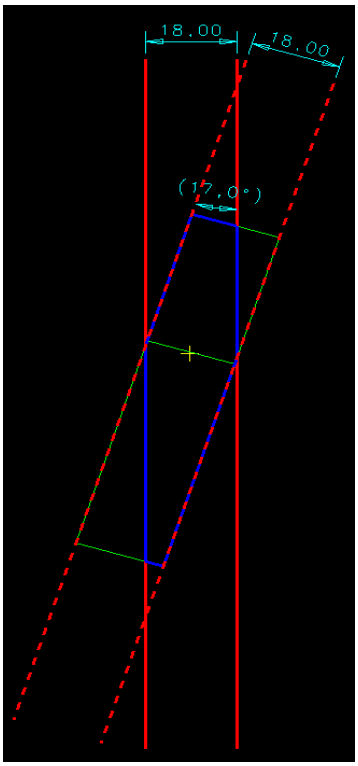
5.2 Kızaklama ve Kilitleme Pimlerinin Tasarlanması

Kapı rafı üzerinde Şekil 5.2'de görüldüğü gibi iki adet pim tasarlanmıştır. Kızaklama pimi rafın kılavuzlama parçası içerisinde kızaklanması, kilitleme pimi ise raf konumunun sabitlenmesi için tasarlanmıştır. Kızaklama piminin formu rafın hareketli konuma geçmesi için gerekli döndürme açısını belirlemektedir. Kızaklama pimi yuvarlak tasarlandığı durumda kapı rafı kullanıcı tarafından 45° den de fazla döndürülebilmektedir. Pimin yuvarlak yüzeyleri nedeni ile döndürme açısını sınırlayacak bir durum yoktur. Bu nedenle raf kontrolsüz bir şekilde döndürülebilmektedir. Rafın dönme açısının kullanıcı kontrolünde değil, tasarımcı tarafından ergonomi sınırların içerisinde öngörülmüş bir değerde olması amacı ile kızaklama pimi formları çalışılmıştır. Şekil 5.4'te çalışılan kızaklama pimi formları görülmektedir.



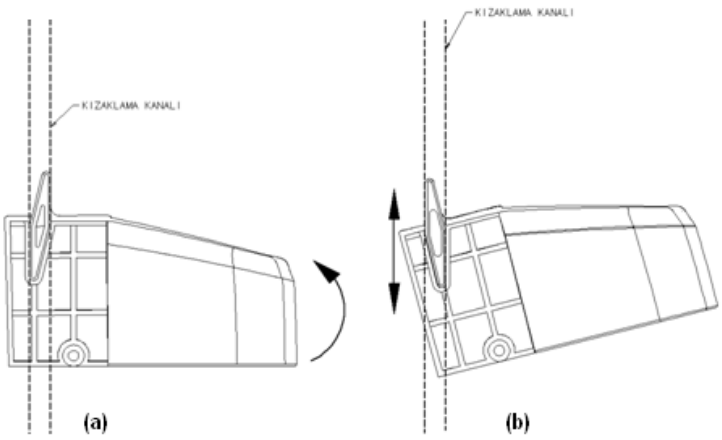
Şekil 5.4 : Kızaklama pimi formları

Kızaklama pimine dörtgen bir form verildiği durumda döndürme açısının kızaklama pimi formunun izin verdiği ölçüde olduğu görülmüştür. Kapı rafı üzerine kutu kola, soda şişesi gibi gündelik hayatta sıklıkla kullanılan eşyalar konularak, raf döndürülmeye başlanmış, şişelerin devrilmemesi için bir dönme açısı belirlenmiştir. 14° yapılan deneylerde uygulanabilir bulunmuştur. Kızaklama pimi Şekil 5.5'te görüldüğü gibi final halini almıştır. Şekilde kırmızı çizgiler kızaklama kanalını ifade etmektedir. Kırmızı kesikli çizgiler ise rafın 14 ° döndürüldüğü durumda kızaklama piminin konumunu ifade etmektedir. Bu iki kanalın kesişimi kızaklama piminin yapısını oluşturmaktadır.



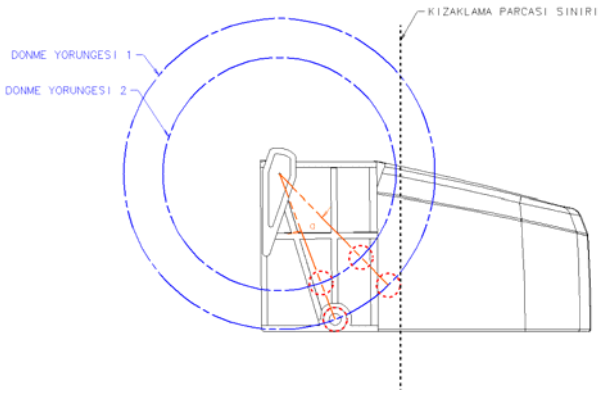
Şekil 5.5 : Kızaklama pimi form etüdü

Şekil 5.6'da kızaklama ve kilitleme pimlerinin hareket etme ve kilitleme pozisyonlarındaki konumu görülmektedir. Rafın daha sürekli ve düzgün hareket etmesi için kızaklama pimi asimetrik tasarlanmıştır. Raf kilitleme pozisyonunda iken, kızaklama piminin her iki yüzeyi de kızaklama kanalı ile temas halindedir. Kızaklama piminin genişliği kızaklama kanalının genişliğine eşittir. Bu sayede kapı rafı, kapı düzlemine dik yönde hareket edememektedir. Kapı rafı hareket etme konumunda iken ise, kızaklama piminin genişliği kızaklama kanalının genişliğinden 0.2 mm daha azdır. Hareket süresince kızaklama piminin sadece bir yüzeyi kızaklama kanalı ile temas halindedir. Böylece kullanıcı rafı hareket ettirdiğinde sıkışma, kasma gibi durumlar ortadan kaldırılmış, gereksiz boşluklarda da ses, süreksizlik gibi istenmeyen durumlar engellenmiştir.



Şekil 5.6 : Rafın hareket etme (b) ve kilitleme pozisyonu (a)

Kızaklama ve kilitleme pimlerinin birbirine göre konumu rafın döndürme açısının mümkün olan en küçük açıda tutulması açısından kritiktir. Kızaklama ve kilitleme pimlerinin düşeyde uzak, yatayda ise yakın durumda pozisyonlanmaları döndürme açısının büyümesine engel olmaktadır. Şekil 5.7'de farklı konumlarda yer alan pimlerin aynı açı ile döndürüldüğü durumdaki etüdü yer almaktadır. Şekilden de anlaşılacağı gibi kızaklama ve kilitleme pimleri düşeyde birbirlerinden mümkün olan en uzak konumda yer almalıdırlar.



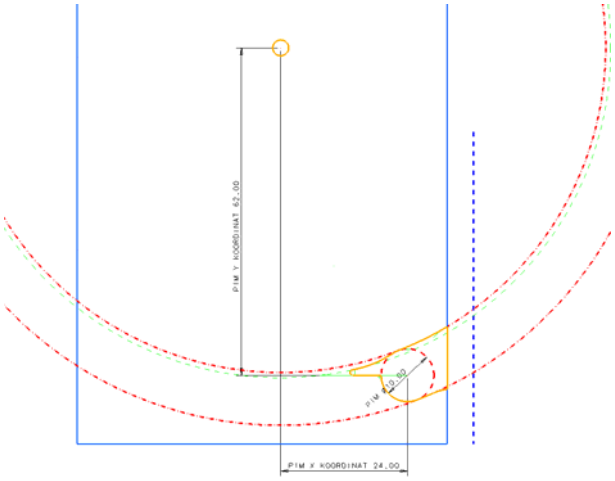
Şekil 5.7 : Kızaklama ve kilitleme pimlerinin konum etüdü

5.3 Kızaklama Kanalı ve Kilitleme Yuvası Tasarımı

Kızaklama kanalı ve kilitleme yuvası formlarının tasarımı da pim tasarımları kadar rafın hareketini belirlemektedir. Kızaklama kanalı ve kilitleme yuvası konumlarını ve formlarını kızaklama ve kilitleme pimleri belirlemektedir. Kızaklama kanalı

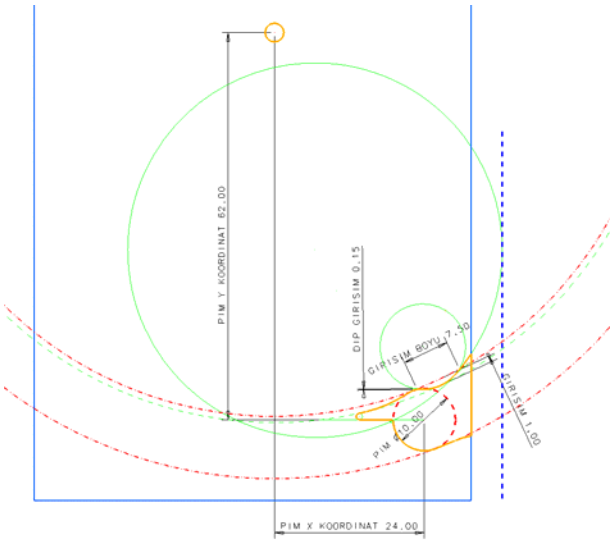
kenarlarının birbirine paralel olması ve yüzey kalitesinin yüksek olması kızaklama piminin sıkışmalara, kasmalara uğramadan sürekli hareketinde önemlidir.

Kilitleme pimi, kızaklama pimi köşegeninin ortasından geçtiği varsayılan dönme ekseni etrafında dönmektedir. Kilitleme yuvası Şekil 5.8'de görüldüğü gibi kilitleme piminin yörüngesini takip eder formda tasarlanmıştır. Kapı rafının kilitlenmesi, kilitleme yuvasında kilitleme pimine baskı uygulayan plastik yay ile gerçekleştirilmektedir. Plastik yay, kullanıcıyı yormayacak kadar yumuşak, buzdolabı kapısının hızlı kapatılması gibi durumlarda rafın kilitten kurtulmasını engelleyecek kadar sert olmalıdır. Ayrıca plastik yay kullanıma bağlı olarak zamanla deforme olarak işlevini kaybetmeyecek şekilde tasarlanmalıdır.



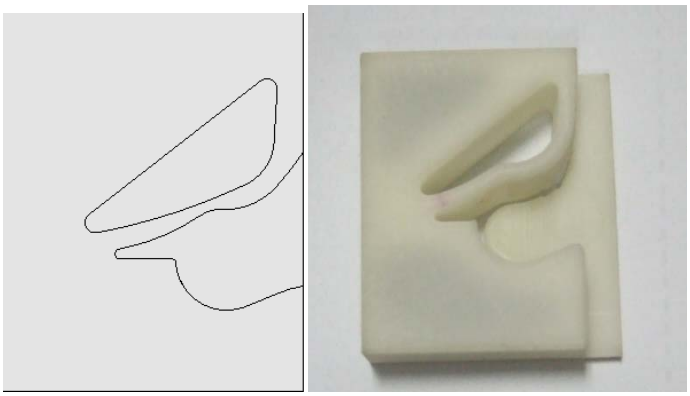
Şekil 5.8 : Kilitleme yuvası form etüdü

Şekil 5.9'daki etütte görüldüğü gibi, kırmızı kesikli yörünge, kilitleme piminin hareket yörüngesini göstermektedir. Yeşil kesikli yörünge ise yayın pime 1 mm girişim yapacağı kabulü ile çizilmiştir. Plastik yay bu yörünge kullanılarak çizilecektir. Ayrıca plastik yayın şekillenmesinde etken bir diğer parametre ise 0.15 mm olarak belirlenen dip girişimdir. Bu girişim yayın pim kilitleme pozisyonunda da baskı yapması amaçlı verilmiştir. Plastik yayın pime baskı uygulayacağı alanın uzunluğu girişim boyu 7.5 mm olarak tasarlanmıştır.



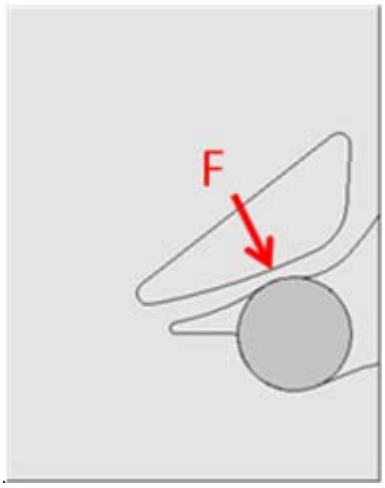
Şekil 5.9 : Kilitleme yayı form etüdü

Şekil 5.10'da görülen gerekli boşaltmalar yapıldığında plastik yay kilitleme pimine öngörülen derecede baskı uygular duruma gelmektedir. Yapılan küçük hızlı prototipte plastik yayın çok sert olduğu, istenilen kararlılıkta çalışmadığı görülmüştür.



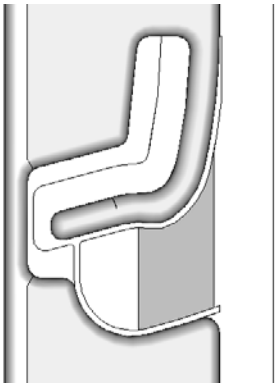
Şekil 5.10 : Plastik yayın çalışması için parçada yapılan boşaltmalar ve hızlı prototip

Ayrıca plastik yay tasarımından dolayı gerekli esnemeyi yapamamakta bu nedenle pime uyguladığı baskı pimi yuvada tutma yönünde değil Şekil 5.11'de görüldüğü gibi kilitleme pimini yuvadan dışarı atma yönünde olmaktadır.



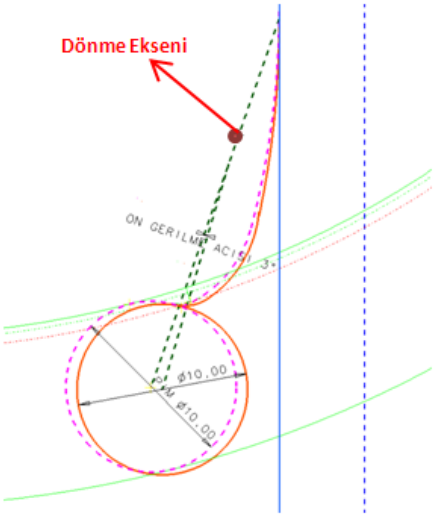
Şekil 5.11 : Plastik yayın baskı yönü

Bu nedenle Şekil 5.12'de görülen tasarım değişikliğine gidilmiştir. Plastik yayın bir ucu serbest bırakılarak, hareket kapasitesi daha esnek bir yay formu elde edilmiştir.



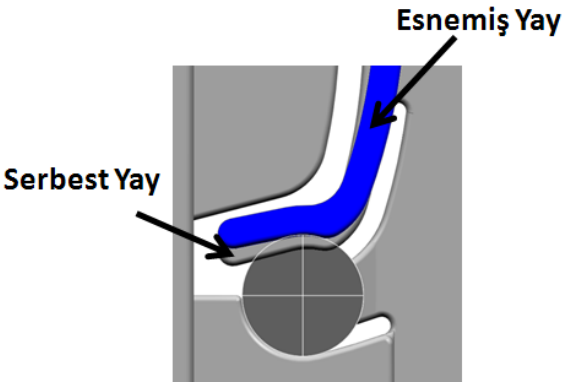
Şekil 5.12 : Plastik yay form revizyonu

Yayın baskı kuvvetini arttırmak amaçlı ise, Şekil 5.13'teki etüde görüldüğü gibi, kilitleme pimine baskı uygulaması için pimle daha önce anlatılan etütteki gibi girişimli çizilen yay 3° döndürülerek pimle daha fazla girişimli çizilmiştir. Plastik yaya verilen 3° lik ön gerilme açısı ile, kilitleme pozisyonunda da pime baskı uygulanarak rafın daha stabil durması sağlanmaktadır.



Şekil 5.13 : Plastik yay öngerilme etüdü

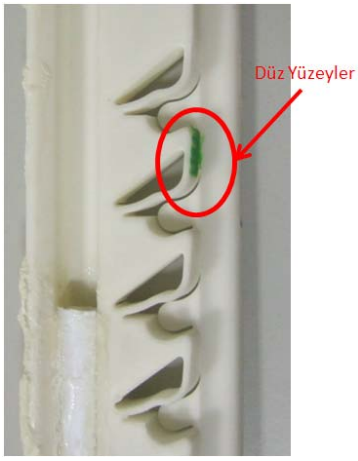
Şekil 5.14'te plastik yayın serbest ve kilitleme pozisyonları görülmektedir. Plastik yay kilitleme pozisyonunda esneyerek mavi renkli parça formunu almaktadır ve eski formuna dönme eğiliminde olduğu için kilitleme pimine baskı uygulamaktadır.



Şekil 5.14 : Plastik yay çalışma etüdü

Kapı rafının toplam hareketini 6 ara pozisyonda gerçekleştirmesi kabul edilerek kılavuz parça ve kapı rafı tasarımları tamamlanarak Şekil 5.15'te görülen hızlı prototip imal ettirilmiştir. Prototip üzerinde yapılan denemelerde kızaklama piminin öngörüldüğü ve tasarlandığı gibi düzgün çalıştığı görülmüştür. Rafın döndürülmesi kontrollü ve yukarı aşağı hareket düzgün ve süreklidir. Ancak kullanıcının kilitleme pozisyonlarını denk getirmekte güçlük yaşadığı görülmüştür. Raf hareket ettirildiği durumda kullanıcı kılavuz parça üzerindeki kilitleme pozisyonlarını görememektedir.

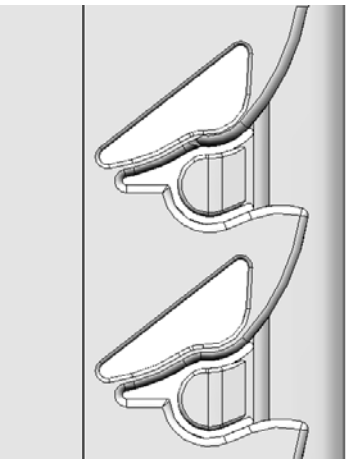
Bu durumda kilitleme pimi Şekil 5.15'de görülen belirsiz düz yüzeylere denk geldiği durumda kullanıcı rafın kilitleme pozisyonunda olduğunu varsayarak rafa baskı uygulamaya başlamaktadır. Bu belirsiz yüzeyler kilitleme pimlerinin uygulanan baskı sonucu kırılmasına dahi neden olabilmektedir. Prototip üzerindeki denemelerde kılavuz parçanın yüzey formaları ile kilitleme pimini, kilitleme yuvalarına yönlendirmesi gerektiği görülmüş, kılavuz parçada revizyon yapılmıştır.



Şekil 5.15 : Belirsizlik yaratan düz yüzeyler

5.4 Yönlendirme Yüzeylerinin Tasarımı

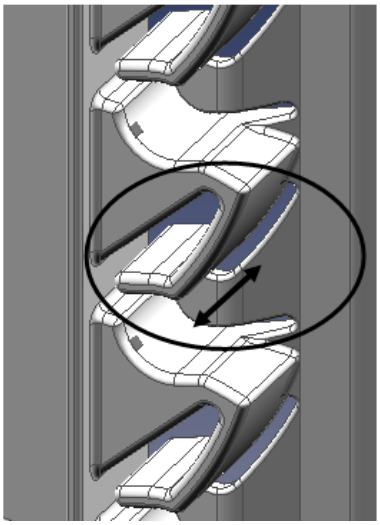
Kilitleme piminin hiçbir durumda düz bir yüzeyle karşılamaması için iki kilitleme yuvası arasında Şekil 5.16'da görüleceği gibi balıksırtı formu olmalıdır. Ancak pimin bu yüzeyler arasında da takılıp kalmaması için kilitleme pimi yörünge teğeti ile pimin gezindiği yüzey teğeti arasındaki açının 60° civarında olması gerekmektedir. Şayet bu açı 45° olduğu durumda pim düz bir duvara temas etmiş gibi davranmakta yüzey üzerinde kaymamaktadır.



Şekil 5.16 : Balık sırtı yapısı

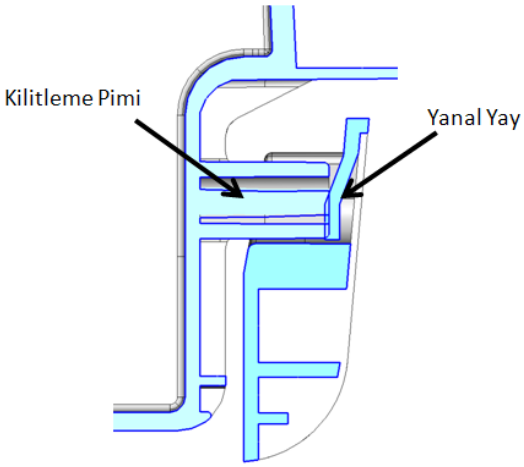
5.5 Raf Yanal Hareketini Engelleyen Plastik Yay Tasarımı

Kapı rafı mevcut sabit tasarımda kapı iç plastiğine geçme detayından ötürü stabil durmakta, öne, arkaya, sağa ve sola kesinlikle hareket etmemektedir. Kapı rafının öne ve arkaya doğru hareketi, kızaklama pimi ve kızaklama kanalı arasındaki ilişki ile giderilmiştir. Kilitleme yuvasında tasarlanan öngerilimli plastik yay ise rafın kilitleme pozisyonunda yukarı aşağı hareketini engellemektedir. Ancak üretim toleransları ve kapı rafının hareketli tasarlanmasından ötürü kapı rafı ile kılavuzlama parçaları arasında yapılan etütlerde toplam 2 mm boşluk bırakılmıştır. 2 mm'lik boşluk hareket için gerekli iken, rafın kılavuzlama parçaları arasında hareket etmesine ve tıkırtı seviyesinde ses çıkarmasına neden olmaktadır. Bu nedenle Şekil 5.18'de görülen kılavuzlama parçaları üzerinde raf kilitleme pozisyonunda iken, bu boşluğu alan plastik yaylar tasarlanmıştır.



Şekil 5.18 : Yanal yaylar

Bu yaylar Şekil 5.19'daki kesit görünüşte görüldüğü gibi kilitleme pimi ile girişimli çizilmiştir. Yani kapı rafı kilitleme pozisyonuna getirildiği durumda, yanal plastik yaylar esneyerek kapı rafı ile kılavuzlama parçası arasındaki boşluğu doldurmakta, rafın hareketini engellemektedir.



Şekil 5.19 : Yanal yay kesit görünüş

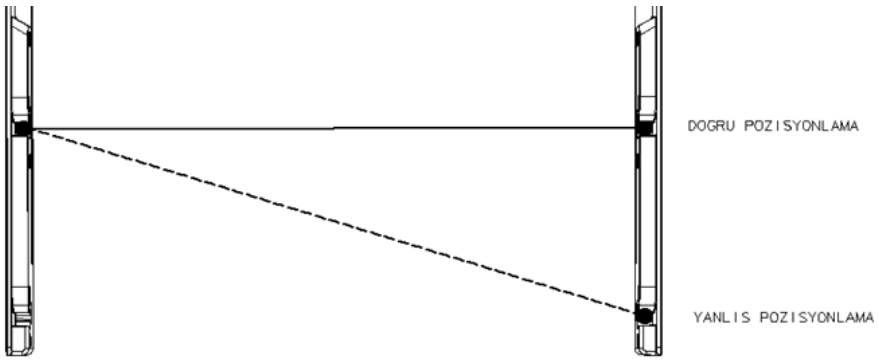
5.6 Birinci Nesil Protipler

Plastik yay ve yönlendirme yüzeylerinde yapılan revizyonlardan sonra Şekil 5.20'de görülen birinci nesil prototipler imal ettirilerek buzdolabı işletmesi ile paylaşılmıştır. Kapı rafının hareketi süresince döndürme açısı, rafın yukarı/aşağı hareket sürekliliği işletme tarafından beğenilmiştir. Ancak kılavuz parçadaki detayların çok olması temizlik ve hijyen açısından istenilen kriterlere uygun bulunmamıştır. Bu nedenle

kılavuz parçadaki ara pozisyonların kaldırılarak, sadece alt ve üst olmak üzere iki pozisyonun olduğu versiyonun çalışılarak kılavuz parçanın sadeleştirilmesi kararı alınmıştır. Böylece kılavuz parça üzerindeki detaylar azalacaktır.

Şekil 5.20 : Birinci nesil prototipler

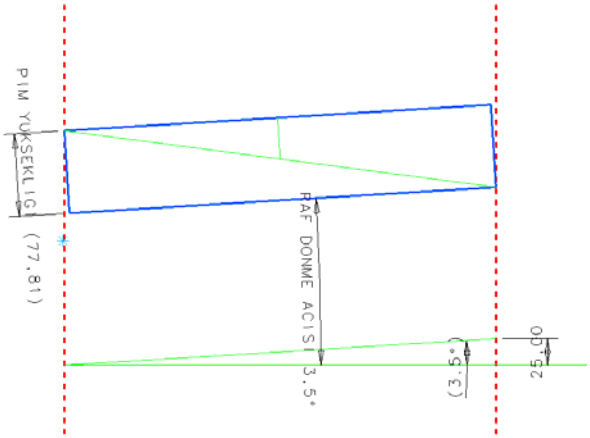
Ayrıca yapılan prototipte, pozisyonlama konumları arası mesafeler az olduğu için ve rafın dönmesi ile kullanıcının rafı Şekil 5.21'de görüldüğü gibi yanlış pozisyonlayabildiği görülmüştür.



Şekil 5.21 : Rafın yanlış pozisyonlanması

Pozisyonlama konumları arasındaki mesafenin değiştirilemeyeceği kabul edilerek rafın kılavuzlama parçaları arasında dönmesinin sınırlandırılması yönünde çalışılmıştır. Rafın kılavuzlama parçaları arasında dönmesinin nedeni raf ile kılavuzlama parçaları arasında boşluk bırakılmasıdır. Şekil 5.22'de yapılan etütte görüldüğü gibi kapı rafı kılavuzlama parçaları arasında döndüğünde kırmızı kesikli çizgiler ile gösterilen kızaklama parçaları ile mavi çizgiler ile gösterilen kızaklama pimleri temas etmektedir. Bu durumda kızaklama pimlerinin yükseklikleri önem kazanmaktadır. Kızaklama pimlerinin boyları ne kadar fazla olursa, kılavuzlama

parçaları ile o kadar önce temas edecekler yani rafın daha az dönmesini sağlayacaklardır. Raf konstrüksiyonun ön gördüğü boyutta kızaklama piminin yüksekliği 77.8 mm olarak kabul edilmiştir. Posizyonlama noktaları arası 27 mm olduğu için rafın dönerek en fazla 25 mm hareket etmesine izin verilmiştir. Böylece yanlış konumla mümkün olmayacaktır. Rafın 25 mm hareket etmesine tekabul eden dönme açısı 3.5° olarak bulunmuştur.

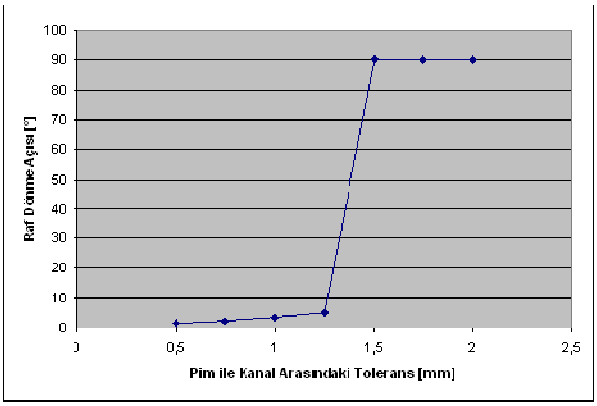


Şekil 5.22 : Raf dönme etüdü

Belirlenen kızaklama pimi uzunluğu için yapılan etüt sonuçları Tablo 5.1 ve Şekil 5.23'te özetlenmektedir. Bu durumda kapı rafı ile kılavuzlama parçası arasındaki boşluk toplamda 3 mm'yi bulduğunda raf kılavuzlama parçaları arasında 180° dönebilir duruma geldiği görülmüştür. Kapı rafına izin verilen 3.5°'lik dönme açısı çizelge 5.1'de görüldüğü gibi kapı ile kılavuzlama parçası arasında toplamda bırakılacak boşluğun 2 mm olması gerektiği anlamına gelmektedir.

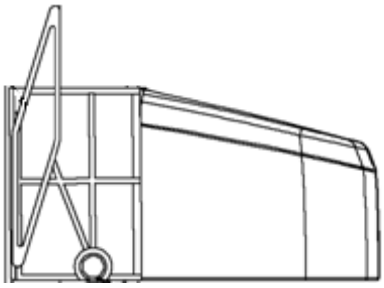
Çizelge 5.1 : Kapı rafı dönme etüdü

Tolerans [mm] (Tek tarafta)	Açı [°]
0,5	1,5
0,75	2,50
1	3,50
1,25	5,50
1,5	90,00
1,75	90,00
2,00	90,00



Şekil 5.23 : Kapı rafı dönme etüdü

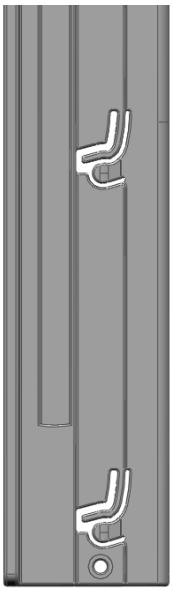
Bu durumda kapı rafı kızaklama pimi tasarımı son olarak Şekil 5.24'te görülen şekli almıştır.



Şekil 5.24 : Kapı rafı kızaklama pimi final tasarımı

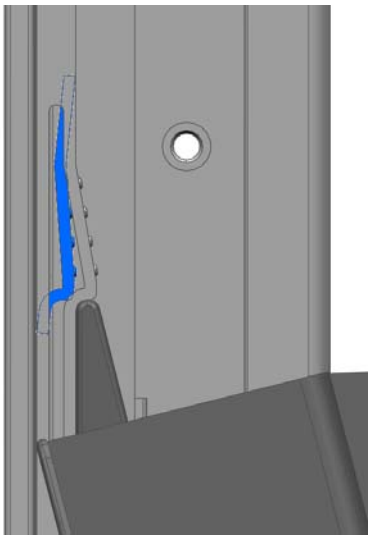
5.7 İkinci Nesil Prototipler

Kilitleme pozisyonunun alt ve üst olmak üzere iki tane olması yönlendirme yüzeylerinin balık sırtı formunda olmasını imkansız kılmaktadır. Şekil 5.25'te görüldüğü gibi yönlendirme yüzeyleri kilitleme yuvasına belirli mesafede başlamak durumunda kalmaktadır. Bu durumda daha önceki tasarımlarda karşılaşılan kilitleme pozisyonunu bulamama problemi için yeni çözümler geliştirilmesi gerekmektedir.



Şekil 5.25 : İki kademeli versiyon

Kullanıcı kılavuzlama piminin kılavuzlama kanalının alt yüzeyine çarptığı durumda alt pozisyonlama konumuna gelmiş olmaktadır. Ancak üst pozisyonlama konumuna gelindiğini kullanıcıya belirten herhangi bir işaret yoktur. Kapı rafı üst pozisyonlama konumuna geldiğinde, kılavuzlama pimi bir durdurucu ile durdurularak kullanıcının uyarılması fikrinden yola çıkılarak Şekil 5.26'daki çözüm geliştirilmiştir. Bu durdurucu kullanıcıyı üst pozisyonlama konumunda olduğunu yönünde uyarmanın yanı sıra kapı rafının kontrolsüzce yukarı çekildiği durumda kılavuzlama parçalarından kurtulmasını da engellemektedir. Kullanıcı rafı kılavuzlama parçalarından kurtarmak istediği durumda durdurucu yayları parmağı ile esneterek rafı yukarı doğru çekmek durumundadır.



Şekil 5.26 : Stopper yayın serbest ve esnemiş durumları

Pozisyon sayısının ikiye indirildiği ve durdurucu yay eklendiği hali ile Şekil 5.27'de görülen ikinci nesil prototipler alınarak işletme ile görüşülmüştür. Eskişehir Buzdolabı İşletmesi devreye alınmak üzere çalışılan yeni derin SBS tip dolaplarında yapılan çalışmayı uygulayacağını söylemiştir.

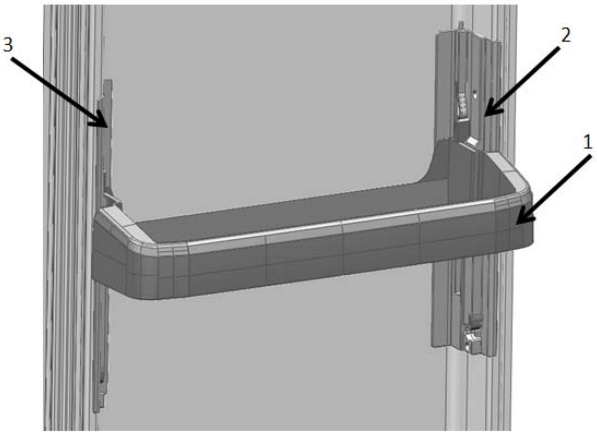
Şekil 5.27 : İkinci nesil prototipler

6. DETAY TASARIM 3 İÇİN DFA PRENSİPLERİNİN UYGULANMASI

Buzdolabı işletmesi tarafından seri üretim kararı alınmıştır ancak konseptin montajı beklenen basitlikte hala seri üretime tamamıyla uygun değildir. Montaj basamaklarını azaltmak ve basitleştirmek için tasarım MUT prensipleri uygulanmak üzere tekrar gözden geçirilmiştir. Bu bölümde MUT prensiplerinin uygulanması ile konseptin seri üretime uygun final hali detaylıca anlatılacaktır.

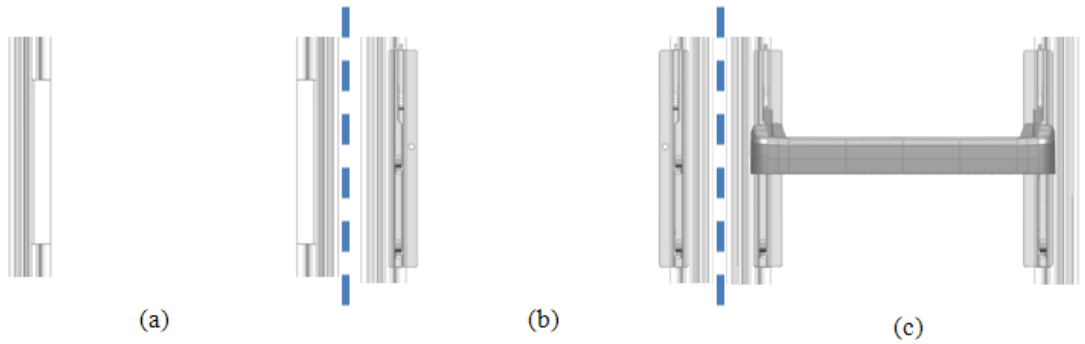
6.1 Tasarımın Montaj Detayı

Tasarım final hali ile Şekil 6.1'de görüldüğü gibi kapı rafı (1), kılavuz parça sağ (2) ve kılavuz parça sol (3) olmak üzere 3 parçadan oluşmaktadır.



Şekil 6.1 : Tasarım final hali

Kılavuz parçalar kapı iç plastiği formu referans alarak tasarlanmıştır. Kapı iç plastiği kalıbında revizyon yapılarak, kapı iç plastiğinde kılavuz parçaların monte edilmesi için yuvalar oluşturulacaktır. Daha sonra operatör kılavuz parçaları kapı iç plastiğinde açılan yuvalara monte ederek, 3 noktadan vidalayacaktır. Bu işlemde bir çok hizalama güçlüğü yaşanacaktır. Kılavuz parça üzerindeki vida yuvaları tapalar ile kapatılacaktır. Şekil 6.2'de montaj sırasını görülmektedir.

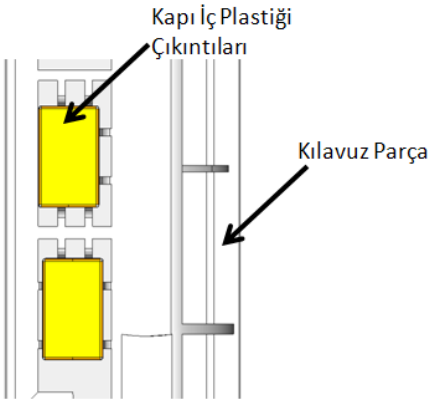


Şekil 6.2 : Tasarım montaj detayı (a) Kapı iç plastiğinde kızaklama parçası için yapılan revizyon (b) kılavuzlama parçalarının 3'er vida ile tutturulması (c) kapı rafının yerleştirilmesi

Montaj sırasında operatörün kılavuz parçaları eğri konumlaması sistemin çalışmasını direkt etkileyerek, kapı rafının düzgün ve sürekli hareket etmemesine, kasılmalara sıkışmalara dolayısı ile müşteri memnuniyetsizliğine neden olacaktır. Bu nedenle kılavuz parçaların montajının mümkün olduğunca operatörün müdahalesinden uzak hale getirilmesi gerekmektedir.

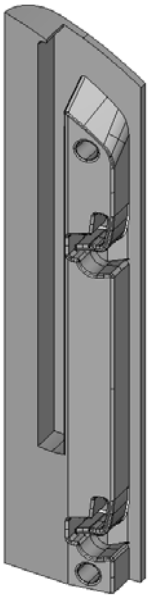
6.2 DFA Prensiplerinin Uygulanması ile Yeniden Tasarım

Öncelikle montaj ve yatırım yükünü azaltma amacı ile kılavuz parçaların kapı iç plastiği ile hem yüz monte edilmesi yerine, mevcut kapı raflarında olduğu gibi, kapı iç plastiği üzerindeki çıkıntılara sıkı geçme monte edilmesi gerektiği kararlaştırılmıştır. Şekil 6.3'de görüldüğü gibi operatör kılavuz parçaları kapı iç plastiği üzerindeki çıkıntılara sıkı geçme ile monte ettikten sonra 3 vida ile monte etmektedir. Bu durumda kapı iç plastiğinde herhangi bir yatırıma gerek kalmamaktadır. Ayrıca kapı rafı uygulaması tüm aynı kapı iç plastiğinin kullanıldığı dolap tiplerinde uygulanabilir hale gelmektedir.

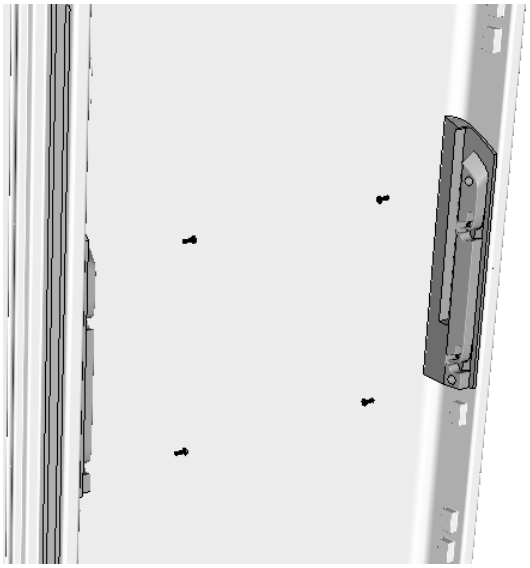


Şekil 6.3 : Sıkı geçme detayı

Ayrıca vida sayısının dolayısı ile tapa sayınsın azaltılması amaçlı, durdurucu yay sabit durdurucuya dönüştürülerek, parçanın boyu kısaltılmıştır. Böylece 3 vida yerine 2 vida montaj için yeterli duruma gelmiştir. Şekil 6.4'te kılavuz parçanın final halinde görüldüğü gibi, operatör kılavuz parçaları kapı iç plastiğine sıkı geçme bağlantı ile pozisyonladıktan sonra 2 vida bağlantısı ve 2 tapa ile montajı tamamlamaktadır. Gerekli yatırım maliyeti sadece kılavuz parçaların kalıp maliyetleridir.



Şekil 6.4 : Kılavuzlama parçası final hali



Şekil 6.5 : Kılavuzlama parçası montaj detayı

Çizelge 6.1 tasarımın DFA indeksi 0,23 olarak hesaplanmıştır. DFA metodolojisi ile tasarım yeniden gözden geçirildiği durumda ise, DFA indeksi Çizelge 6.2'de görüldüğü üzere 0,43 olarak hesaplanmıştır. Alınan birkaç küçük tasarım önlemi ile DFA indeki %100 oranında arttırılmıştır. Aynı zamanda kapı iç plastiğindeki değişikliklerin ortadan kaldırılması ile kalıp maliyetinden de kaçınılmış olunmuştur.

Çizelge 6.1 : Final Tasarım

Parça No	Parça Tekrar Sayısı	Elle Taşıma Kodu	Elle Taşıma Zamanı (sn)	Elle Ekleme Kodu	Elle Ekleme Zamanı (sn)	Toplam Montaj Zamanı (sn)	Minimum Parça Sayısı	Parça Adı
1	1	30	1,95	0	1,5	3,45	1	Kapı Rafı
2	2	41	7,5	8	6,5	28	2	Kılavuz Parçalar
3	3	11	1,8	39	8	29,4	2	Vida
4	3	11	1,8	39	8	29,4	2	Tapa
						t_{ma}	N_{min}	
					Toplam:	90,25	7	DFA Indeksi=0,23

Çizelge 6.2 : DFA prensipleri doğrultusunda mpdifiye edilmiş tasarım

Parça No	Parça Tekrar Sayısı	Elle Taşıma Kodu	Elle Taşıma Zamanı (sn)	Elle Ekleme Kodu	Elle Ekleme Zamanı (sn)	Toplam Montaj Zamanı (sn)	Minimum Parça Sayısı	Parça Adı
1	1	30	1,95	0	1,5	3,45	1	Kapı Rafı
2	2	1	1,5	8	1,5	6	2	Kılavuz Parçalar
3	2	11	1,8	39	8	19,6	2	Vida
4	2	11	1,8	39	8	19,6	2	Tapa
						t_{ma}	N_{min}	
					Toplam:	48,65	7	DFA Indeksi=0,43

Şekil 6.6'da tasarımın DFA metodoloji uygulandıktan sonra imal ettirilen son prototibi görülmektedir.

Şekil 6.6 : Final tasarım

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmanın amacı, Arçelik Arge Yapısal Tasarım Yöneticiliği'nde Eskişehir Buzdolabı İşletmesi'ne çalışılan "Hareketli Kapı Rafı" çalışması tasarım aşamasının paylaşılması, eşzamanlı mühendislik araçlarından montaja uygun tasarım prensipleri ile hareketli kapı rafı tasarımının yeniden şekillendirilmesiyle elde edilen kazanımların anlatılmasıdır.

Öncelikle montaja uygun tasarım metodolojisi anlatılmış, çeşitli uygulamalarla ile örneklenmiştir. Ardından hareketli kapı rafı tasarım süreci detaylıca anlatılmış, fikrin yavaş yavaş nasıl ürüne dönüştüğü gösterilmiştir. Son olarak tasarım, montaja uygun tasarım metodolojisi ile yeniden şekillendirilmiştir.

Kapı rafı tasarımda kılavuzlama parçaları, kapı iç plastiğinde açılan yuvalara öngerilmeli olarak monte edildikten sonra 3 noktadan vidalanmaktaydı. MUT prensipleri gereği, kızaklama parçasının kapı iç plastiklerine sıkı geçme olarak monte edilir hale gelmesi, parça sayısının ve montaj zamanının azaltılması gibi faydaların yanı sıra montaj anında oluşacak yanlış pozisyonlama hatalarının da önüne geçmiştir. Montaj otomasyona daha uygun hale gelmiştir. Aynı zamanda tasarım aynı kapı iç plastiğini kullanan tüm dolaplara uygulanabilir duruma gelmiştir. MUT prensipleri sonucu yakalanan modülerlik ve esnek kullanım sayesinde, kullanıcının hareketli raf yerine eski sabit raflarını kullanmak istemesi durumda buzdolabı kapısı değiştirilmek durumunda kalmadan, sadece eski standart raflardan temin edilmesi yeterli olacaktır. Ayrıca, raf yada kılavuzlama parçaları kapı iç plastiğinden bağımsız olduğu için, herhangi bir hasarlanma yada çalışamaz duruma gelme durumunda yine buzdolabı kapısında herhangi bir değişiklik yapmaya gerek kalmadan problem çözülecektir. Dolayısı ile yeni tasarım servis verilebilirlik açısından da çok daha uygun bir tasarımdır.

Sonuç olarak, hareketli kapı rafı çalışmasında da görüldüğü gibi montaja uygun tasarım prensiplerini göz önüne alarak tasarım yapmak, parça sayısının ve montaj süresinin azalmasına, dolayısı ile montaj ve üretim maliyetlerinin azalmasına, aynı zamanda ürün kalitesi ve güvenirliliğinin artmasına olanak sağlamaktadır.

KAYNAKLAR

[1] **Büyüközkan, Gülçin.** (2005) Ürün geliştirme sürecine destek tasarım teknikleri ve anahtar başarı faktörleri, V. *Ulusal Üretim Arastırmaları Sempozyumu,* i*stanbul Ticaret Üniversitesi*

[2] **Kuo, T.-C., Huang, S. H., Zhang, H.-C.,** 2001, "Design for Manufacture and Design for 'X': Concepts, Applications, and Perspectives", Computers & Industrial Engineering, 41, 241-260.

[3] **Chen, K.-Z.**, 1999, "Identifying the Relationship among Design Methods: Key to Successful Applications and Developments of Design Methods", Journal of Engineering Design, 10(2), 125 – 141.

[4] **Boothroyd, G., & Dewhurst, P.** (1986). Product design for assembly. Wakefield, RI: Boothroyd Dewhurst

[5] **Url-1** <*http://wings.buffalo.edu/eng/mae/courses/460-564/DFA.pdf*>,alındığı tarih: 20.11.2010

[6] **Url-2** <*http://www.npd-solutions.com/dfmguidelines.html*>, alındığı tarih: 20.11.2010

[7] **Url-3** <*http://web.mit.edu/2.810/www/lecture/AssemblyShort.pdf*>, alındığı tarih: 20.11.2010

[8] **Boothroyd, G.,** 2005. Assembly Automation and Product Design, Taylor & Francis Group, Boca Raton.

[9] **Url-4** <*http://www.dfma.com/news/johnson.htm*>, alındığı tarih 20.11.2010

[10] **Redford, A. and Chal, J.,** 1994. Design for Assembly Principles and Practice, McGraw_Hill Book Company, London.

[11] **Stone, B.R.**, **McAdams, D.A. and Kayyalethekkel V.J.,** 2004. A Product Architecture-Based Conceptual DFA Technique, *Design Studies,* 25, 301-325.

[12] **Url-5** <*http://ep.espacenet.com*>, alındığı tarih 20.10.2010.

[13] Young P., et all. (2005). U.S. Patent No: 2005062380.

[14] Ho,Kin Chu-Sang. (2007) CN. Patent No: 1952564

[15] Ricardo, K., et all. (2005) WO Patent No: 2005003660

[16] Ralph, S., et all. (2008) WO Patent No: 2008077742

[17] Andrea, F., et all. (2009) WO Patent No: 2009115476

[18] Arturo, M., et all. (2003) U.S. Patent No: 2003011291

[19] Siegfired, G., et all. (2008) WO Patent No: 2008095775

[20] Frank, P., et all. (2009) USD Patent No: 603883

EKLER

EK A 1: Cetveller

Çizelge A.1

Key:

ONE HAND

Parts can be grasped and manipulated by one hand without the aid of grasping tools		Parts are easy to grasp and manipulate: Thickness >2 mm, Size >15 mm	Thickness >2 mm, 6 mm ≤ size >15 mm	Thickness >2 mm, Size <6 mm	Thickness ≤2 mm, Size >6 mm	Thickness ≤2 mm, Size ≤6 mm	Parts present handling difficulties (1): Thickness >2 mm, Size >15 mm	Thickness >2 mm, 6 mm ≤ size ≤15 mm	Thickness >2 mm, Size <6 mm	Thickness ≤2 mm, Size >6 mm	Thickness ≤2 mm, Size ≤6 mm
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$(\alpha + \beta) < 360°$	0	1.13	1.43	1.88	1.69	2.18	1.84	2.17	2.65	2.45	2.98
$360° \le (\alpha + \beta) < 540°$	1	1.5	1.8	2.25	2.06	2.55	2.25	2.57	3.06	3	3.38
$540° \le (\alpha + \beta) < 720°$	2	1.8	2.1	2.55	2.36	2.85	2.57	2.9	3.38	3.18	3.7
$(\alpha + \beta) = 720°$	3	1.95	2.25	2.7	2.51	3	2.73	3.06	3.55	3.34	4

ONE HAND with GRASPING AIDS

Parts can be grasped and manipulated by one hand but only with the use of grasping tools			Parts need tweezers for grasping and manipulation: Parts can be manipulated without optical magnification: Parts are easy to grasp and manipulate: Thickness >0.25 mm	Thickness ≤0.25 mm	Parts present handling difficulties (1): Thickness >0.25 mm	Thickness ≤0.25 mm	Parts require optical magnification for manipulation: Parts are easy to grasp and manipulate: Thickness >0.25 mm	Thickness ≤0.25 mm	Parts present handling difficulties (1): Thickness >0.25 mm	Thickness ≤0.25 mm	Parts need standard tools other than tweezers	Parts need special tools for grasping and manipulation
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\alpha \le 180°$	$0 \le \beta \le 180°$	4	3.6	6.85	4.35	7.6	5.6	8.35	6.35	8.6	7	7
$\alpha \le 180°$	$\beta = 360°$	5	4	7.25	4.75	8	6	8.75	6.75	9	8	8
$\alpha = 360°$	$\alpha \le \beta \le 180°$	6	4.8	8.05	5.55	8.8	6.8	9.55	7.55	9.8	8	9
$\alpha = 360°$	$\beta = 360°$	7	5.1	8.35	5.85	9.1	7.1	9.55	7.85	10.1	9	10

TWO HANDS for MANIPULATION

		Parts present no additional handling difficulties: $\alpha \le 180°$: Size >15 mm	$\alpha \le 180°$: 6 mm ≤ size ≤ 15 mm	$\alpha \le 180°$: Size <6 mm	$\alpha = 360°$: Size >6 mm	$\alpha = 360°$: Size ≤6 mm	Parts present additional handling difficulties (e.g. sticky, delicate, slippery, etc.) (1): $\alpha \le 180°$: Size >15 mm	$\alpha \le 180°$: 6 mm ≤ size ≤ 15 mm	$\alpha \le 180°$: Size <6 mm	$\alpha = 360°$: Size >6 mm	$\alpha = 360°$: Size ≤6 mm
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Parts severely nest or tangle or are flexible but can be grasped and lifted by one hand (with the use of grasping tools if necessary) (2)	8	4.1	4.5	5.1	5.6	6.75	5	5.25	5.85	6.35	7

TWO HANDS or assistance required for LARGE SIZE

		Parts can be handled by one person without mechanical assistance: Parts do not severely nest or tangle and are not flexible: Part weight <10 lb: Parts are easy to grasp and manipulate: $\alpha \le 180°$	Part weight <10 lb: Parts are easy to grasp and manipulate: $\alpha = 360°$	Part weight <10 lb: Parts present other handling difficulties (1): $\alpha \le 180°$	Part weight <10 lb: Parts present other handling difficulties (1): $\alpha = 360°$	Parts are heavy (>10 lb): Parts are easy to grasp and manipulate: $\alpha \le 180°$	Parts are heavy (>10 lb): Parts are easy to grasp and manipulate: $\alpha = 360°$	Parts are heavy (>10 lb): Parts present other handling difficulties (1): $\alpha \le 180°$	Parts are heavy (>10 lb): Parts present other handling difficulties (1): $\alpha = 360°$	Parts severely nest or tangle or are flexible (2)	Two persons or mechanical assistance required for parts manipulation
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Two hands, two persons or mechanical assistance required for grasping and transporting parts	9	2	3	2	3	3	4	4	5	7	9

Çizelge A.2

Key:

PART ADDED but NOT SECURED

PART SECURED IMMEDIATELY

SEPARATE OPERATION

			Alter assembly no holding down required to maintain orientation and location (3)				Holding down required during subsequent processes to maintain orientation at location (3)			
			Easy to align and position during assembly (4)		Not easy to align or position during assembly		Easy to align and position during assembly (4)		Not easy to align or position during assembly	
			No resistance to insertion	Resistance to insertion (5)	No resistance to insertion	Resistance to insertion (5)	No resistance to insertion	Resistance to insertion (5)	No resistance to insertion	Resistance to insertion (5)
			0	1	2	3	6	7	8	9
Addition of any part (1) where neither the part itself nor any other part is finally secured immediately: Part and associated tool (including hands) can easily reach the desired location		0	1.5	2.5	2.5	3.5	5.5	6.5	6.5	7.5
		1	4	5	5	6	8	9	9	10
Part and associated tool (including hands) cannot easily reach the desired location: Due to obstructed access or restricted vision (2)		2	5.5	6.5	6.5	7.5	9.5	10.5	10.5	11.5
Part and associated tool (including hands) cannot easily reach the desired location: Due to obstructed access and restricted vision (2)										

			No screwing operation or plastic deformation immediately after insertion (snap/press fits, circlips, spire nuts, etc.)		Plastic deformation immediately after insertion						Screw tightening immediately after insertion	
					Plastic bending or torsion			Rivetting or similar operation				
						Not easy to align or position during assembly			Not easy to align or position during assembly			
			Easy to align and position with no resistance to insertion (4)	Not easy to align or position during assembly and/or resistance to insertion (5)	Easy to align and position during assembly (4)	No resistance to insertion	Resistance to insertion (5)	Easy to align and position during assembly (4)	No resistance to insertion	Resistance to insertion (5)	Easy to align and position with no torsional resistance (4)	Not easy to align or position and/or torsional resistance (5)
			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Addition of any part (1) where the part itself and/or other parts are being finally secured immediately: Part and associated tool (including hands) can easily reach the desired location and the tool can be operated easily		3	2	5	4	5	6	7	8	9	6	8
Part and associated tool (including hands) cannot easily reach desired location or tool cannot be operated easily: Due to obstructed access or restricted vision (2)		4	4.5	7.5	6.5	7.5	8.5	9.5	10.5	11.5	8.5	10.5
Part and associated tool (including hands) cannot easily reach desired location or tool cannot be operated easily: Due to obstructed access and restricted vision (2)		5	6	9	8	9	10	11	12	13	10	12

		Mechanical fastening processes (part(s) already in place but not secured immediately after insertion)				Non-mechanical fastening processes (part(s) already in place but not secured immediately after insertion)				Non-fastening processes	
		None or localized plastic deformation				Metallurgical processes					
							Additional material required				
		Bending or similar process	Rivetting or similar processes	Screw tightening or other processes	Bulk plastic deformation (large proportion of part is plastically deformed during fastening)	No additional material required (e.g. resistance, friction welding etc.)	Soldering processes	Weld/braze processes	Chemical processes (e.g. adhesive bonding, etc.)	Manipulation of parts or sub-assembly (e.g. orienting, fixing or adjustment of parts), etc.)	Other processes (e.g. liquid insertion, etc.)
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Assembly processes where all solid parts are in place	9	4	7	5	12	7	8	12	12	9	12

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Sena ÖZPERK

Doğum Yeri ve Tarihi: İstanbul, 25.01.1986

Lisans Üniversite: İstanbul Teknik Üniversitesi