

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SOLO SOĞUTUCULARDA KAPI ALT KAPAMA PARÇASINDA GÖRÜLEN
DEFORMASYONLARIN SAYISAL VE DENEYSEL İNCELENMESİ VE
İYİLEŞTİRME ÇALIŞMALARI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Emre EMEK

Makina Mühendisliği Anabilim Dalı

Konstrüksiyon Yüksek Lisans Programı

HAZİRAN 2018

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SOLO SOĞUTUCULARDA KAPI ALT KAPAMA PARÇASINDA GÖRÜLEN
DEFORMASYONLARIN SAYISAL VE DENEYSEL İNCELENMESİ VE
İYİLEŞTİRME ÇALIŞMALARI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Emre EMEK
(503111205)**

Makina Mühendisliği Anabilim Dalı

Konstrüksiyon Yüksek Lisans Programı

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. İbrahim Mehmet PALABIYIK

HAZİRAN 2018

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 503111205 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Emre EMEK, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “SOLO SOĞUTUCULARDA KAPI ALT KAPAMA PARÇASINDA GÖRÜLEN DEFORMASYONLARIN SAYISAL VE DENEYSEL İNCELENMESİ VE İYİLEŞTİRME ÇALIŞMALARI” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Yrd. Doç. Dr. İ. Mehmet PALABIYIK**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Yrd. Doç. Dr. Vedat TEMİZ**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Cüneyt FETVACI
İstanbul Üniversitesi

Teslim Tarihi : **04 Mayıs 2018**
Savunma Tarihi : **04 Haziran 2018**





Eşime ve aileme,



ÖNSÖZ

Tez çalışması kapsamında solo soğutucu ürünlerde gözlemlenen bir problemin proje olarak ele alınması, problem tanımının ve ispatlarının yapılması, literatür ve benzer çözümlere yönelik çalışmalar yapılması, tasarım sınırlarının belirlenip çözüm önerilerinin sunulması, belirlenen optimum çözüm önerisine analizler ve testler yapılarak doğrulanması ve son olarak sonuç ve önerilerle projenin sonlandırılması çalışmaları yapılmıştır.

Tez çalışması süresince bilgi ve deneyimlerini paylaşan tez danışmanım Sayın Yrd. Doç. Dr. İbrahim Mehmet PALABIYIK' a, tez çalışması için destek olan Bosch Ev Aletleri San. ve Tic. A.Ş. (B/S/H/) firmasına ve iş arkadaşlarım Özgür UYSAL, Muratcan MALKOÇ' a, her konuda olduğu gibi desteklerini yine esirgemeyen eşim ve aileme teşekkürü borç bilirim.

Haziran 2018

Emre Emek
(Makina Mühendisi)



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
SEMBOLLER	xiii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xv
ŞEKİL LİSTESİ.....	xvii
ÖZET.....	xix
SUMMARY	xxiii
1. GİRİŞ....	1
2. PROBLEMİN TANIMLANMASI VE TEST ŞARTLARI	5
2.1 Probleme Etki Eden Bileşenlerin Tanımlanması	5
2.2 Test Şartlarının Belirtilmesi ve Testin Uygulanması	8
2.3 Simülasyon Çalışmasının Uygulanması	10
2.4 Test Sonuçları ve Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması	19
2.5 Problemin Tanımlanması	21
3. PATENT – LİTERATÜR ARAŞTIRMALARI VE BENZER ÇÖZÜMLER 23	23
3.1 Patent Araştırmaları.....	23
3.1.1 Blok halinde destek parçası montaj edilmiş çözüm	23
3.1.2 Destek braketi kullanılarak uygulanmış çözüm	25
3.1.3 Geçme parça kullanılmış uygulama	26
3.2 Firma Bünyesindeki Diğer Çözümler	27
3.2.1 Alt kapı destek parçası kullanılarak uygulanan çözüm.....	27
3.2.2 Poli – ürean içine gömülmüş destek parçası kullanılan çözüm	29
3.3 Literatür Araştırmaları.....	30
3.3.1 Plastik parça tasarımı	30
3.3.1.1 Uygun malzemenin belirlenmesi.....	31
3.3.1.2 Tasarım sınırlarının belirlenmesi	31
3.3.1.3 Tasarım sırasında dikkat edilmesi gereken kurallar.....	32
3.3.2 Sac şekillendirme	34
3.3.2.1 Kesme işlemi.....	34
3.3.2.2 Bükme işlemi	35
4. TASARIM ÇALIŞMALARI VE KARŞILAŞTIRILMALARI.....	37
4.1 Tasarım Sınırlarının Belirlenmesi	37
4.2 Kapı Alt Kapama Destek Sacı Tasarım Çalışmaları	39
4.2.1 Kapı alt destek sacı için öneri 1	39
4.2.2 Kapı alt destek sacı için öneri 2	40
4.2.3 Kapı alt destek sacı için öneri 3	41
4.2.4 Kapı alt destek sacı için öneri 4	42
4.3 Kapı Alt Kapama Plastik Parça Tasarım Çalışmaları	43
4.3.1 Kapı alt kapama plastik – Öneri 1 – Pah eklenmesi	44

4.3.2 Kapı alt kapama plastik – Öneri 2 – Kapak detayı yarıçap değişikliği	44
4.3.3 Kapı alt kapama plastik – Öneri 3 – Kaburga ekleme.....	45
4.3.4 Kapı alt kapama plastik – Öneri 4 – Dış yarıçap ve kaburga eklenmesi...	46
4.3.5 Kapı alt kapama plastik – Öneri 5 – Adım iptal edilmesi	47
4.4 Tasarım Çalışmalarının Karşılaştırılması	48
4.4.1 Kapı alt destek sacı tasarım karşılaştırılması	50
4.4.2 Kapı alt kapama plastik tasarım karşılaştırılması.....	51
5. SONLU ELEMANLAR ANALİZİ	55
6. NUMUNE VE TEST ÇALIŞMALARI	59
6.1 Aşırı Germe Testlerinin Uygulanması.....	60
6.1.1 Öneri 3 – 0,5 mm 301 paslanmaz çelik test uygulanması.....	60
6.1.2 Öneri 4 – 1 mm 301 paslanmaz çelik test uygulanması	61
7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	63
7.1 Sonuçlar.....	63
7.2 Öneriler.....	64
KAYNAKLAR.....	65
ÖZGEÇMİŞ.....	67

KISALTMALAR

IEC : International Electrotechnical Commission - Uluslararası Elektroteknik Komisyonu

UL : Underwriters Laboratories Inc.

CAD : Computer Aided Design – Bilgisayar Destekli Tasarım





SEMBOLLER

S, S_x , S_y	: Kuvvet Bileşenleri
B, B_x, B_y	: Kuvvet Bileşenleri
W	: Plastik parça et kalınlığı
T	: Çıkıntı (boss) et kalınlığı
t	: Sac parça kalınlığı
c	: Kesme boşluğu
a	: Metal türüne göre malzeme toleransı
σ_{304_yield}	: 304 Paslanmaz çelik akma gerilmesi
σ_{301_yield}	: 301 Paslanmaz çelik akma gerilmesi
r	: Yarıçap (radius)



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Kullanılan parçaların malzeme bilgileri.	13
Çizelge 2.2 : Kapı alt kapama parçası malzeme teknik özellikleri.	14
Çizelge 2.3 : Kapı alt destek sacı malzeme teknik özellikleri.	14
Çizelge 2.4 : Merkezleme parçası malzeme teknik özellikleri.	15
Çizelge 2.5 : Kapı iç plastik (innerliner) malzeme özellikleri.	16
Çizelge 2.6 : Yatak (bearing) parçası malzeme özellikleri.	17
Çizelge 2.7 : Poli-üretan malzeme teknik özellikleri.	18
Çizelge 2.8 : Dış dekor cam malzeme teknik özellikleri.	18
Çizelge 2.9 : Kapı dış sacı malzeme teknik özellikleri.	18
Çizelge 4.1 : Kapı alt destek sacı öneri 1 kalıp maliyeti.	40
Çizelge 4.2 : Kapı alt destek sacı öneri 2 kalıp maliyeti.	41
Çizelge 4.3 : Kapı alt destek sacı öneri 3 kalıp maliyeti.	42
Çizelge 4.4 : Kapı alt destek sacı öneri 3 kalıp maliyeti.	43
Çizelge 4.5 : Kapı alt kapama plastik – Öneri 1 – Pah ekleme kalıp maliyeti.	44
Çizelge 4.6 : Kapı alt kapama plastik – Öneri 2 – Yarıçap değişiklikleri.	45
Çizelge 4.7 : Kapı alt kapama plastik – Öneri 3 – Kaburga ekleme.	45
Çizelge 4.8 : Kapı alt kapama plastik – Öneri 4 – Dış yarıçap ve yan kaburga.	46
Çizelge 4.9 : Kapı alt kapama plastik – Öneri 5 – Adım iptal edilmesi.	48
Çizelge 4.10 : Kapı alt destek sacı tahmini maliyet karşılaştırma.	50
Çizelge 4.11 : Kapı alt kapama plastik tahmini maliyet karşılaştırılması.	52



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Mentеше üzerindeki detay gösterimi.	2
Şekil 2.1 : Problemlı parçaların ürün üzerindeki konumu.	6
Şekil 2.2 : Probleme etki edebilecek parçalar.....	6
Şekil 2.3 : Kapı alt kapama plastik parçasında gözlemlenen hasar.	7
Şekil 2.4 : Kapı durdurma mekanizması.	7
Şekil 2.5 : Kapı rafına yüklenen silindirik yükler.	8
Şekil 2.6 : Yükleme yapılmış kapı rafı.	8
Şekil 2.7 : Aşırı germe testi kuvvet uygulama noktası.....	9
Şekil 2.8 : Kapı alt kapama parçasındaki deformasyon.....	10
Şekil 2.9 : Kapı alt destek sacındaki deformasyon.....	10
Şekil 2.10 : Aşırı germe testinde uygulanan kuvvetin mesafesi.	11
Şekil 2.11 : Kapı üzerindeki durdurulma noktasının yatak merkezine mesafesi.11	
Şekil 2.12 : Kullanılan malzemelere verilen numaralar.	13
Şekil 2.13 : Kapı alt kapama plastik malzeme gerilme – uzama grafiği.	14
Şekil 2.14 : Kapı alt kapama destek sacı malzeme gerilme – uzama grafiği.	15
Şekil 2.15 : Merkezleme parçası (stoper) malzeme gerilme – uzama grafiği.	16
Şekil 2.16 : Kapı iç plastik malzeme gerilme – uzama grafiği.	16
Şekil 2.17 : Yatak (bearing) malzeme gerilme – uzama grafiği.	17
Şekil 2.18 : Kapı alt kapama plastik parçası üzerindeki uzama dağılımı.....	18
Şekil 2.19 : Kapı alt kapama destek sacı üzerindeki gerilme dağılımı.	19
Şekil 2.20 : Kapı alt kapama plastik test - simülasyon karşılaştırılması.	20
Şekil 2.21 : Kapı alt destek sacında aşırı germe testi ve simülasyon karşılaştırılması.....	20
Şekil 3.1 : Blok halinde destek parçası montaj edilmiş çözüm [8].....	24
Şekil 3.2 : Menteshede bulunan durdurma detayı [8].....	24
Şekil 3.3 : Destek braketı kullanılarak uygulanmış çözüm [9].	25
Şekil 3.4 : G – kapatıcı destek plakası [9].	26
Şekil 3.5 : Geçme parça kullanılmış uygulama [10].....	26
Şekil 3.6 : Mentеше üzerindeki detay gösterimi [10].....	27
Şekil 3.7 : Alt kapı destek parçası kullanılarak uygulanan çözüm.	28
Şekil 3.8 : Kapı alt kapama destek parçası ve durdurma parçası.	28
Şekil 3.9 : Poli – üretan içine destek parçası gömülen çözüm.	29
Şekil 3.10 : Poli – üretan içinde destek parça tasarımında durdurma mekanizması.	30
Şekil 3.11 : Kalın kesitten ince kesite malzeme akışı[12].....	33
Şekil 3.12 : Çıkıntı tasarımında dikkat edilmesi gereken kurallar[12].....	33
Şekil 3.13 : Örnek uygun ve uygun olmayan çıkıntılar [12].....	34
Şekil 3.14 : Metal sacın kesilme işlemi[14].....	35
Şekil 4.1 : Kapı alt kapama üzerindeki görsel kapaklar.	38
Şekil 4.2 : Kapı alt destek sacı – Öneri 1.....	40
Şekil 4.3 : Kapı alt destek sacı – Öneri 2.....	41

Şekil 4.4 : Kapı alt destek sacı – Öneri 3.....	42
Şekil 4.5 : Kapı alt destek sacı – Öneri 4.....	43
Şekil 4.6 : Kapı alt kapama plastik – Öneri 1 – Pah ekleme.	44
Şekil 4.7 : Kapı alt kapama plastik – Öneri 2 – Yarıçap değişikliği.....	45
Şekil 4.8 : Kapı alt kapama plastik – Öneri 3 – Kaburga ekleme.....	46
Şekil 4.9 : Kapı alt kapama plastik – Öneri 4 – Yarıçap artırma.....	47
Şekil 4.10 : Kapı alt kapama plastik – Öneri 4 – Yan kaburga ekleme.	47
Şekil 4.11 : Kapı alt kapama plastik – Öneri 5 – Yan kaburga kalınlık.	48
Şekil 4.12 : Kapı alt kapama plastik – Öneri 5 – Adım iptal edilmesi.....	48
Şekil 4.13 : Numaralandırılmış akma bölgeleri.....	49
Şekil 4.14 : Kapı alt destek sacı önerilerinin özeti.....	50
Şekil 4.15 : Kapı alt destek sacı önerilerin karşılaştırması.	51
Şekil 4.16 : Kapı alt kapama plastik çözüm önerileri özeti.	52
Şekil 4.17 : Kapı alt kapama plastik parçası öneri karşılaştırılması.	53
Şekil 4.18 : İlk durum ile öneri 5 analiz karşılaştırılması.....	53
Şekil 5.1 : 301 (1,4310) paslanmaz çelik gerilme-plastik uzama grafiği [18].	56
Şekil 5.2 : Kapı alt destek sacı üzerindeki gerilme dağılımı.....	57
Şekil 5.3 : Kapı alt kapama plastik üzerindeki uzama dağılımı.	57
Şekil 5.4 : En fazla iyileşmenin olduğu çözüm ile ilk durum karşılaştırılması... 57	
Şekil 6.1 : Test çalışması için numune örneği..	59
Şekil 6.2 : Öneri 3 - 0,5 mm kalınlığında 301 paslanmaz çelik ile test.	61
Şekil 6.3 : Öneri 4 - 1 mm kalınlığında 301 paslanmaz çelik ile test.	62

SOLO SOĞUTUCULARDA KAPI ALT KAPAMA PARÇASINDA GÖRÜLEN DEFORMASYONLARIN SAYISAL VE DENEYSEL İNCELENMESİ VE İYİLEŞTİRME ÇALIŞMALARI

ÖZET

Günümüzde kullanılan solo soğutucu ürünlerde fonksiyonel yeterliliğin ve enerji verimliliğin dışında görsel açıdan da ürünlerin yüksek seviyelere çıkması beklenir hale gelmiştir. Sadece soğutucu ürünün iç kısmında değil dışından da şıklık ve kalite olgusu aranan önemli özelliklerden biri olmuştur. Firmalar da pazardan gelen bu beklentileri karşılamak adına solo soğutucu ürünlerin kapılarının dış kısımlarına farklı renklerde cam uygulaması yaparak hatta ürünün kontrol ünitesini bu cam kapıların yüzeyine uygulanarak kullanıcılara hem estetik açıdan güzel hem de fonksiyonellik açısından daha kullanışlı ürünler sunmuştur.

Firmalar, cam kapılı ürünler ortaya çıkarırken diğer ürünlerde elde ettiği tasarım tecrübesinin dışında yeni uygulamanın getirdiği bazı sınırlamaları da göz önünde bulundurarak tasarımlar yapmak durumdadır. Tasarım sınırları göz önünde bulundurularak yapılan tasarımların uygulanması sırasında öngörülemeyen başka problemler ile karşılaşılabilir. Bu problemlerin ortadan kaldırıp sorunsuz üretim şartlarını sağlayabilmek için mühendislik yaklaşımlarına ihtiyaç duyulmaktadır.

Tez kapsamında cam uygulaması yapılmış solo soğutucu ürünlerin kapı açılıp ve kapı açıklığı 140° ' ye ulaştığında kapı başka ürünlere ya da kendi gövdesine çarpmaması için durdurulur. Durdurma işlemi sağlanıp kapı açma yönünde zorlamaya devam edildiğinde kapının alt kısmında kapama plastiği üzerinde orta menteşeye yakın bölgelerinde deformasyonlar gözlemlenmiştir ve bu konuyla ilgili proje başlatılmıştır.

Tez başlangıcında ilk olarak probleme etki edebilecek parçalar incelenip her biri hakkında bilgiler toplanmıştır. Problemin tekil problem olmayıp süreklilik arz eden problem olup olmadığını belirlemek amacıyla IEC 60335 Ev ve benzeri yerlerde kullanılan elektrikli cihazlar için güvenlik kuralları bölüm 2.24 – Soğutucular, dondurma makinaları ve buz yapıcılar için özel kurallar yönetmeliğine dayandırılmış aşırı germe testi uygulanması kararlaştırılmıştır. Aşırı germe testi uygulanmadan önce cihazın hazırlanması için gereken yükleme testi uygulanmıştır. Sonrasında aşırı germe testi uygulanıp test sonucu parçalar ayrı ayrı incelenmiştir.

Aşırı germe test koşulları referans alınarak parçalar üzerinde sonlu elemanlar analizi uygulayıp test sonuçlarıyla birbirini doğrulama çalışması yapılması planlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda her bir parça için malzeme bilgileri, malzeme teknik verileri araştırılıp tanımlanmıştır sonrasında sonlu elemanlar analizi yapılarak deformasyonların gözlemlendiği kapı alt kapama plastik parçası ve kapı alt destek sacı parçası için incelemelerde bulunulmuştur. Aşırı germe test sonuçları ile sonlu elemanlar analizi karşılaştırılarak temel problemin tanımlanması yapılmıştır.

Problem tanımı tam olarak yapıldıktan sonra solo soğutucu ürünlerin problemle ilgili kısımlarda firma bünyesi içinde bulunmuş diğer çözümler incelenmiştir ve rakip firmalardaki çözümleri incelemek adına patent araştırmaları yapılmıştır. Patent araştırmaları sırasında özellikle menteşe tasarımlarından ziyade menteşelerin kapı gövdesiyle bağlantıları ve kapı açılma sırasında oluşacak gerilmenin nasıl yayıldığı ve dengelendiğine odaklanılmıştır. Problem için çözüm önerilerine geçmeden önce doğru çalışmalar yapmak adına ve parçalar üzerinde başka öngörülmeyen problemlere sebep olmamak amacıyla plastik ve sac parçaların tasarımlarında dikkat edilmesi gereken hususlar için literatür araştırmaları yapılmıştır.

Çözüme ulaşmak amacıyla tasarım önerilerine geçmeden önce parçaların tasarım sınırları belirlenip sıralanmıştır. Belirlenen tasarım sınırları göz önünde bulundurularak önce kapı alt destek sacı için tasarım önerileri toplanmıştır ve her bir öneri için tahmini kalıp maliyet analizleri yapılmıştır. Sonrasında, kapı alt kapama plastik parçası için tasarım önerileri belirlenmiş ve bu parça için tahmini kalıp maliyet analizi yapılmıştır.

Toplanan tasarım önerilerinin karşılaştırılabilmesi için kapı alt kapama plastik parçası üzerinde deformasyonların görüldüğü bölgeler 5' e ayrılmış ve her bölge isimlendirilmiştir. Önce kapı alt destek sacı için verilen önerilere analiz yapılarak kapı alt kapama plastik parçası üzerindeki uzama değerleri referans alınarak belirlenen 5 bölge için yüzdeler iyileşmeler belirlenmiş ve öneriler karşılaştırılmıştır. Sonrasında kapı alt kapama plastik parçası için verilen önerilere analiz yapılarak belirlenen 5 bölgedeki uzama değerleri elde edilmiştir ve bu veriler göz önünde bulundurularak iyileştirme yüzdeleri karşılaştırılmıştır.

Oluşturulan karşılaştırma matrislerinin sonucunda kapı alt destek sacının malzemesinin değiştirilip akma dayanımı daha yüksek malzeme kullanımı ve parça et kalınlığının 1 mm' ye çıkarılma önerisi en fazla iyileşmenin görüldüğü öneri olmuştur. Kapı alt kapama plastik parçası için ise en fazla deformasyonun gözlemlendiği bölgedeki adımın iptal edilip kaburgaların eklendiği önerinin en fazla iyileştirme etkisini yaptığı belirlenmiştir.

Kapı alt destek sacı ve kapı alt kapama plastik parçası için elde edilen optimum çözüm önerileri birleştirilerek sonlu elemanlar analizi yapılmıştır. Birleştirilmiş öneriler için analiz yapılırken problemin tanımının yapılması sırasında uygulanan bütün sınır ve temas koşulları korunup sadece değişen CAD tasarımı ve malzeme bilgileri güncellenerek yapılmıştır. Bu sayede problem ve çözüm arasındaki karşılaştırmada hata oranı minimuma indirilmiştir. Yapılan analiz sonucunda problemin gözlemlendiği tüm bölgelerde yüksek oranda iyileşmeler tespit edilmiştir.

Kapı alt destek sacı için verilen öneriler arasında iki çözüm önerisi için numune çalışması yapıp mekanik testler uygulanmıştır. Yapılan testler sonucunda hem parçalar üzerindeki iyileşmeler ortaya konulmuş hem de yapılan analizlerin sonuçlarının doğruluğu teyit edilmiştir.

Tez çalışması sırasında problem tanımlanırken yapılan test ve analizlerde ilk durumda kapı alt destek sacının oluşan gerilmeler sonucunda plastik deformasyona uğrayıp görevini yerine getirememesi ve oluşan momenti kapı alt kapama plastik parçasına taşıdığı ortaya konulmuştur. Bu bağlamda kapı alt destek sacı için akma dayanımı daha yüksek malzeme kullanılabileceği ve malzeme et kalınlığının artırılabilceği görülmüştür.

Tez çalışmasında kapı alt kapama plastik parçasının çalışma koşullarında ilk olarak zayıf kaldığı bölgeler ortaya konuşmuştur sonrasında bu deformasyonların da görüldüğü bu zayıf bölgelerin güçlendirilmesi amacıyla tasarım değişikliği yapıp modifikasyon uygulanarak parça üzerindeki deformasyonların ortadan kaldırılabilceğı ortaya konulmuştur.

Sadece problemin görüldüğü modelde kullanılan kapı alt kapama plastik parçasında değil diğer modellerde kullanılan ve ilerideki projelerde kullanılacak kapı alt kapama plastik parçalarında tez içinde faydası ispatlanmış güçlendirme çalışmaları uygulanabileceğı tecrübe edilmiştir.





NUMERICAL AND EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF DEFORMATIONS ON DOOR END PART WITHIN SOLO COOLERS AND IMPROVEMENT STUDIES

SUMMARY

Visual expectation beside functional efficiency and energy consumption from solo cooler appliances is getting increased nowadays. Classiness and quality are became one of the qualification that have required for not only inside of cooler appliance but also outside. Glasses that has various color were implemented to outside of door of appliances by the companies in order to meet the expectation that consisted from market. Even by integrate into control unite to glass door surface the products that has both good aesthetic appearance and more useful from the stand point of functionality are being presented by the companies.

The companies must design by collecting both the experiances which gained from creating other products and design boundaries that handed with new application in an attempt to implement the products have door with glass. During implementation of new applications, unpredictable problems are able to faced view of the fact that design boundaries. Engineering approach is needed to provide production conditions without any problems and solve these unpredictable problems.

Glass implemented doors are stopped when opened and reached to 140° in order to prevent to hit to other things or itself. Some deformations are observed at over of door end plastic (bottom side) of door when continue to push the door after complete the stopping process and new project is started to investigate this problem.

Parts that is able to have an impact on problem are investigated and explained at the begining of the study. Performing of overstretch test that based on IEC 60335 Safety of household and similar electrical appliances – Part - 2-24: Particular requirements for refrigerating appliances, ice-cream appliances and ice-makers regulations is decided in order to prove to problem is continuos not single case. Overload tests that based on IEC 60335-2-24 regulations, 22.102 section are preformed for preparing the appliances to overstretch test. Thereafter, overstretch tests are performed and all parts are invesgated one by one.

Finite element analyses that is taken as a referance of overstretch test are planned to applied to door assembly and complete the verify operation for both test and simulation results. In accordance with this purpose, material informations and material technical datas are investigated and defined just after that by applying finite element analyses deformations at door end plastic and reinforcement plate part are is investigated.

Fundamental problem is defined by comparing overstretch test results and simulation results.

Other finding design solutions that related with problem within the structure of the company are examined. During investigate of other design solutions, solutions of the

doors which have more heavier examined and invention researchs are made in order to investigate the design solutions of rival companies. During invention research, it was focused the stress distribution and balance that occurred the door opening and hinge connection with door structure apart from hinge design.

Before define the solution proposals, Some literature research about design rules of sheet metal and plastic parts was made in order to prevent to occur other unpredictable problems and find solutions right first time. Especially, the points to consider about plastic part design and sheet metal forming rules were focused during literature research because door end plastic part and reinforcement plate had been observed deformations.

Design boundaries of door assembly and related parts are defined and specified on the purpose of finding solutions before collecting proposal. First, design proposals of reinforcement plate are collected and estimated cost analysis of each proposal are made by taking into consideration of design boundaries. Second, design proposals of door end plastic parts are specified and estimated mould modification cost analyses of each proposal are made.

The areas that observed some deformations above door end plastic part are divided to 5 pieces and each pieces are named so that become comparatible for design proposals.

First, proposals that were given for reinforcement plate are analysed and strain values that was taken as references over the door end plastic part are defined and improvements of the areas that occurred before over door end plastic are specied as percentage values and compared for 5 different pieces. Second, strain values are obtained for 5 defined pieces by analysing the proposals which given for door end plastic parts and percentage improvement values of these strain values are compared.

The proposal that observed highest improvement was idea that changing the raw material to material which has higher yield strenght and increasing the material thickness to 1 mm in consequence of comparison chart. For door end plastic part design proposals, the idea that cancellation of step of area which has observed maksimum deformations and addition of ribs to weak areas was the proposal that have an highes impact on solving problem.

Finite element analyses of the proposal which combined with ideas for door end plastic part ana reinforcement plate that obtained optimum solutions are made. During finite element analyses of combined proposal, analyses are completed by keep the boundary conditions and touching points that used for specifying problem. Only CAD data and material definition of parts are changed. By this way, failure rate at between problem and solution applications is decreased to minimum level. Higher improvements at the areas which observed deformations are confirmed as a result of finite element analysis.

Mechanical tests are performed for two design proposal of reinforcement plate part after completed the sampling processes. Improvements that gained by design proposal are revealed and result of finite element analyses are verified in consequence of overstretch tests that based on IEC 60335-2-24 regulations.

Results of overstretch tests and finite element analyses during definition of fundamental problem at second chapter of thesis was showed that door reinforcement plate part was deformed and not support to door end plastic due to occurrence of stress. By this way, the absolute amount of occurred moment is beared by door end

plastic part. In this context, it is showed that material usage which has higher yield strenght and increased thickness to 1 mm is able to increased to resistance against flow.

Areas which have no adaquate strength of door end plastic part was revealed at working conditions of parts within initial tests and analyses of thesis. By using this data, it is showed that deformations over the door end plastic part are able to annihilated by doing some design changing and modifications in order to strengthen the areas which have no adaquate strength.

Within thesis, it is proved that structural strengthening workings of door end plastic and reinforcement plate part are able to implemented not only door with glass of models but also other models and further project.





1. GİRİŞ

Günümüzde kullanılan solo soğutucu ürünlerde fonksiyonel yeterliliğin ve enerji verimliliğin dışında görsel açıdan da ürünlerin yüksek seviyelere çıkması beklenir hale gelmiştir. Sadece soğutucu ürünün iç kısmında değil dışından da şıklık ve kalite olgusu aranan önemli özelliklerden biri olmuştur. Firmalar da pazardan gelen bu beklentileri karşılamak adına solo soğutucu ürünlerin kapılarının dış kısımlarına farklı renklerde cam uygulaması yaparak hatta ürünün kontrol ünitesini bu cam kapıların yüzeyine uygulayarak kullanıcılara hem estetik açıdan güzel hem de fonksiyonellik açısından daha kullanışlı ürünler sunmuştur. Şekil 1.1'de bu uygulamanın örneklerinden bir ürün gösterilmiştir.

Firmalar, cam kapılı ürünler ortaya çıkarırken diğer ürünlerde elde ettiği tasarım tecrübesinin dışında yeni uygulamanın getirdiği bazı kısıtlamaları da göz önünde bulundurarak tasarımlar yapmak durumdadır. Bu tasarım kısıtlarından bazıları aşağıda belirtilmektedir.

- Cam kapı uygulamasından dolayı kapı kolunu iptal edip kapı içine entegre edilmiş kapı kolu çözümü getirilmiştir. Aynı zamanda bu çözüm market talebi olarak da görülebilir. Şekil 1.1' de örnek gösterilmiştir.
- Kapı üzerine uygulanan cam kapını ağırlığını çok fazla artırmıştır. Ağırlık artışına bağlı olarak daha fazla yük kapasiteli menteşeler tasarlamak ihtiyacı oluşmuştur.
- Kapı üzerindeki cam darbe kaynaklı kırılma olasılığı olduğu için kapı açıldığında ürünün yanında bulunan mobilya gibi diğer eşyalara çarpmasını engellemek amacıyla kapı açılıp belli bir açığa geldiğinde kapıyı durdurma çözümleri geliştirilmiştir.

Belirtilen tasarım kısıtları göz önünde bulundurularak yapılan tasarımların uygulanması sırasında öngörülemeyen başka problemler ile karşılaşılabilir. Bu problemlerin ortadan kaldırılıp sorunsuz üretim şartlarını sağlayabilmek için mühendislik yaklaşımlarına ihtiyaç duyulmaktadır.



Şekil 1.1 : Menteşe üzerindeki detay gösterimi.

Tez kapsamında cam uygulaması yapılmış solo soğutucu ürünlerin kapı açılıp ve kapı açıklığı 140° ' ye ulaştığında kapı başka ürünlere ya da kendi gövdesine çarpmaması için durdurulur. Durdurma işlemi sağlanıp kapı açma yönünde zorlamaya devam edildiğinde kapının alt kısmında kapama plastiği üzerinde orta menteşeye yakın bölgelerinde deformasyonlar gözlemlenmiştir ve bu konuyla ilgili proje başlatılmıştır.

Bir yapısal özelliğin ürün üzerine uygulaması sırasında bir problem ile karşılaşıp bir proje başlatıldığında ilk olarak proje için bir ekip, proje lideri, sponsor belirlenir ve çalışma başlatılır. İkinci aşamada ise temel problemi belirlemek için çalışmalar başlatılır. Bu çalışmalar sırasında problemle ilgili bilgiler toplanır, veriler analiz edilir ve temel problem belirlenir. Bu aşamada projenin zaman planı da oluşturulur. Tez kapsamında çalışmalarda temel problem belirlenirken önce probleme etki edecek

parçalarla ilgili bilgiler toplanıp test ve analiz çalışmalarıyla temel problem tanımlanmıştır.

Eğer problemin gözlemlendiği ürün seri şartlarda üretim yapılan bir ürün ise acil önlemler belirlenip uygulamaya alınmalıdır. Acil önlem olarak belirtilen önlemler, geçici problem için kalıcı çözüm bulunup uygulamaya geçilinceye kadar problemin yeniden gözlemlenmesini engellemek amacıyla alınan önlemlerdir. Tez kapsamında incelenen problem seri şartlarında değil yeni ürünün test aşamaları sırasında gözlemlendiği için acil önlemlerin alınmasına gerek duyulmamıştır.

Projenin sonraki aşamasında kök – neden analizi yapılarak risk değerlendirmeleri yapılmalıdır [1]. Tez kapsamında problemin kök nedeni belirlenip sonlu elemanlar analizi ve laboratuvar testleri ile doğrulanmıştır.

Projede kök – neden belirlendikten sonra düzeltici önlemleri bulmak ve tanımlamak adına çalışmalar yapıp optimum düzeltici önlem belirlenmelidir [1]. Tez sırasında düzeltici önlemler için çalışmalar yapılmadan önce literatür, patent ve benzer çözüm araştırmaları yapıp öneriler belirlenmeden önce bilgiler toplanmıştır. Sonrasında tasarım önerileri belirlenip her bir öneri için çalışmalar yapıp tasarım matrisi oluşturulmuştur.

Proje sırasında düzeltici önlemler belirlenip etkinliği doğrulandıktan sonra uygulama aşamasına geçilir [1]. Tez sırasında tasarım önerileri arasında optimum çözümler belirlendikten sonra sonlu elemanlar analizi ve numune – test uygulamasıyla önerilerin etkinliğini doğrulanmıştır.

Proje çalışmalarında düzeltici önlemler uygulanırken sistemdeki ya da diğer ürünlerdeki zayıflıklar da göz önüne alınıp uygulanan çözümün o ürünlerde de uygulanabilirliği araştırılır [1]. Tez sırasında optimum çözüm önerisi doğrulandıktan sonra sonuç ve öneriler kısmında elde edilmiş derslerin diğer ürünlerin tasarımı sırasında uygulanabilirliği belirtilmiştir.



2. PROBLEMİN TANIMLANMASI VE TEST ŞARTLARI

2.1 Probleme Etki Eden Bileşenlerin Tanımlanması

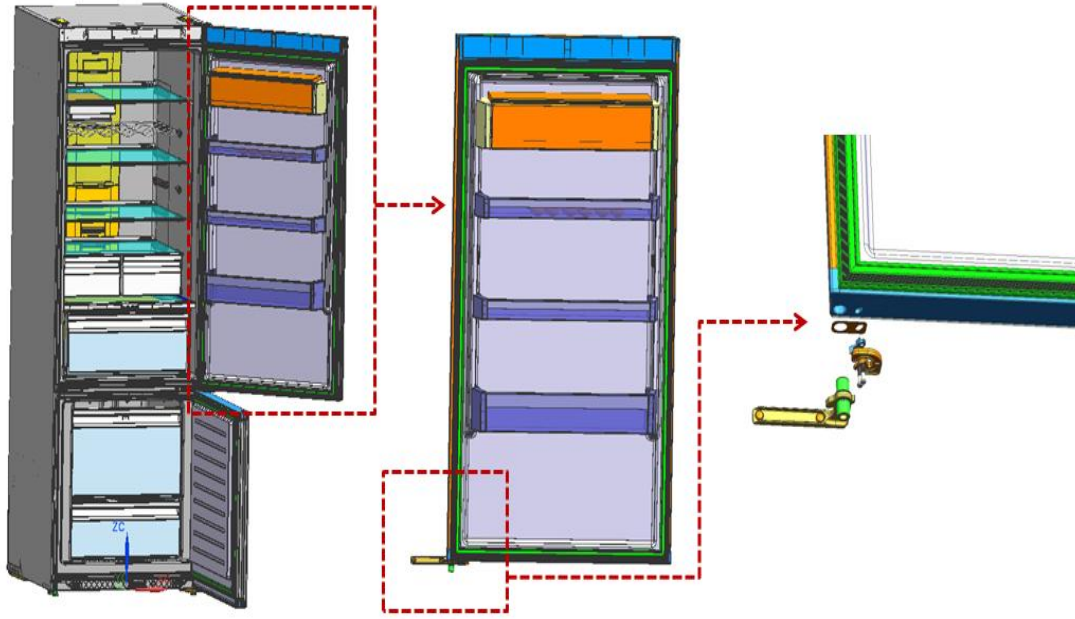
Solo soğutucu ürünlerde kapı açıldıktan sonra açma yönünde kapı itildiğinde ya da kapı son noktaya ulaştıktan sonra açma yönünde zorlandığında kapı alt kapama plastik parçasında deformasyonlar gözlemlenmiştir. Bu problem, ürünler için hem saha koşullarında test edildiğinde hem de laboratuvar ortamında testler yapılarak ilgili parçada deformasyonlar tespit edilip konunun çözülmesi için proje başlatılmıştır.

Problem, cam kapılı ve kapı kolu kapı içine entegre edilmiş ürünlerde hem soğutucu kısmının alt tarafında bulunan kapama plastik parçasında hem de dondurucu kısmında alt kapama plastik parçası olarak kullanılan parçada tespit edilmiştir. Bu parçalar ortak olarak kullanılmaktadır.

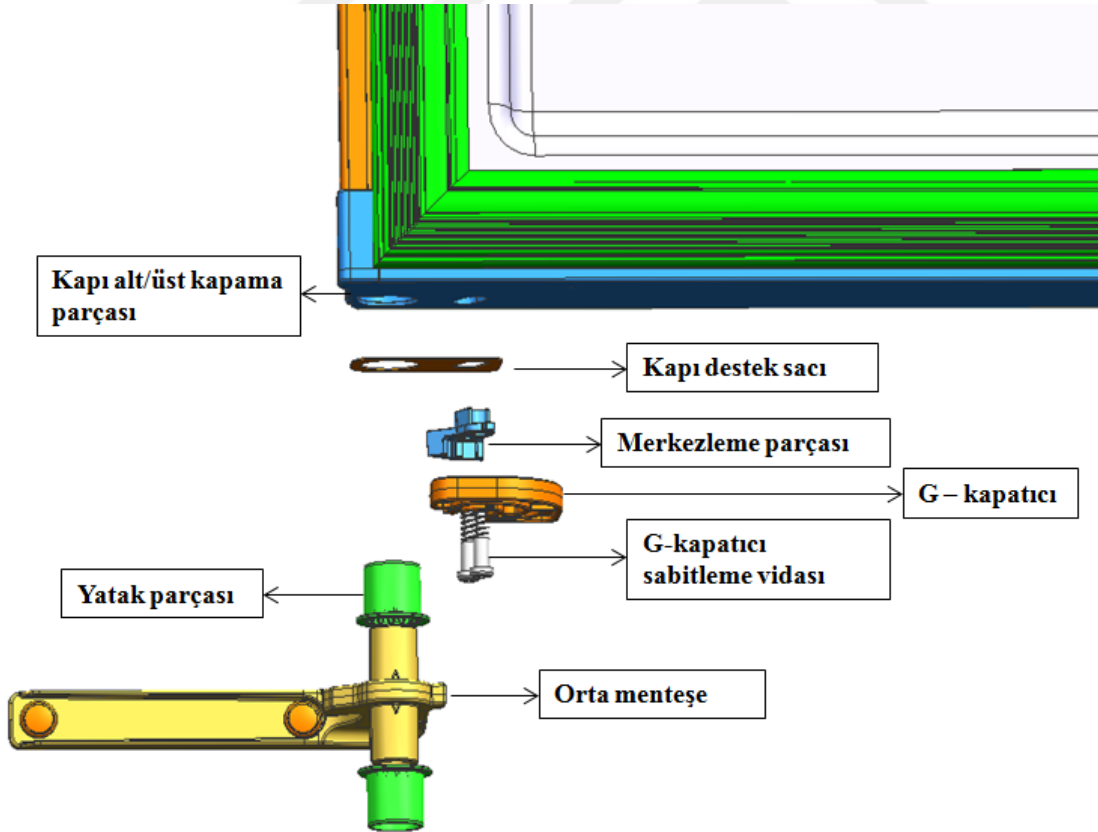
Şekil 2.1 'de problemin gözlemlendiği kısmın ürün üzerindeki konumu görülebilir. İlave olarak Şekil 2.2 'de belirtilen kapı alt kapama plastik parçasında kırılma görülmüştür gözlemlenen kırılma resmi de Şekil 2.3 'de belirtilmektedir.

Parçanın kırılan kısmı kapının yan tarafından da görülebildiği için müşteri tarafından görülebilir durumdadır. Probleme etki edebilecek diğer parçalar Şekil 2.2 'de belirtilmektedir. Bu parçalar, kapı alt kapama destek sacı, merkezleme parçası, G – kapatici, orta menteşe ve menteşe yatak parçası olarak isimlendirilmiştir.

Ürün üzerinde kapı açılıp bırakıldığında kapı 140⁰ 'ye kadar açılır ve Şekil 2.4 'te görüldüğü gibi merkezleme parçasının orta menteşe parçasına teması ile durdurulur. Bu durdurma mekanizması hem cam kapının herhangi bir yere çarparak hasar almasını engellemek hem de kullanıcının cihazı ergonomik olarak kullanmasını sağlamaktadır. Bu durdurma işlemi sırasında olası menteşenin eksenden kayması ve menteşe yataklarının kapı alt kapama parçasına temasını engellemek ya da ön yükü kaldırmak adına kapı alt kapama destek sacı kullanılmaktadır.



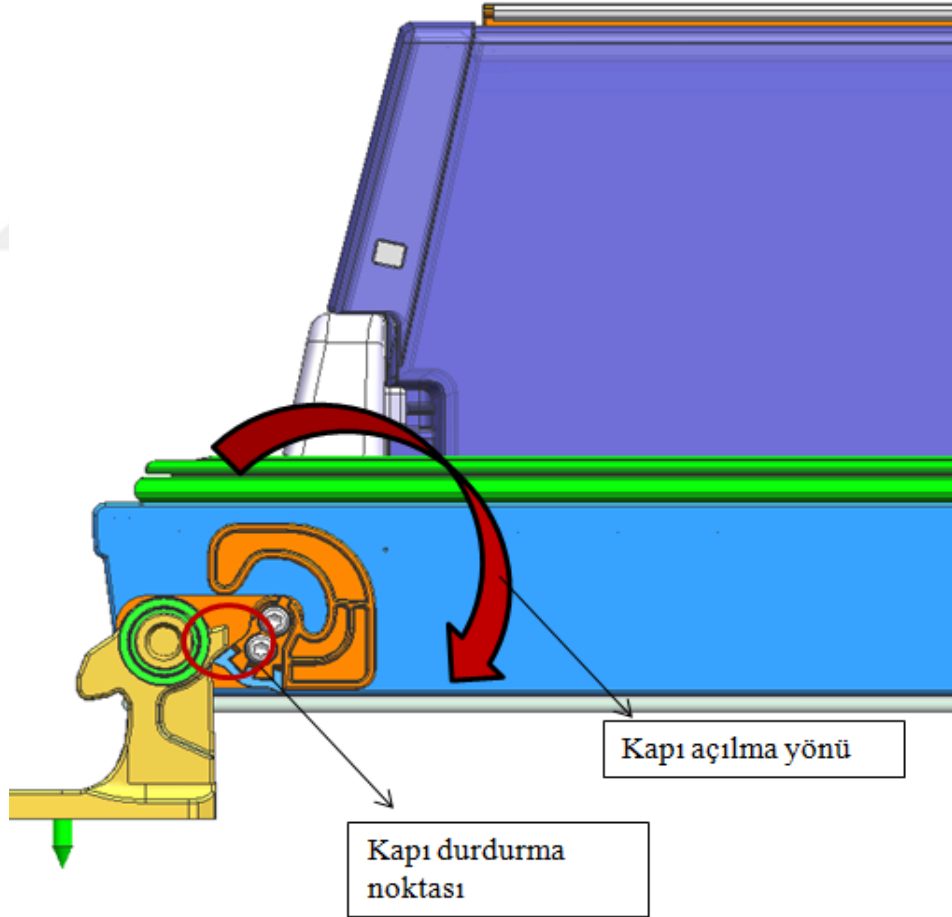
Şekil 2.1 : Problemlı parçaların ürün üzerindeki konumu.



Şekil 2.2 : Probleme etki edebilecek parçalar.



Şekil 2.3 : Kapı alt kapama plastik parçasında gözlemlenen hasar.

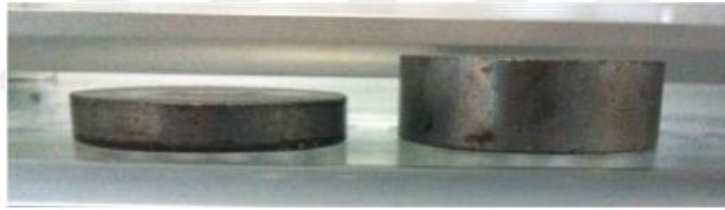


Şekil 2.4 : Kapı durdurma mekanizması.

2.2 Test Şartlarının Belirtilmesi ve Testin Uygulanması

Soğutucu tasarımları sırasında uygulanan mekanik testlerden biri de IEC 60335-2-24 yönetmeliği 22.112 bölümü referans alınarak oluşturulan aşırı germe testidir. Bu tarz problem bulguları tespit edildiğinde laboratuvar ortamında aşırı germe testi yapılarak ürünler üzerinde gözlemler yapılır.

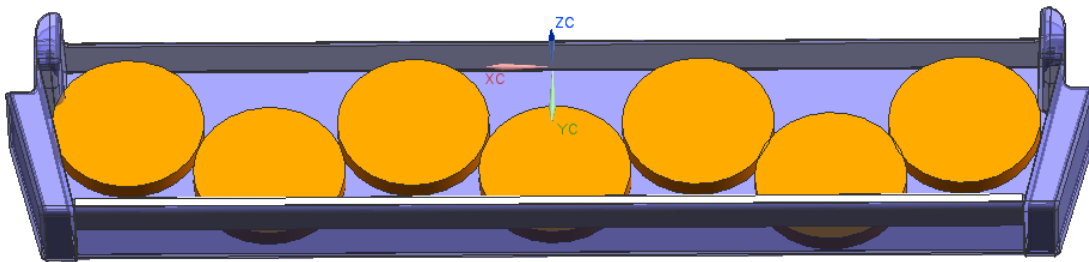
Aşırı germe test şartnamesine göre ürünlere ilk olarak IEC 60335-2-24 yönetmeliğinde bölüm 22.102' ye ve UL 250 yönetmeliğine dayandırılmış yükleme testi şartlarına göre ağırlık yüklemeleri yapılır [2-3]. Ağırlık yüklenirken de kapı raflarının yüksekliklerine göre iki farklı yük kapı rafı alabildiğince yerleştirilir. Bu yükler, 80 mm çapına sahip silindir şeklindedir ve Şekil 2.5 'de görüldüğü gibi iki farklı ağırlığa sahip (0,5 kg ve 1 kg) yüklerdir. Eğer kapı rafı yüksekliği 150 mm' den küçük veya eşit ise 0,5 kg ağırlığındaki yükler yerleştirilir. Eğer 150 mm' den büyük ise 1 kg ağırlığındaki yükler yerleştirilir. Silindirik yükler yerleştirilirken de Şekil 2.6 'da gösterildiği gibi kapı rafları alabildiğince yüklenir ve kapı raflarına yayılı yük olarak gelmesi sağlanır.



0,5 kg

1,0 kg

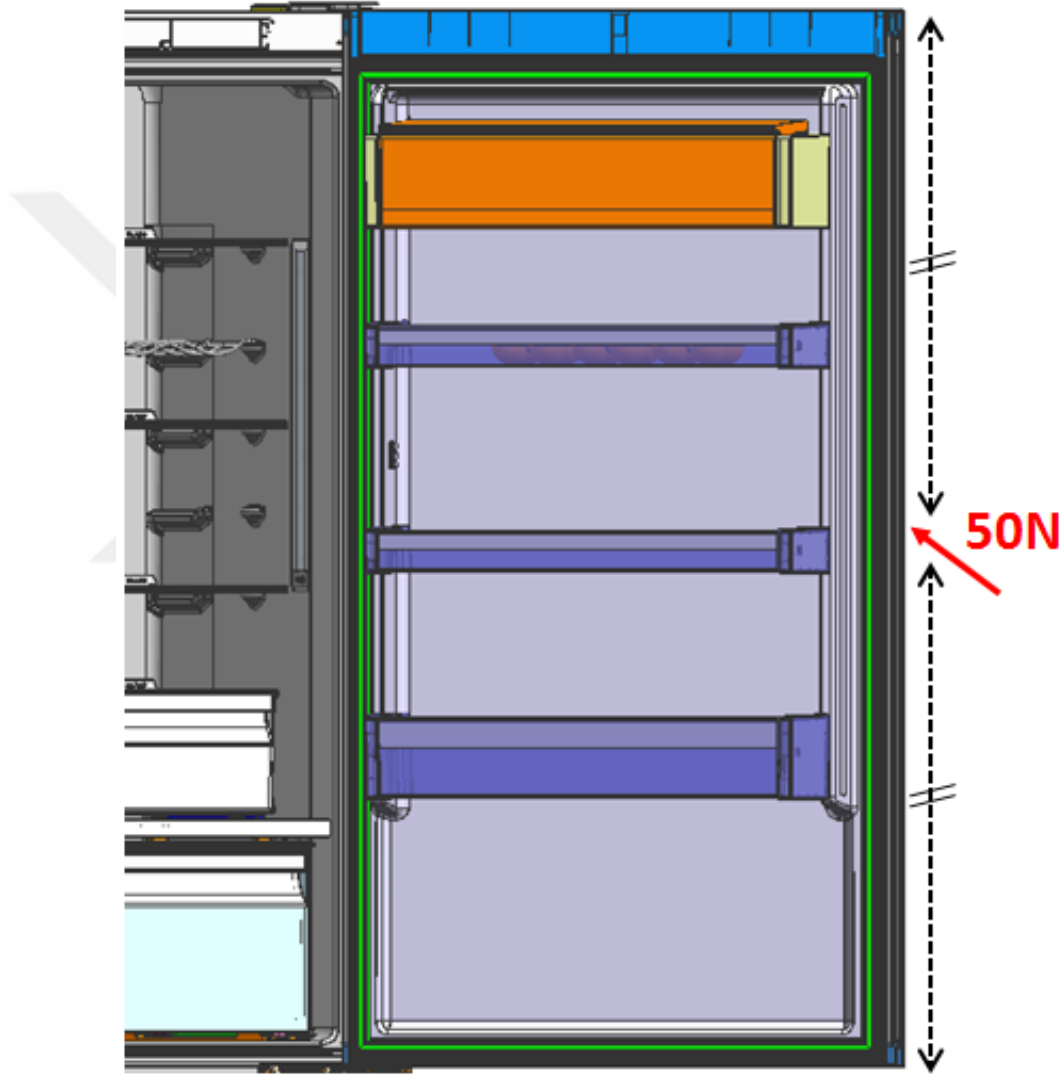
Şekil 2.5 : Kapı rafına yüklenen silindirik yükler.



Şekil 2.6 : Yükleme yapılmış kapı rafı.

Aşırı germe testinde, yüklenmiş kapılar tam açılma pozisyonuna yani yaklaşık 140° ye kadar açılır bu değer merkezleme parçasının orta menteşe temas edip kapının durduğu pozisyonudur Şekil 2.4’ de gösterilmiştir.

Son olarak, tam açık pozisyonundaki kapıya tutamak tarafının ortasından kapı açma yönünde 50 N ‘luk kuvvet ile 10 defa kapı açılma yönünde zorlanır her zorlama 10 saniye uygulanır. Şekil 2.7’ de gösterilmiştir. Test tamamlandıktan sonra kapı üzerindeki deformasyonlar detaylı olarak incelenir.



Şekil 2.7 : Aşırı germe testi kuvvet uygulama noktası.

Problemi detaylı olarak gözlemlemek adına laboratuvar ortamında aşırı germe testi yapılarak kapı parçalarında oluşabilecek deformasyonlar belirlenmiştir. Kapı alt kapama plastik parçasında Şekil 2.8’ de gösterildiği gibi beyazlamalar ve kenar kısmında kırılma olmasa da deformasyonlar gözlemlenmiştir.

Kapı alt kapama destek sacında ise Şekil 2.9' daki gibi eğilme şeklinde deformasyon gözlemlenmiştir.



Şekil 2.8 : Kapı alt kapama parçasındaki deformasyon.



Şekil 2.9 : Kapı alt destek sacındaki deformasyon.

2.3 Simülasyon Çalışmasının Uygulanması

Saha koşullarında ve laboratuvar ortamında parçalarda gözlemlenen problemin yine aşırı germe testinin şartları simüle edilerek analiz çalışması yapılmıştır. Analiz sırasında aşağıdaki yaklaşımlar uygulanmıştır.

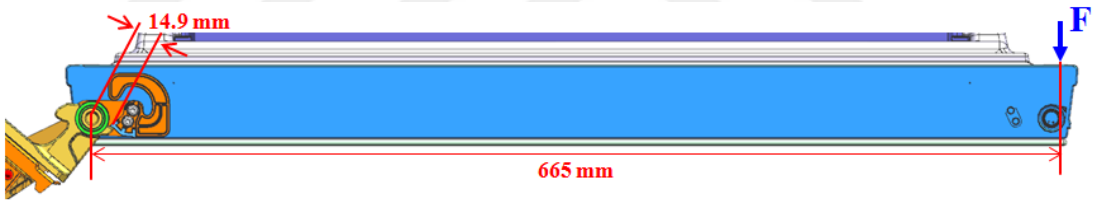
- Orta menteşe modeli esnek olarak kabul edilmemiştir.
- Merkezleme parçası (stoper) rijit olarak modellenmiştir.

- Kapı genel olarak 1/3 yüksekliğinde modellenmiştir. Bunun sebebi de menteşeden uzaklaştıkça oluşan gerilmeler gözlemlenen problemle ilişkili olmadığı için gerek duyulmamıştır.

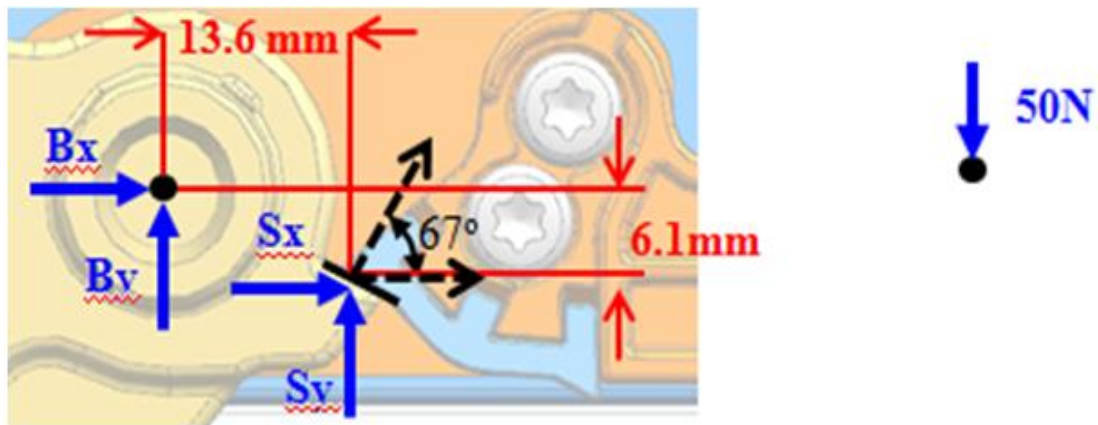
Yukarıda belirtilen varsayımlar uzama enerjisinin büyük kısmı yatak ve merkezleme (stoper) parçasının etrafında toplanacağı bilgisine dayandırılarak yapılmıştır.

Analiz aşamasında fikir vermesi açısından yatak ve merkezleme (stoper) parçalarının etrafında oluşacak reaksiyon kuvvetlerinin hesabını (2.1), (2.2), (2.3) ve (2.4) moment - denge denklemi ile yapılabilir. Bu kuvvetler aynı zamanda kapı alt kapama parçalarına taşınan etki kuvvetlerini göstermektedir.

Oluşturulacak moment denkleminde kullanılmak üzere Şekil 2.10’ da belirtilen mesafeden aşırı germe testinde belirtilen 50 N değerindeki kuvvet baz alınarak hesaplama yapılmıştır. Şekil 2.11’ de ise kapının durdurulma sırasında merkezleme (stoper) parçasının temas ettiği noktanın yatak parçasının merkezine olan mesafesi ve durdurulma noktasında oluşacak kuvvetlerin yönleri belirtilmiştir.



Şekil 2.10 : Aşırı germe testinde uygulanan kuvvetin mesafesi.



Şekil 2.11 : Kapı üzerindeki durdurulma noktasının yatak merkezine mesafesi.

Şekil 2.10 ‘da ve Şekil 2.11’ de gösterilen mesafeler göz önünde bulundurularak aşağıda (2.1),(2.2),(2.3) ve (2.4) ile belirtilen moment denklemleri oluşturulmuştur.

$$-50 \times 665 + S_y \times 13,6 + S_x \times 6,1 = 0 \quad (2.1)$$

$$S_x + B_x = 0 \quad (2.2)$$

$$S_y + B_y - 50 = 0 \quad (2.3)$$

$$S_x = S_y / \tan(67^0) \quad (2.4)$$

Moment denklemleri çözüldüğünde aşağıdaki değerler elde edilmiştir.

$$S_x = 872 \text{ N} \quad (2.5)$$

$$S_y = 2054 \text{ N} \quad (2.6)$$

$$B_x = 872 \text{ N} \quad (2.7)$$

$$B_y = 2004 \text{ N} \quad (2.8)$$

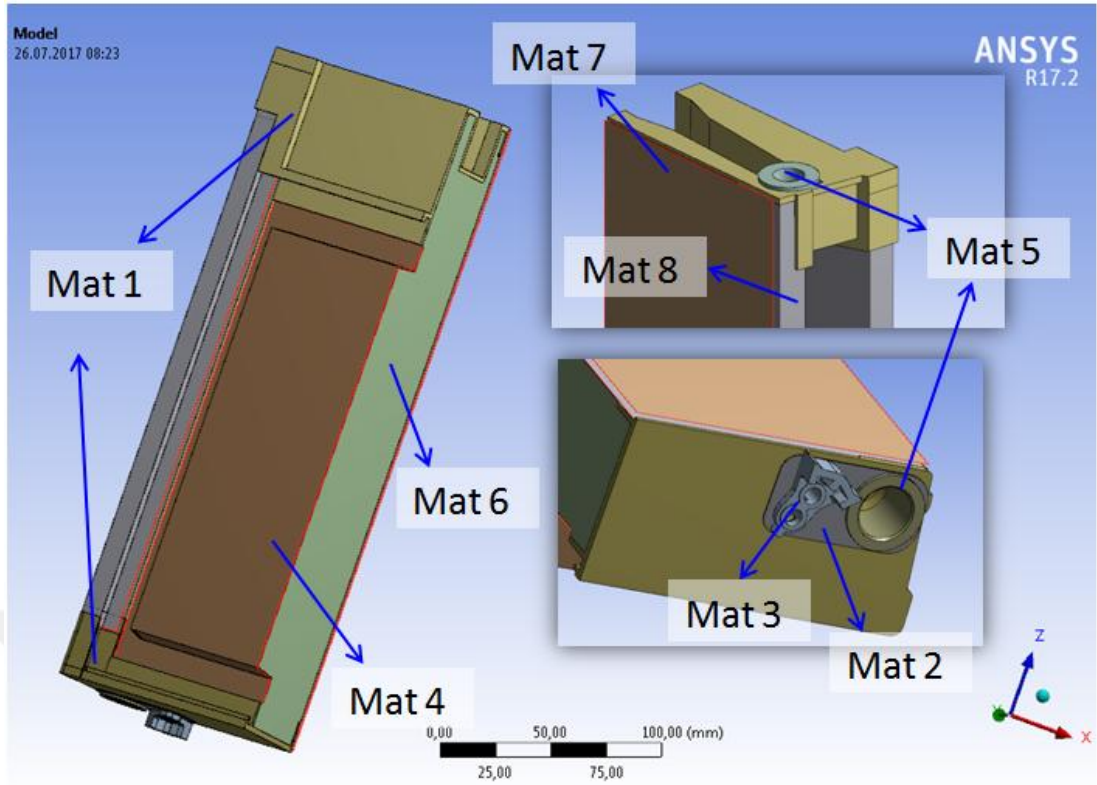
$$S = 2231 \text{ N} \quad (2.9)$$

$$B = 2186 \text{ N} \quad (2.10)$$

(2.10) 'da belirtilen kuvvet değeri yatak parçalarından, (2.9) 'da belirtilen kuvvet değeri merkezleme (stoper) parçalarından kapı alt plastik parçasına aktarılmaktadır. Fakat bu değerler sadece fikir vermesi açısından hesaplanmıştır. Sonlu elemanlar analizi sonucunda alınacak değerlerle farklılık gösterebilir.

Sonlu elemanlar analizinin sonuçlarını doğru okunabilmesi için kapı üzerinde probleme etki edebilecek malzemelerin akma değerleri gibi malzeme özellikleri ve malzeme gerilme-uzama grafiklerine ihtiyaç duyulmaktadır. Anlaşılabilmesi açısından Şekil 2.12 'de parçalara numaralar verilmiştir ve her biri için ayrı ayrı malzeme teknik özellikleri sıralanmıştır bu çizelgelerde her bir malzemeye ait Elastisite modülü, poisson oranı, 23 C^0 'de akma gerilmesi, akma uzama yüzdesi ve kopma uzama yüzdeleri verilmiştir bu veriler her bir malzemenin teknik bilgi kağıtlarından (data sheet) elde edilmiştir.

Firma bünyesinde daha önce yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen ve sisteminde depolanmış malzemelere ait gerilme – uzama grafikleri temin edilmiştir ve analizler sırasında bu veriler kullanılmıştır.



Şekil 2.12 : Kullanılan malzemelere verilen numaralar.

Probleme etki edebilecek parçalarda kullanılan hammaddeler Çizelge 2.1 ‘de sıralanmıştır.

Çizelge 2.1 : Kullanılan parçaların malzeme bilgileri.

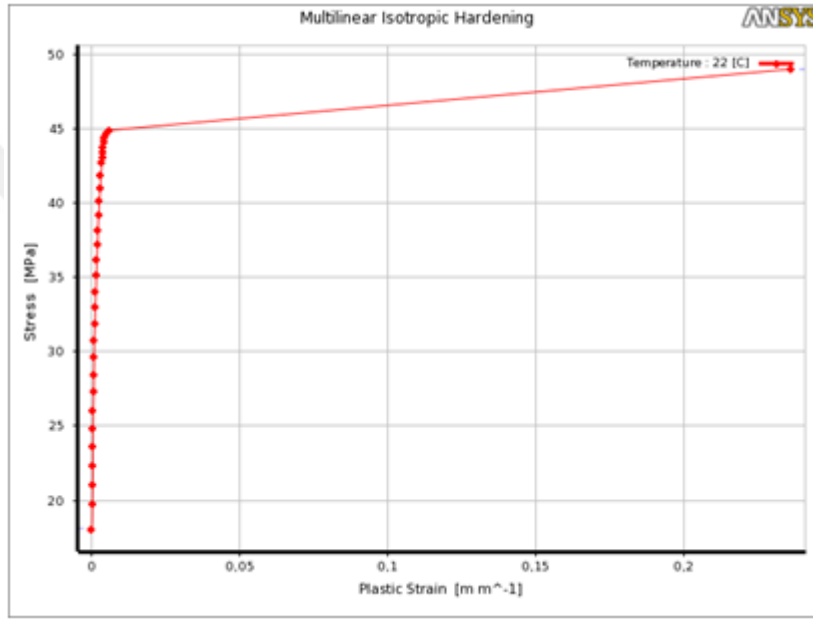
Malzeme No	Parça Adı	Malzeme Bilgisi
Mat 1	Kapı alt kapama plastiği	ABS
Mat 2	Kapı destek sacı	AISI 304
Mat 3	Merkezleme parçası	Zamak 5
Mat 4	Innerliner (kapı iç plastik)	HIPS – Styrolution 454N
Mat 5	Yataklama (bearing)	POM Ultraform 2320
Mat 6	Poli-üretan	PUR Foam
Mat 7	Glass	Safety Glass
Mat 8	Dış sac	Structural Steel

Deformasyonun görüldüğü kapı alt kapama plastik parçasında ABS – Elix P2HAT hammaddesi kullanılmıştır [4]. Bu hammaddenin teknik özellikleri Çizelge 2.2 ‘de belirtilmiştir.

Kapı alt kapama plastik parçası için gerilme – uzama grafiği Şekil 2.13’ de verilmiştir.

Çizelge 2.2 : Kapı alt kapama parçası malzeme teknik özellikleri.

Teknik Veri	Değer	Birim
Elastisite modülü(E)	2535	MPa
Poission oranı (ν)	0,4	-
Akma gerilmesi(23C°)	44	MPa
Akma uzaması(23C°)	2,1	%
Kopma uzaması(23C°)	>15	%



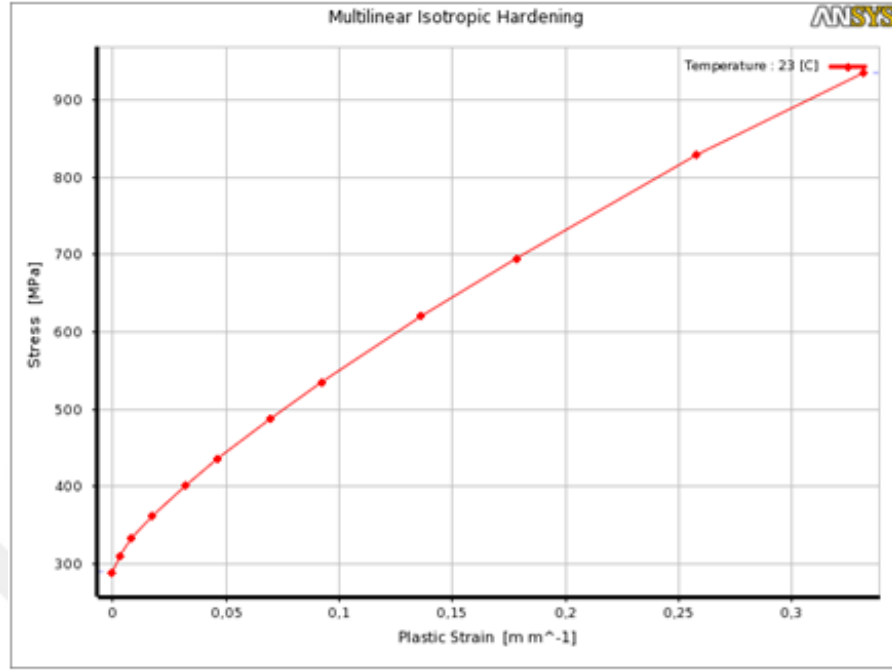
Şekil 2.13 : Kapı alt kapama plastik malzeme gerilme – uzama grafiği.

Aşırı germe testinde deformasyon gözlemlenen kapı alt kapama destek sacı parçasının malzeme özellikleri Çizelge 2.3’ de sıralanmıştır [5].

Çizelge 2.3 : Kapı alt destek sacı malzeme teknik özellikleri.

Teknik Veri	Değer	Birim
Elastisite modülü(E)	193000	MPa
Poission oranı (ν)	0,4	-
Akma gerilmesi(23C°)	27	MPa
Akma uzaması(23C°)	1,4	%
Kopma uzaması(23C°)	25	%

Kapı alt kapama destek sacı parçası için gerilme – uzama grafiği Şekil 2.14’ de verilmiştir.



Şekil 2.14 : Kapı alt kapama destek sacı malzeme gerilme – uzama grafiği.

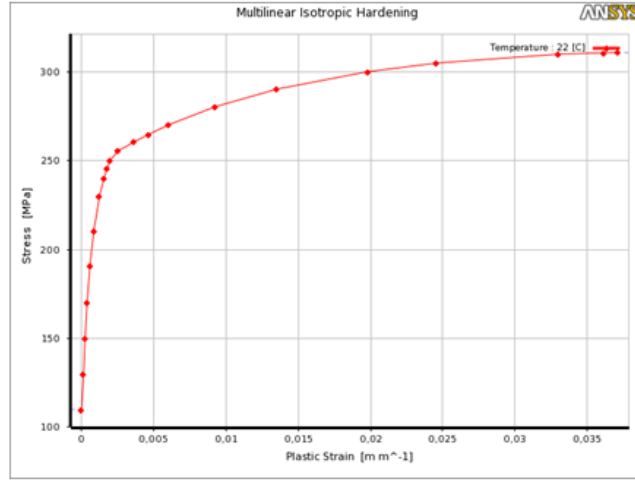
Probleme etki edebilecek parçalardan biri olan merkezleme parçası (stoper) parçasının malzeme teknik özellikleri Çizelge 2.4’ de verilmiştir.

Çizelge 2.4 : Merkezleme parçası malzeme teknik özellikleri.

Teknik Veri	Değer	Birim
Elastisite modülü(E)	88900	MPa
Poission oranı (ν)	0,34	-
Akma gerilmesi(23C°)	221	MPa
Akma uzaması(23C°)	-	%
Kopma uzaması(23C°)	3,5	%

Merkezleme parçasında kullanılan hammaddesi Zamak 5 ‘tir ve gerilme – uzama grafiği Şekil 2.15’ de verilmiştir.

Kapı iç plastik parçası (innerliner) için malzeme teknik özellikleri Çizelge 2.5’ de belirtilmiştir [6].

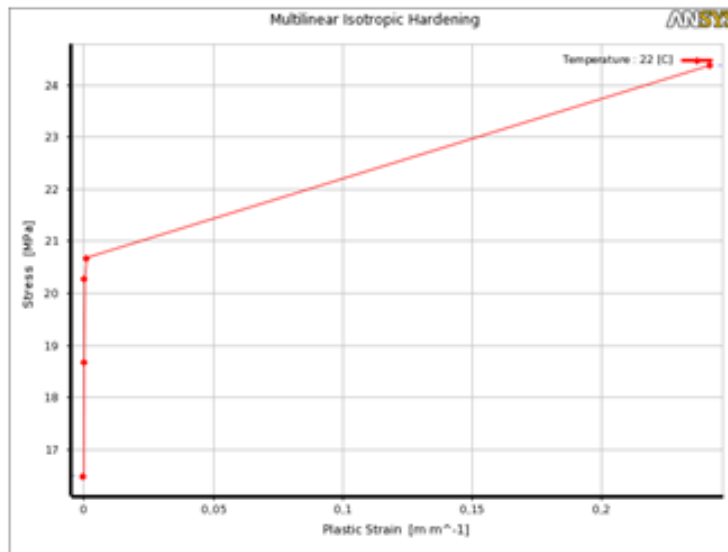


Şekil 2.15 : Merkezleme parçası (stoper) malzeme gerilme – uzama grafiği.

Çizelge 2.5 : Kapı iç plastik (innerliner) malzeme özellikleri.

Teknik Veri	Değer	Birim
Elastisite modülü(E)	2350	MPa
Poission oranı (ν)	0,4	-
Akma gerilmesi(23C°)	27	MPa
Akma uzaması(23C°)	1,4	%
Kopma uzaması(23C°)	25	%

HIPS – Styrolution 454N hammaddesinin kullanıldığı innerliner (kapı iç plastik) parçasının gerilme – uzama grafiği Şekil 2.16 ‘da verilmiştir.



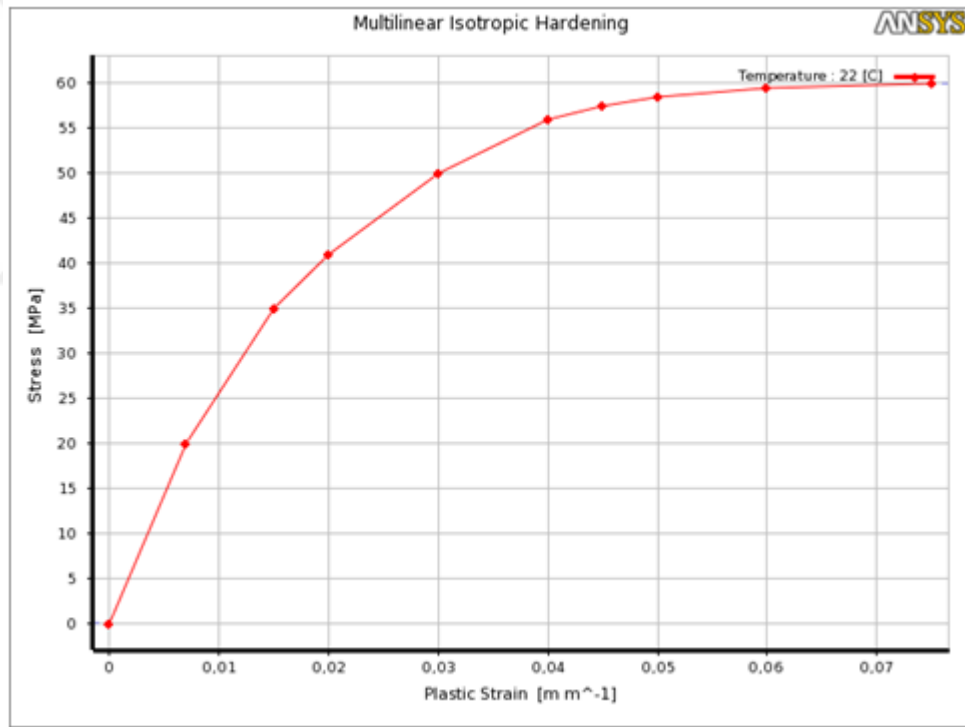
Şekil 2.16 : Kapı iç plastik malzeme gerilme – uzama grafiği.

Kapı menteşe yataklama parçası (bearing) için malzeme teknik özellikleri Çizelge 2.6' da belirtilmiştir [7]. Hammadde olarak POM Ultraform 2320 kullanılmaktadır.

Çizelge 2.6 : Yatak (bearing) parçası malzeme özellikleri.

Teknik Veri	Değer	Birim
Elastisite modülü(E)	2700	MPa
Poission oranı (ν)	0,42	-
Akma gerilmesi(23C°)	65	MPa
Akma uzaması(23C°)	9,4	%
Kopma uzaması(23C°)	27	%

Yatak (bearing) parçası için gerilme – uzama grafiği Şekil 2.17' de verilmiştir.



Şekil 2.17 : Yatak (bearing) malzeme gerilme – uzama grafiği.

Probleme büyük etkisi olmasa da analizlerde kullanmak için Poli-üretan, dış dekor cam ve dış kapı sacı malzeme teknik özellikleri Çizelge 2.7 , Çizelge 2.8 ve Çizelge 2.9' da sıralanmıştır. Belirtilen malzemelerin teknik özellikleri firma bünyesinde bulunmasına rağmen tedarikçi firmalarla irtibat kurulup teknik özelliklerin doğruluğu teyit edilmiştir.

Çizelge 2.7 : Poli-üretan malzeme teknik özellikleri.

Teknik Veri	Değer	Birim
Elastisite modülü(E)	4,6	MPa
Poission oranı (ν)	0,18	-

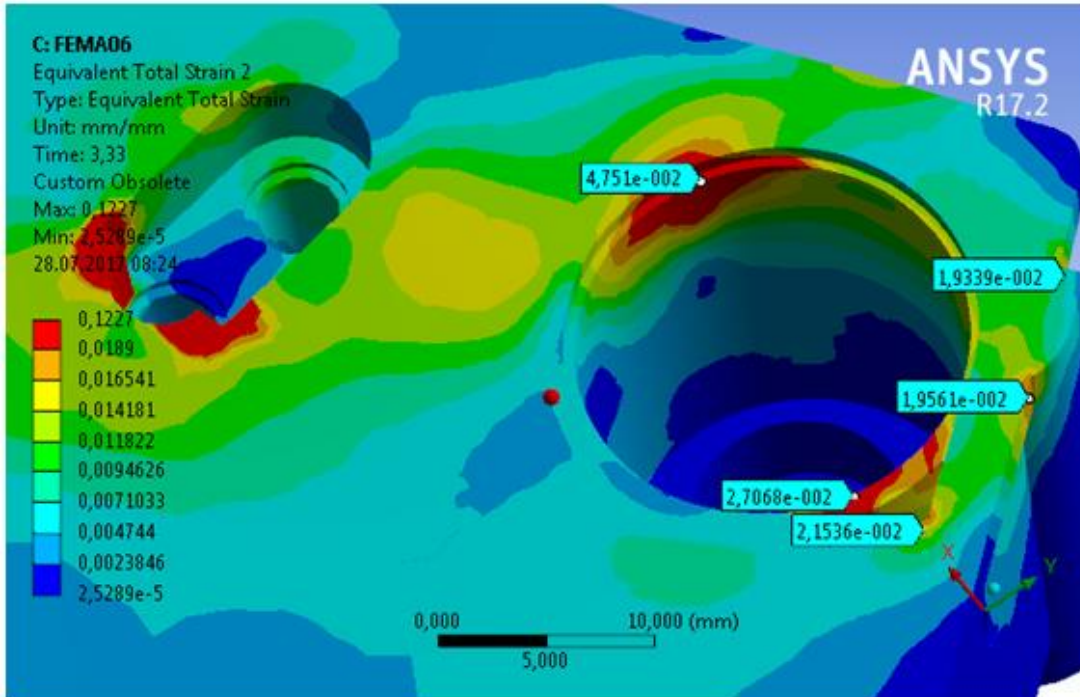
Çizelge 2.8 : Dış dekor cam malzeme teknik özellikleri.

Teknik Veri	Değer	Birim
Elastisite modülü(E)	70000	MPa
Poission oranı (ν)	0,25	-
Kopma gerilmesi (23C°)	120	MPa

Çizelge 2.9 : Kapı dış sacı malzeme teknik özellikleri.

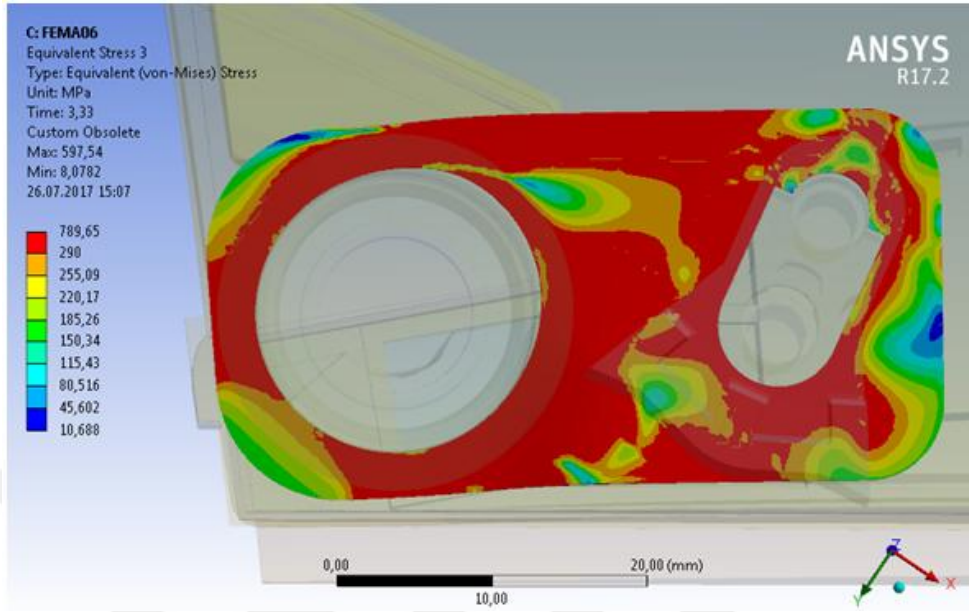
Teknik Veri	Değer	Birim
Elastisite modülü(E)	200000	MPa
Poission oranı (ν)	0,18	-

Malzeme teknik özellikleri ve gerilme- uzama grafikleri de kullanılarak analiz yapıldığında Kapı alt kapama plastik parçası üzerindeki uzama dağılımı Şekil 2.18' de belirtilmiştir. Kapı alt kapama destek sacı üzerindeki gerilme dağılımı ise Şekil 2.19' da gösterilmiştir.



Şekil 2.18 : Kapı alt kapama plastik parçası üzerindeki uzama dağılımı.

Şekil 2.18’ de görülen kırmızı bölgeler malzemede ki akma uzaması değeri nin (%2,1) %90’ ı ve üzerinde bir değeri ni görüldüğü bölgeleri göstermektedir.



Şekil 2.19 : Kapı alt kapama destek sacı üzerindeki gerilme dağılımı.

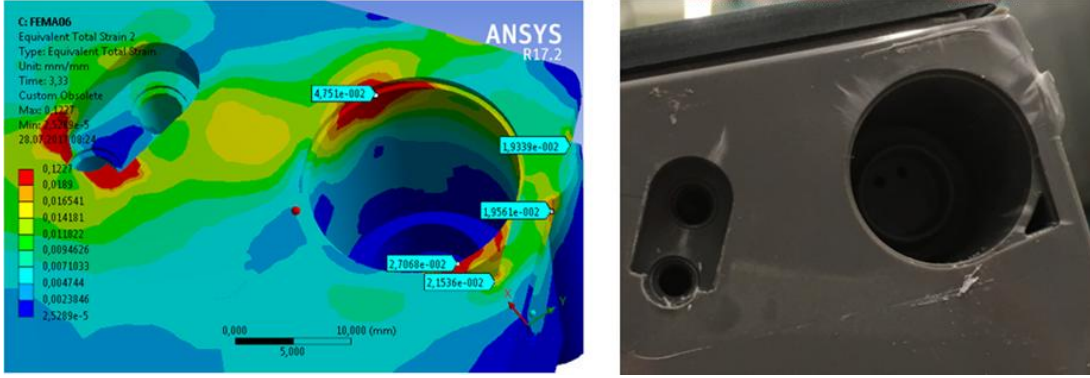
2.4 Test Sonuçları ve Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması

Yapılan aşırı germe testi sonucunda kapıdaki parçalar teker teker sökülüp incelendiğinde kapı alt kapama plastik parçasında deformasyon gözlemlenmişti kapı alt kapama destek parçasında ise yatak parçasının takıldığı delik civarında eğilme şeklinde deformasyon gözlemlenmişti.

Bu gözlemlere paralel olarak yapılan simülasyon çalışmalarında aşırı germe testiyle birebir örtüşen deformasyonların olabileceği teyit edildi.

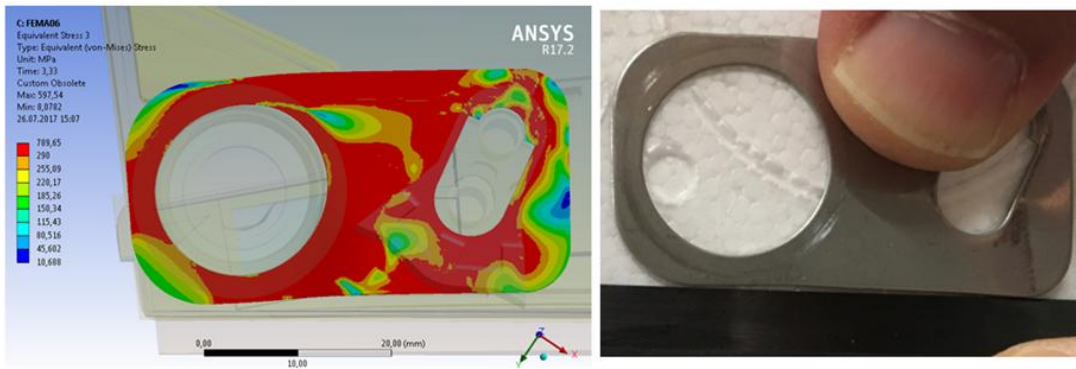
Şekil 2.20’ de aşırı germe testi sonucunda deforme olan kapı alt kapama plastik parçasında yatak (bearing) parçasının geçtiği boşaltma etrafında yüzeye yakın kısımda beyazlamalar gözlemlenmiştir ve boşaltmaya yakın kısımda kapı alt kapama plastik kenarında kırılma oluşmuştur.

Aynı şekilde (Şekil 2.20) simülasyon sonucuna baktığımızda aşırı germe testinde deformasyon gözlemlenen yerlerde akma uzaması değeri nin %90’ ının üzerinde akma (kırmızı bölgeler) olacağı teyit edilmiştir.



Şekil 2.20 : Kapı alt kapama plastik test - simülasyon karşılaştırılması.

Şekil 2.21’ de kapı alt kapama plastik destek sac parçası için aşırı germe testi sonucu ve simülasyon sonucu karşılaştırılmıştır. Aşırı germe testi sonucunda kapı alt kapama destek sac parçasında şekilde (Şekil 2.21) belirtilen yönde deforme etmiştir. Aynı şekilde (Şekil 2.21) simülasyon sonucu incelendiğinde aşırı germe testi sonucuna paralel olarak sac üzerinde yine aşırı germe testinde gözlemlenen yönde deformasyon olabileceği teyit edilmiştir. Deformasyon yönü, aşırı germe testinde kuvvetin uygulandığı yönün tersine doğru olduğu gözlemlenmiştir bunun sebebi de durdurma noktasını moment noktası olarak kabul edersek aşırı germe testinde uygulanan kuvvete ters yönde yatak parçasından saca tepki kuvveti gelecektir bu tepki kuvveti sac üzerindeki deformasyona sebep olacaktır.



Şekil 2.21 : Kapı alt destek sacında aşırı germe testi ve simülasyon karşılaştırılması.

2.5 Problemin Tanımlanması

Cam kapılı ve kapı kolu kapı içine entegre edilmiş solo soğutucu cihazlara aşırı germe testi uygulanıp sonuçları alındığında ve aynı cihaza aynı testin simülasyonu yapıldığında benzer sonuçlar elde edilmiştir. Bu sonuçlar irdelendiğinde kapı durdurma noktasına gelip hareket durduktan sonra aşırı germe testinde tanımlanan kuvvet uygulandığında yatak (bearing) parçasından alt kapı destek parçasına tepki kuvveti oluşmaktadır. Oluşan tepki kuvvetinden dolayı sac parçada plastik deformasyon meydana gelmektedir ve meydana gelen deformasyon sonucunda alt kapı destek sacı parçasının fonksiyon etkisi ortadan kalkmaktadır.

Kapı alt kapama destek sac parçasının deformasyonundan sonra uygulanan kuvvet direkt olarak kapı alt kapama plastik parçasına transfer olmaktadır bu parçanın da yeterli düzeyde uygulanan kuvveti kaldırabilecek tasarım çözümüne ve hammadde yeterliliğine sahip olmadığı için kapı alt kapama plastik parçasında beyazlamalar ve kırılmalar oluşmaktadır. Bu deformasyonlar da gerek aşırı germe test sonuçlarında gerek sahadan müşteri geri dönüşlerinden gerekse simülasyon çalışmaları ile doğrulanmıştır.



3. PATENT – LİTERATÜR ARAŞTIRMALARI VE BENZER ÇÖZÜMLER

Problem tanımı tam olarak yapıldıktan sonra solo cihazlarda problemle ilgili kısımlarda firma bünyesi içinde bulunmuş diğer çözümler incelenmiştir ve rakip firmalardaki çözümleri incelemek adına patent araştırmaları yapılmıştır. Patent araştırmaları sırasında özellikle menteşe tasarımlarından ziyade menteşelerin kapı gövdesiyle bağlantıları ve kapı açılma sırasında oluşacak gerilmenin nasıl yayıldığı ve dengelendiğine odaklanılmıştır. Son olarak da tasarım çalışmaları sırasında faydalanılması için literatür çalışmaları yapılarak plastik parça ve sac parça tasarımları hakkında bilgi toplanmıştır.

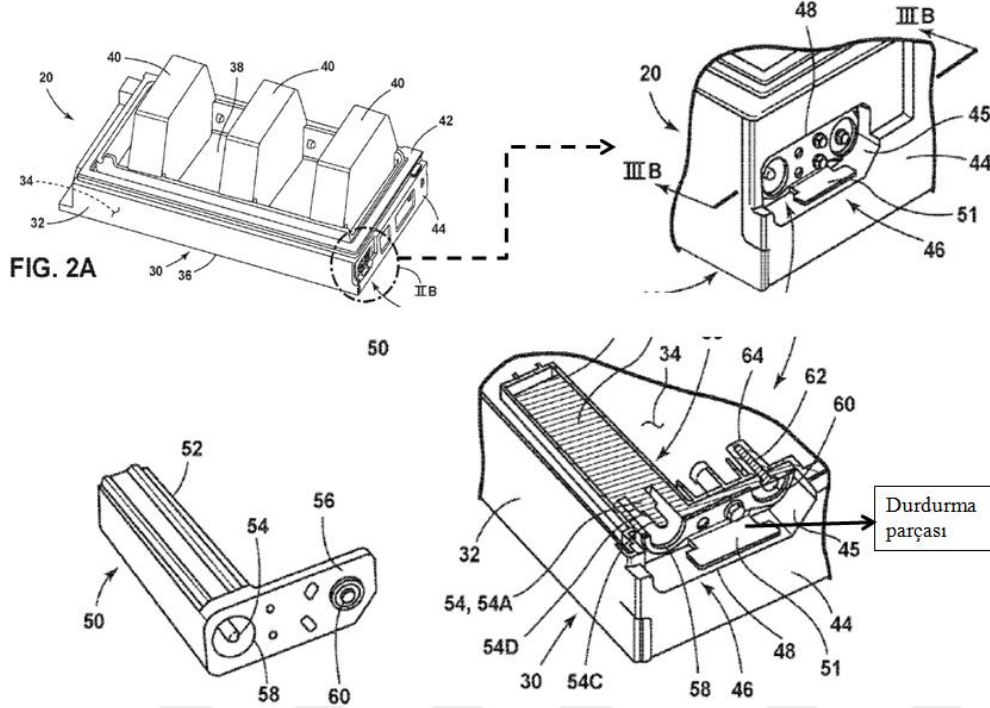
3.1 Patent Araştırmaları

Araştırmalar sırasında Avrupa patent ofisinin internet sitesinden faydalanılmıştır. Sitede araştırma yapılırken soğutucu cihazların kapıları incelenirken F25D koduyla aramalar yapıp kapının diğer çözümlerinden ziyade menteşe kapı bağlantı patentleri incelenmiştir. Konuyla ilgili 3 adet patent bulunmuştur hepsi ayrı ayrı başlıklarda anlatılmıştır.

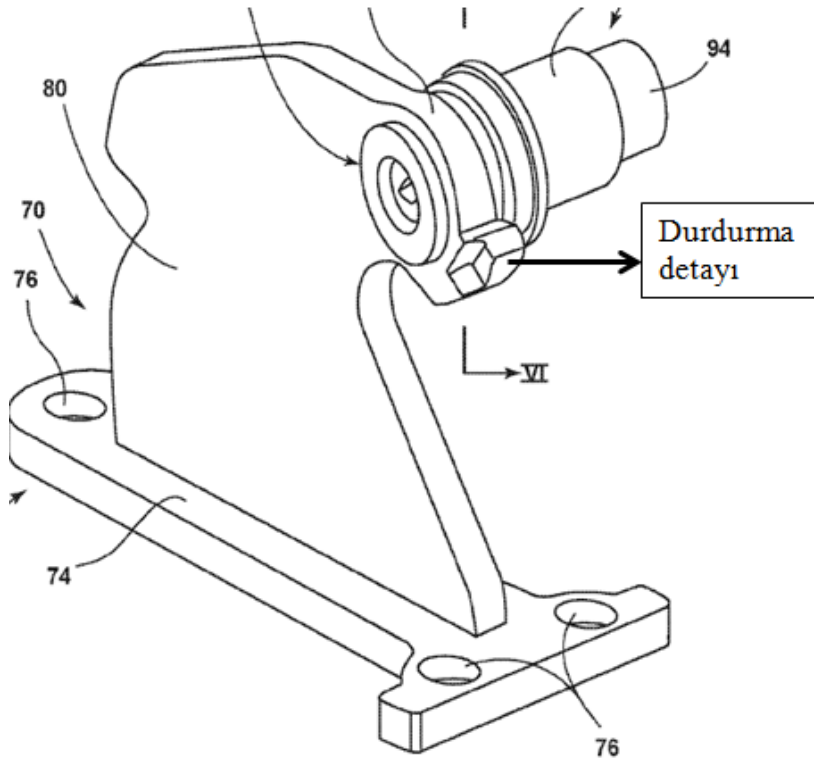
3.1.1 Blok halinde destek parçası montaj edilmiş çözüm

Araştırmalar sonucunda bulunan patentlerden bir tanesi US 2017/0131734 A1 numarası ile Whirlpool Corporation firması tarafından yayınlanan bir patenttir [8]. Bu patentte kapı alt kapama parçasının içine entegre edilmiş blok halinde bir parça kullanılmaktadır. Blok parça kapı alt kapama parçasına 3 adet vidayla sabitlenmiştir ve kapı alt kapama parçasında blok parçaya uygun boşluk bulunmaktadır ve bu parça tamamen gömülmüş vaziyette montaj edilmiştir. Menteşe yataklaması bu blok parçaya yapılmıştır. Aşırı germe durumunda yatak parçasının tepkisi sonrası oluşacak gerilme blok parçaya taşınacaktır. Blok parçanın kapı alt kapama parçalarıyla temas ettiği yüzey alanı da fazla olduğu için plastik deformasyon olmadan oluşan kuvvet karşılanmış olmaktadır. Blok parçanın üst tarafında ve alt kapama parçasının iç yanal yüzeyinde kapının açıldığında durdurma yapılabilmesi için ilave bir parça eklenmiş ve menteşede de durdurma için detay bulunmaktadır.

Şekil 3.1’ de blok parçanın kapı üzerindeki konumu, montaj şekli ve durdurma parçasının konumu belirtilmiştir. Şekil 3.2’ de ise menteşedeki durdurma işlemi için gereken detay belirtilmiştir.



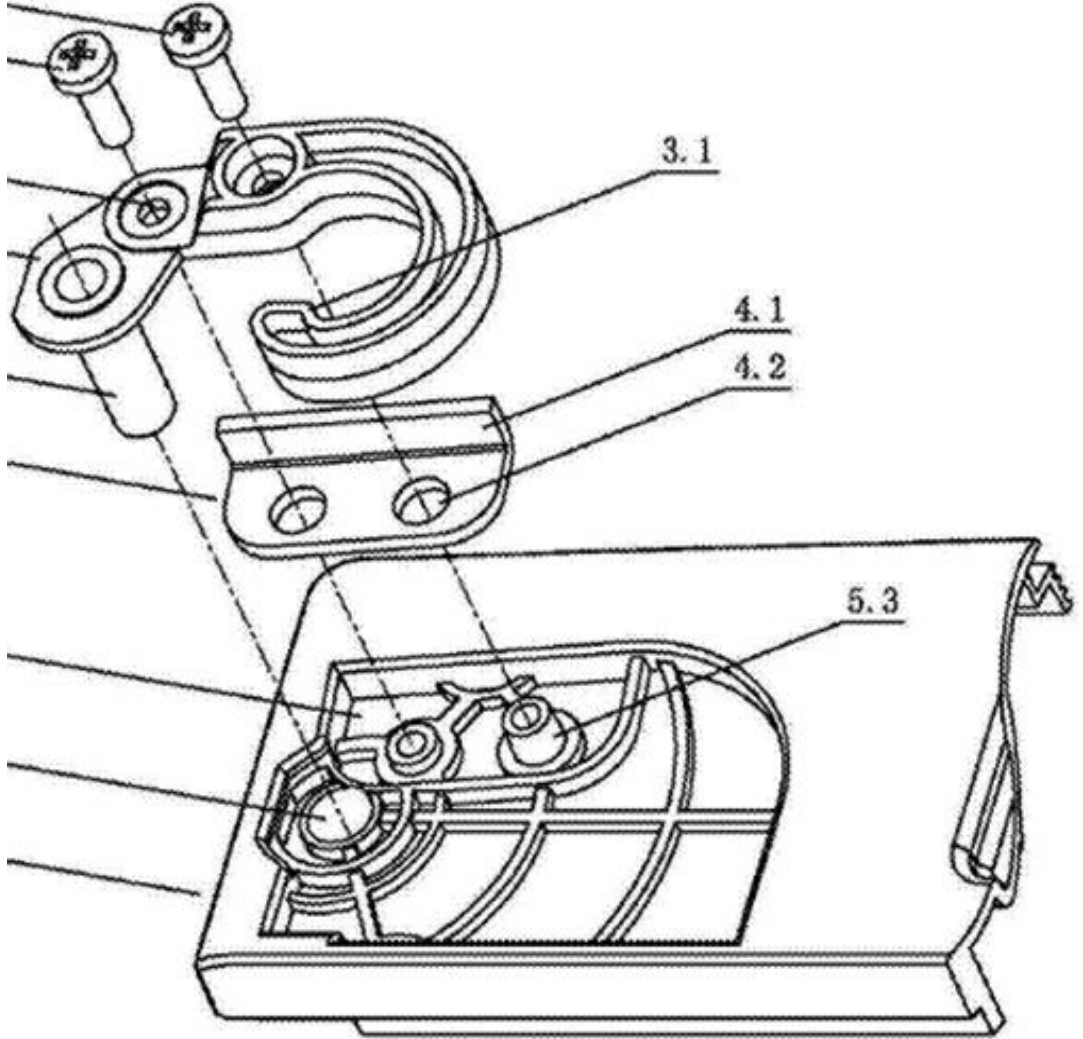
Şekil 3.1 : Blok halinde destek parçası montaj edilmiş çözüm [8].



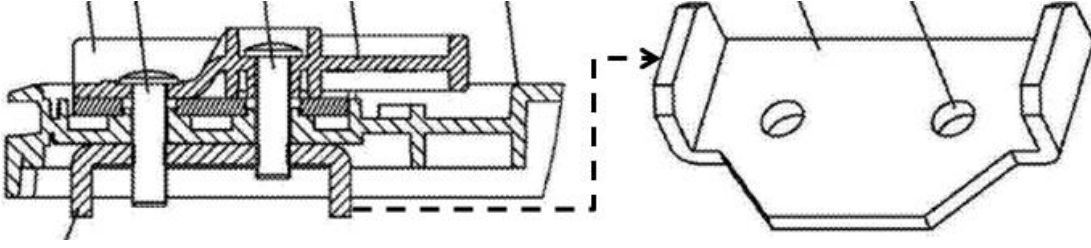
Şekil 3.2 : Menteşede bulunan durdurma detayı [8].

3.1.2 Destek braketi kullanılarak uygulanmış çözüm

Patent araştırmaları sırasında bulunan CN 106766595 numaralı patent incelendiğinde yine oluşacak gerilmeyi karşılayabilmek adına yüzey alanını genişletebilmek için kapı alt kapama plastiğinde yuva yapısı oluşturulmuş olduğu gözlemlendi [9]. G-kapatici (G-closer) ile yatak yuvası birleştirilip yekpare parça olarak kullanılmış ve bu parçada 2 vida ile sabitlenmiş Şekil 3.3’ de yapısı görülebilir. Oluşacak gerilmenin tamamını alt kapama parçalarına taşıtmamak adına kapama plastiğinin altına poli-üretan içinde kalan kısma bir destek plakası yerleştirilmiş ve G-kapatici (G-closer) parçası bu destek plakasına sabitlenmiştir Şekil 3.4’ de belirtilmiştir. Kapı açıldığında durdurma görevi için G-kapaticının altına destek braketi yerleştirilmiş ve menteşenin bu parçaya temas ederek durması sağlanmıştır yine Şekil 3.3’ de gösterilmiştir.



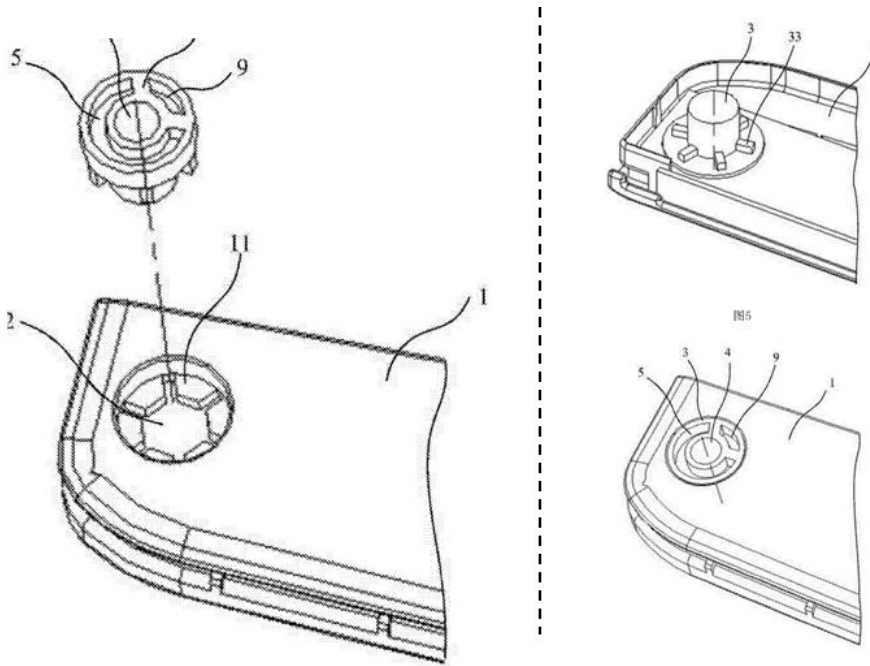
Şekil 3.3 : Destek braketi kullanılarak uygulanmış çözüm [9].



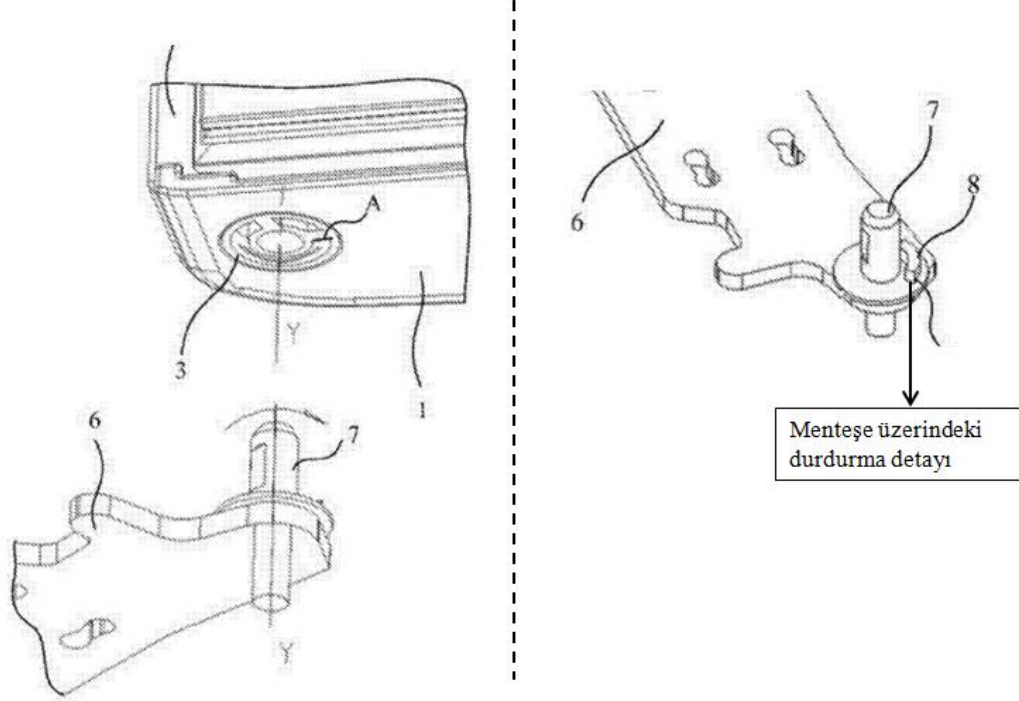
Şekil 3.4 : G – kapatıcı destek plakası [9].

3.1.3 Geçme parça kullanılmış uygulama

Araştırmalarda Hisense Ronshen Guangdong Co. Firmasının CN 105464502 numaralı patenti incelenmiştir [10]. Bu çözümde kapı alt kapama plastik parçasına altıgen şeklinde bir detay açılmış Şekil 3.5’ de belirtilmiştir. Bu detaya uygun geçebilecek geçme bir parça uygulanmış ve bu parça poli-üretan dökümü öncesi kapı alt kapama plastiğine montaj yapıp sonra döküm yapılmış bu geçme parça Şekil 3.5’ de gösterilmiştir [10]. Bu geçme parça (insert) üzerine boşaltmalar açılmış ve menteşe üzerine bu boşaltmaların içinde hareket edebilecek detay eklenerek kapı hareketinde menteşedeki detayın bu boşaltma içinde hareket edip durdurma yapıldığına oluşacak gerilmenin bu geçme parçasına aktarılması sağlanmış Şekil 3.6’ da menteşe üzerindeki detay gösterilmiştir. Geçme parçasındaki gerilme de alt kapama plastiğine temas eden yüzeylerin altıgen geometrisi sebebiyle kapı alt kapama parçasının deformasyonu engellenmeye çalışılmış.



Şekil 3.5 : Geçme parça kullanılmış uygulama [10].



Şekil 3.6 : Menteşe üzerindeki detay gösterimi [10].

3.2 Firma Bünyesindeki Diğer Çözümler

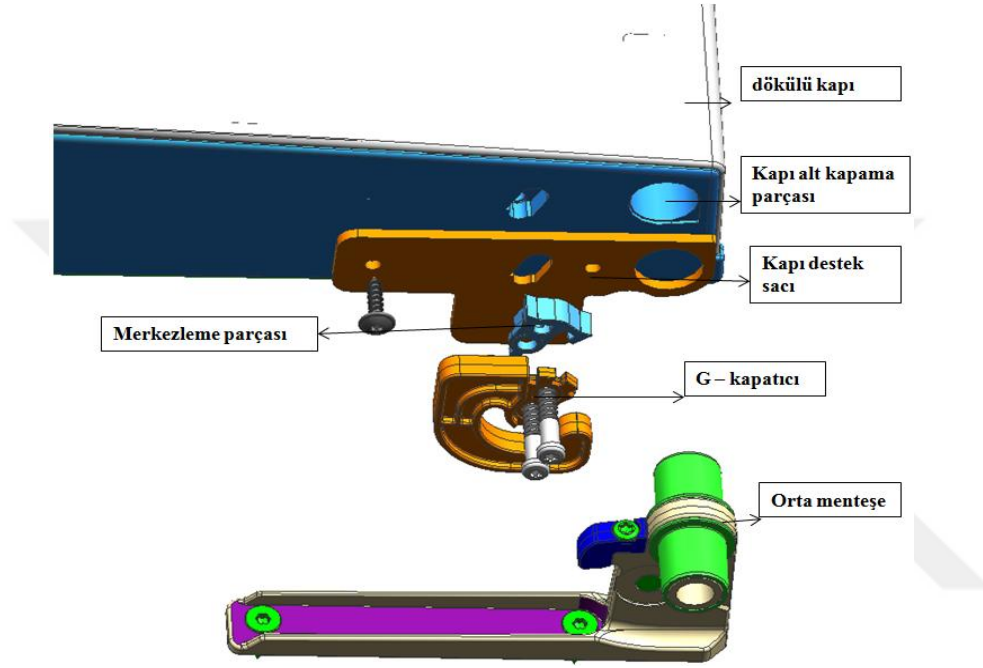
Firma bünyesinde diğer ürünler incelendiğinde benzer menteşe yapısında fakat farklı kapı alt kapama plastiği ve kapı alt destek parçaları kullanılarak bu problem gözlemlenmeden çözümler uygulanmış. Bu tasarımları incelediğimizde kapı alt kapama destek parçalarının altına ya da poli-üretan içinde kalan iç kısma destek parçaları konularak oluşan gerilmeler sonucunda kapı alt kapama plastik parçalarının deforme olması engellenmiş olduğu gözlemlendi.

3.2.1 Alt kapı destek parçası kullanılarak uygulanan çözüm

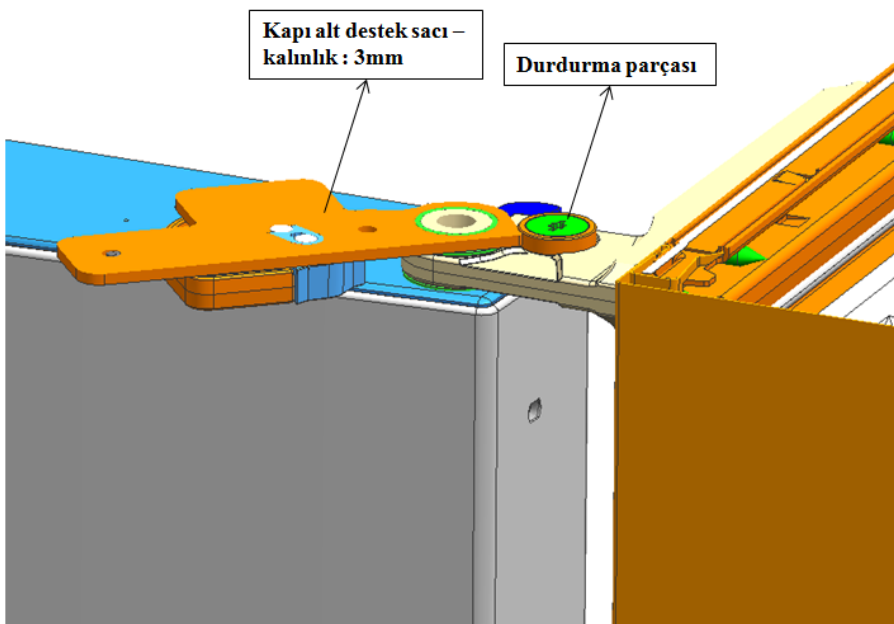
Problemi gözlemlediğimiz ürünlerde görülen menteşe ve kapı alt kapama plastik parçalarına benzer parçalar kullanılsa da hem daha sağlam kapı alt destek sacı kullanılarak hem de kapı durdurma detayı menteşe üzerine taşınarak kapı alt kapama plastik parça deformasyonu engellenmiş bir çözüm uygulandığı gözlemlendi. Bu çözümde, Şekil 3.7' de görülen kapı alt destek sacı olarak kullanılan parçanın et kalınlığı 3 mm olarak tasarlanmış ve plastik deformasyon direnci artırılmıştır. Problem görülen cihazlarda kullanılan G-kapatici (G-closer) parça, merkezleme parçası, orta menteşe ve kapı alt kapama plastik parça birebir aynı parçalar kullanılmasına rağmen kapı alt destek parçasının plastik deformasyona uğramaması

bu cihazlarda aynı problemin görülmesini engellemiştir. Bu veri tasarım çalışmalarında kullanılacaktır.

3 mm kalınlığında alt kapı destek sacı kullanılarak uygulanmış tasarımda durdurma parçası menteşe üzerine taşınmıştır Şekil 3.8’ de gösterilmiştir. Alt kapı destek parçasının menteşe eklenen ilave parçaya temas etmesiyle kapının durdurulması sağlanır. Şekil 3.8’ de kesit alınmış resim görülmektedir.



Şekil 3.7 : Alt kapı destek parçası kullanılarak uygulanan çözüm.

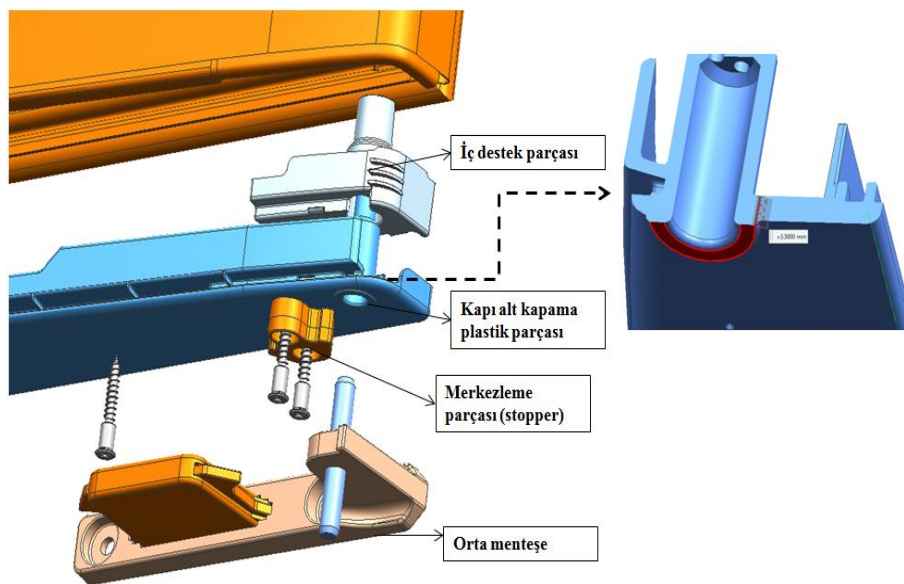


Şekil 3.8 : Kapı alt kapama destek parçası ve durdurma parçası.

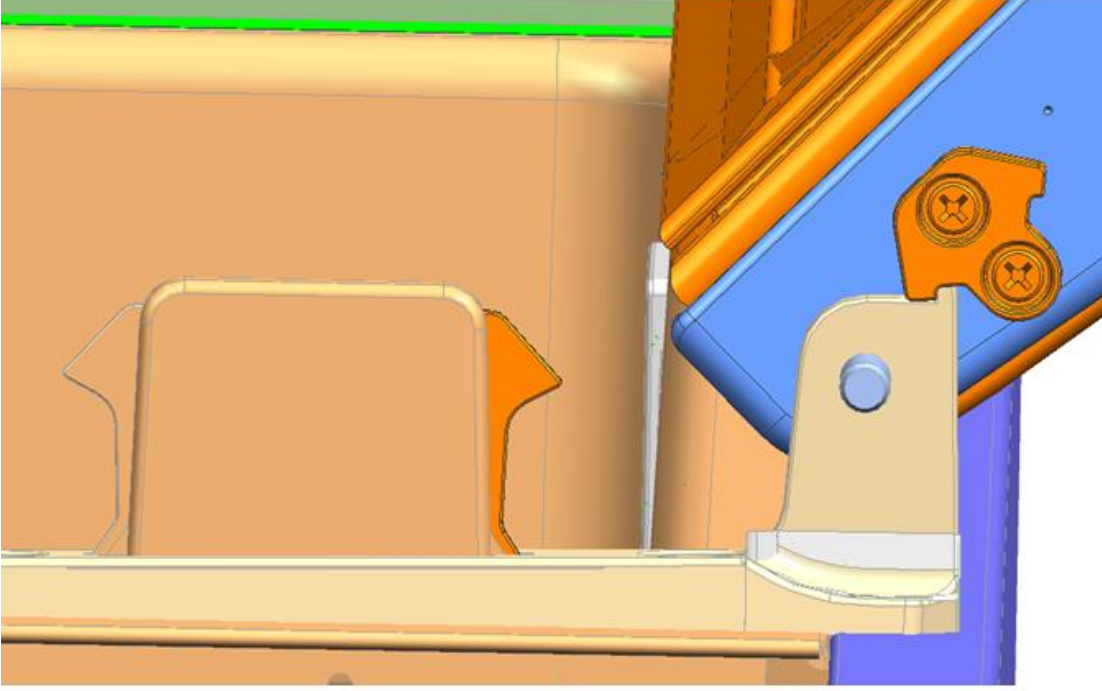
3.2.2 Poli – üretan içine gömülmüş destek parçası kullanılan çözüm

Kapı alt kapama plastik parçasının için ilave destek parçası yerleştirilerek uygulanmış tasarımıdır. Bu tasarımda, kapı alt kapama plastik parçasının iç kısmına destek plastik bir parça yerleştirilmiş ve poli-üretan dökümüne bu destek parça ile beraber alınmıştır. Destek parçası kapı durdurulma sırasında oluşan gerilmeye karşı destek görevi görerek plastik deformasyon oluşmasını engellemiştir Şekil 3.9’ da destek parçasının konumu ve uygulanan çözümün detayı açıklanmıştır. İlave olarak bu tasarımda kapı alt kapama plastik parçasının menteşe yataklamasının takıldığı iç ve dış kısımlarına feder eklenerek deformasyonun görülebileceği kısımlarda et kalınlığı 3,5 mm’ ye çıkarılmış bu desteklerle de kapı alt kapama plastik parçasının plastik deformasyona karşı direnci artırılmış Şekil 3.9 ‘da gösterilmiştir. Bu veri yani deforme olabilecek kısımların iç ve dış kısımlara eklenecek feder uygulamasının deformasyon direncine olumlu etkisi yine çözüm önerileri çalışılırken kullanılacaktır.

Poli – üretan içine destek parçası gömülen çözümde kapının durdurulma mekanizması için ZAMAK bir parça kullanılmıştır bu parça Şekil 3.9’ da gösterilen merkezleme parçası olarak adlandırılan parçadır. Kapı açıldığında ve açıklık 135⁰ ‘ye geldiğinde Şekil 3.10’ da belirtildiği gibi merkezleme parçası orta menteşede bulunan detaya temas ederek kapının durdurulması sağlanmıştır. Ayrıca belirtilen merkezleme parçası kapı alt kapama plastik parçasının içinde bulunan destek parçasına 2 vida ile sabitlenmiştir Şekil 3.9’ da gösterilmiştir.



Şekil 3.9 : Poli – üretan içine destek parçası gömülen çözüm.



Şekil 3.10 : Poli – üretilen içinde destek parça tasarımında durdurma mekanizması.

3.3 Literatür Araştırmaları

Problemin kök nedeni tanımlanıp tasarım çalışmalarına başlamadan önce imalat yöntemleri ve parçaların üretimi sırasında dikkat edilecek konular üzerine çalışmalar yapılmıştır. Çalışmalar plastik parçaların tasarımı ve sac şekillendirme odaklı yapılmıştır.

3.3.1 Plastik parça tasarımı

Plastik parça üretimi öncesi ürünün kendisinden istenen görevi yerine getirebilmesi için uygun yöntemin belirlenmesi ve optimum tasarımın sağlanması parça açısından çok önemlidir.

Parçaların tasarımı sırasında parça üzerindeki delikler, kaburgalar, çeper kalınlıkları, yarıçaplar gibi kısımları kurallara uygun şekilde boyutlandırılmalıdır. Bu sayede üretim sonrası parça üzerinde çarpılma, boşluklar ya da iz oluşması gibi sorunlar oluşmadan engellenmiş olur [11].

Tasarım sırasında kullanılacak plastik malzemelerin mekanik, kimyasal özellikleri araştırılıp göz önünde bulundurulmalıdır ki parça kendisinden beklenen görevi optimum düzeyde sağlayabilmelidir.

3.3.1.1 Uygun malzemenin belirlenmesi

Öncelikli olarak malzemeden istenen özellikler tanımlanmalıdır. Bu özellikler çekme, darbe ve çentik etkisi dayanımları, sıcaklık dayanımları, yanmazlık özelliği, direnç, aşınma, çizilme direnci ya da elektriksel direnç gibi özelliklerdir.

Malzeme seçimi sırasında parçanın çalışma toleransı ve parçadan beklenen çekme aralığı da önemli bir etken olacaktır. Her malzemenin kendine özgü çekme aralığı ve çalışma tolerans aralığı bulunmaktadır [11].

3.3.1.2 Tasarım sınırlarının belirlenmesi

Üretilecek parçanın tasarımı öncesi parçanın fonksiyonel gereklilikleri ve parçanın çalışma şartları her şeyiyle tanımlanmalıdır. Aşağıda bulunan sorular tasarım sınırlarının belirlenmesinde tasarımcılara faydalı olabilecek soruları içermektedir.

Genel gereklilikler:

- Parçanın fonksiyonu nedir?
- Parçanın üretim şekli nedir?
- Kalıp birleşim çizgileri nerede olmalıdır?
- Boyutsal sınırları (en boy, uzunluk gibi) nelerdir?
- Parçanın çalışma ömrü ne kadar?
- Parçadan beklenen ağırlık bilgisi ne kadar?
- Benzer uygulamalar araştırıldı mı?

Yapısal gereklilikler:

- Parçanın yükleme karakteristiği nedir?
- Parça üzerine gelen yük dağılımı/aralığı nedir?
- Parçada çalışma süresince beklenen aşınma miktarı ne kadardır?
- Numune çalışması tamamlandı mı?

Ortam özellikleri:

- Sıcaklık, nem, kimyasal çözücülere karşı direnç gerekli mi?
- UV dayanımı ihtiyacı var mı?

Ekonomik beklentiler:

- Parçadan beklenen birim maliyet ne kadar?
- Maksimum beklenen kalıp yatırım maliyeti ne kadar?

- Parçadan beklenen tasarruf ne kadar?

3.3.1.3 Tasarım sırasında dikkat edilmesi gereken kurallar

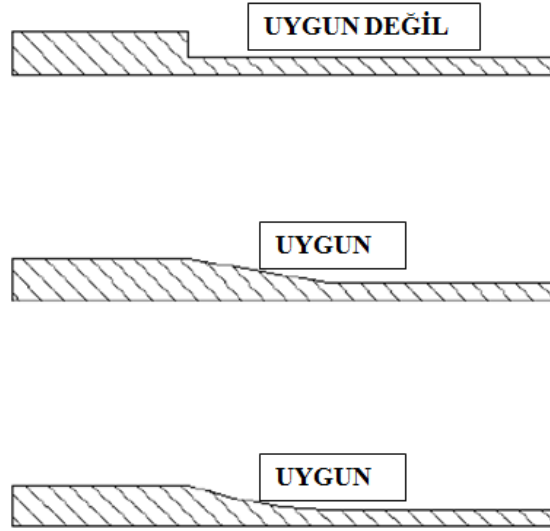
Parçaların tasarımı sırasında kullanılan kaburga, yarıçap gibi kısımlar için belli kurallar vardır bu kurallar doğru şekilde uygulandığında parça üzerinde hatalar mümkün olduğunca aza indirilebilir [11].

Parçanın et kalınlığı belirlenirken kullanılacak malzemenin seçimine doğrudan bağlıdır. Alan kısıtlı olması gibi durumlarda et kalınlığına göre malzeme seçimi de yapılabilir. Enjeksiyon parçalarında, et kalınlıkları ve diğer kesitler parçanın istenen fonksiyonları sağlamasına yardımcı olan faktörlerden biridir. Et kalınlıkları belirlenirken parçanın şekil değişimini, oluşabilecek iç gerilmeleri ve parça üzerinde görülebilecek çatlamları ortadan kaldırabilmek için mümkün olduğunca sabit tutulmalıdır. En uygun tasarım için farklı et kalınlıkları kullanılacaksa, kalın kesitten ince kesite geçiş sırasında mümkün olduğunca yumuşak geçiş yapılmalıdır aksi halde akış sırasında dolmama durumu ile karşılaşılabilir. Kalın kesitten ince kesite geçiş varsa kalıpta yolluk kalın et kalınlığının olduğu kısımlara yerleştirilir. Şekil 3.11' de kalın kesitten ince kesite geçiş sırasında malzeme akışı gösterilmiştir[12]. Enjeksiyon parçalarında, et kalınlıkları ve diğer kesitler parçanın istenen fonksiyonları sağlamasına yardımcı olan faktörlerden biridir.

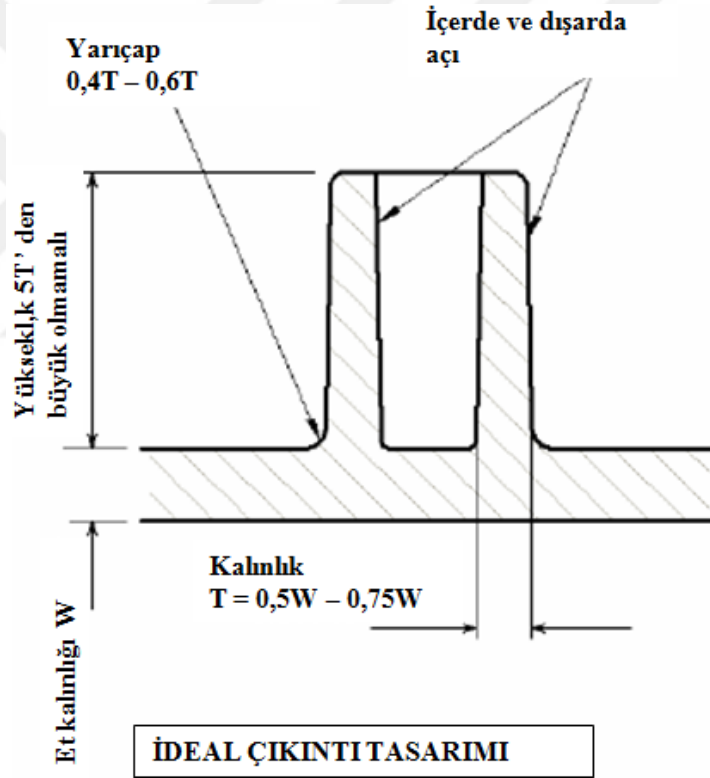
Plastik parçaların tasarımı sırasında keskin köşeleri ortadan kaldırıp parça hasarlarını engellemek amacı ile köşe kısımlara yarıçap eklenmesine dikkat edilmelidir. Yarıçap eklenerek köşelerdeki gerilme yığılması azaltılır bu sayede dayanımı daha yüksek parça tasarlanmış olunur. Aynı zamanda yarıçaplar kalıpların ömrünün daha uzun olmasını sağlar.

Parça üzerine eklenen kaburgalar sayesinde parçanın dayanımı ve rijitliği artırılmış olur ve parçanın soğurken görülebilecek çarpılmaları ortadan kaldırır. Kaburga eklenirken kaburganın taban genişliğine dikkat edilmelidir genellikle kaburganın taban genişliği parçanın et kalınlığından daha az olmalıdır aksi halde alt yüzeylerde çökmeler veya malzeme çekmesinden dolayı çukurlar görülebilir.

Parça üzerinde bulunan deliklerin etrafını güçlendirmek amacıyla parça üzerine çıkıntı (boss) eklenebilir bu sayede daha dengeli sağlanabilir. Şekil 3.12' de çıkıntı (boss) tasarımında dikkat edilmesi gereken kurallar belirtilmiştir [12].

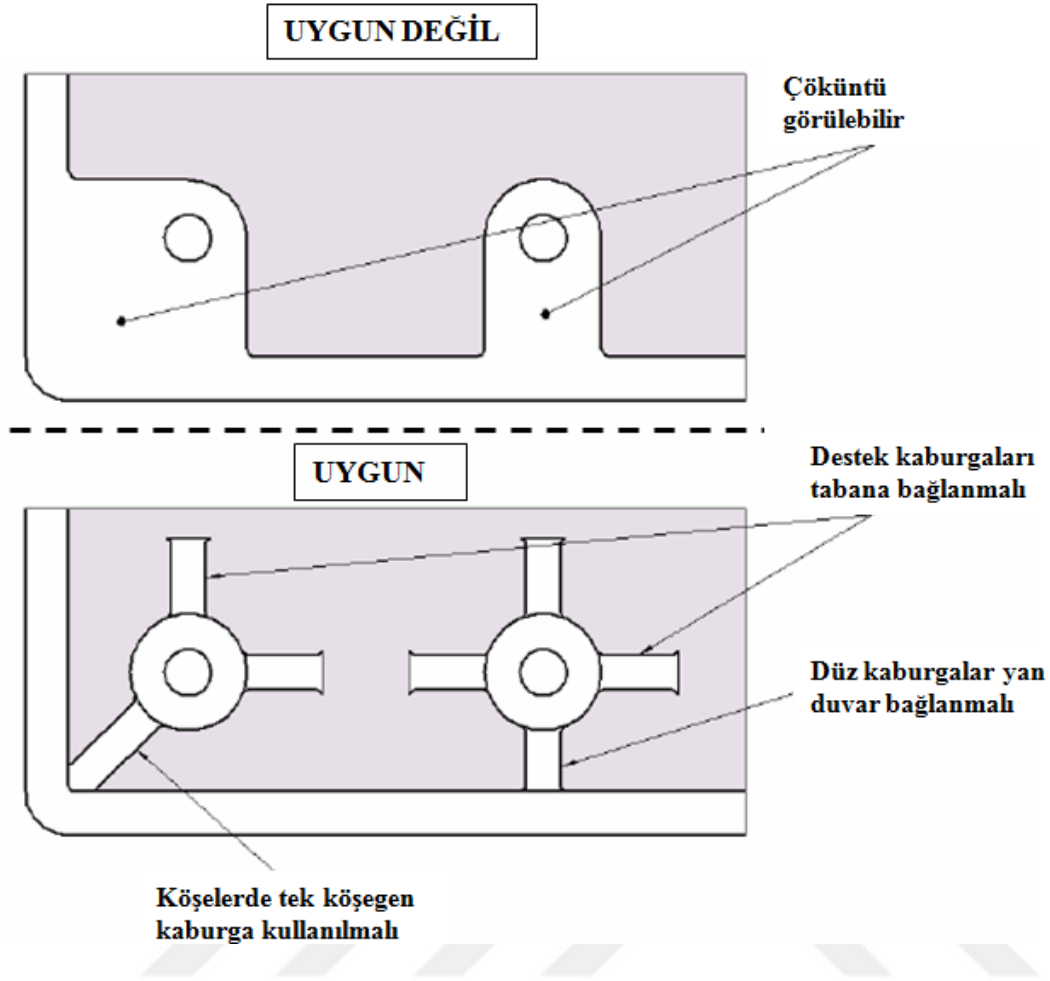


Şekil 3.11 : Kalın kesitten ince kesite malzeme akışı[12].



Şekil 3.12 : Çıkıntı tasarımında dikkat edilmesi gereken kurallar[12].

Parça üzerinde gerekli dayanımı sağlamak için çıkıntılarının yüksekliği delik çapının iki katı olarak belirlenebilir malzeme akışının dengeli olarak sağlanması için çıkıntılarının yan taraflarına kaburga da ilave edilmesi önerilir ya da varsa yan duvarla birleştirilir bu sayede yapısal olarak dayanım ve denge sağlanmış olunur. Şekil 3.13' de örnek olarak bazı tasarımlar gösterilmiştir.



Şekil 3.13 : Örnek uygun ve uygun olmayan çıkıntılar [12].

3.3.2 Sac şekillendirme

Sac şekillendirme işleminde kullanılan kalıplar genellikle iki parçadan oluşur. Çıkıntılı görünüme sahip olan erkek kalıp, zımba veya ıstampa adını almaktadır girintili yapıya sahip olan kısım ise dişi kalıp, matris ya da sadece kalıp olarak adlandırılır [13].

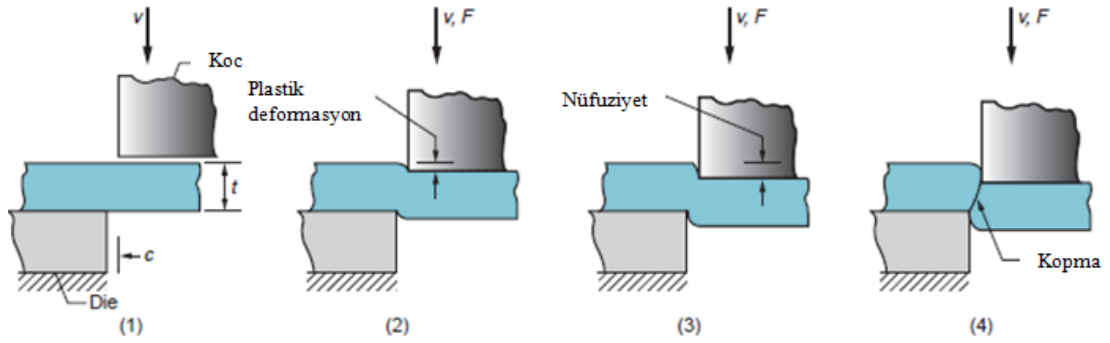
Sac metal parçalar genellikle yüksek dayanımı, boyutsal doğruluk, yüksek adetlerde seri üretim sağlamaları sebebiyle tercih edilir [13].

3.3.2.1 Kesme işlemi

Sac parçaların kesme işlemi genellikle iki yöntemle yapılır kalıp ile kesme ya da lazer kesim ile işlem gerçekleşir. Lazer kesim genellikle numune çalışmaları gibi düşük adetli üretimlerde tercih edilir yatırım maliyeti yoktur fakat parça birim maliyeti yüksektir. Kalıpla üretimde ise ilk yatırım maliyeti oluşur fakat parça birim maliyeti düşüktür bu sayede seri şartlarda yüksek adetlerinde kalıpla üretim tercih

edilir. Ayrıca kalıpla üretimde boyutsal doğruluk açısından çok daha iyidir nispeten düşük tolerans değerlerinde üretimler yapmaya olanak sağlar [14-15].

Sac parçaların kalıp ile kesme işlemi adım adım Şekil 3.14’ de gösterilmiştir.



Şekil 3.14 : Metal sacın kesilme işlemi[14].

Şekil 3.14’ de belirtilen (1) adım zımbanın parçaya temas etmeden hemen önceki durumunu göstermektedir. Bu şekilde t et kalınlığını, c kesme boşluğunu göstermektedir. (2) adımda, metal parça zımbanın teması ile plastik deformasyona uğramaya başlıyor. (3) adımda, zımba düz bir kesme yüzeyi oluşturarak parçayı sıkıştırıp nüfuz ediyor. (4) adımda ise kopma gözlemlenmeye başlıyor [14].

Şekil 3.14’ de gösterilen c kesme boşluğunun ayrıca hesabı da yapılabilir denklem (3.1)’ de bu hesap gösterilmiştir [14].

$$c = at \quad (3.1)$$

(3.1) denklemde c kesme boşluğunu, a metal türüne göre malzeme toleransını (paslanmaz çeliklerde bu değer 0,075 olarak alınır) ve t et kalınlığını göstermektedir.

3.3.2.2 Bükme işlemi

Bükme işlemi, metal sac parçaların plastik deformasyon bölgesine girecek şekilde uygulanan eğme zorlanmaları yardımıyla şekillendirildiği işlemdir [13].

Bükme işlemi sırasında dikkat edilmesi gereken hususlardan biri bükme yarıçapı kalıp ömrü açısından 0,7 mm değerinin altına düşürülmemesi gerekir [13].



4. TASARIM ÇALIŞMALARI VE KARŞILAŞTIRILMALARI

Problemin kök nedenini belirleyip gerekli saha araştırmaları tamamlandıktan sonra problemin ortadan kaldırılması adına tasarım çalışmalarına başlanmıştır. Tasarımlar sırasında müdahale edilebilecek kısımlar belirlenip tasarım sınırları tanımlanıp ona göre çalışma yapılması gerekiyor. Bu nedenle ilk olarak tasarım sınırları belirlenmiş sonrasında uygulanan konstrüktif yapıda değişiklik yapılabilecek parçalara odaklanarak çözümler geliştirilmiştir.

4.1 Tasarım Sınırlarının Belirlenmesi

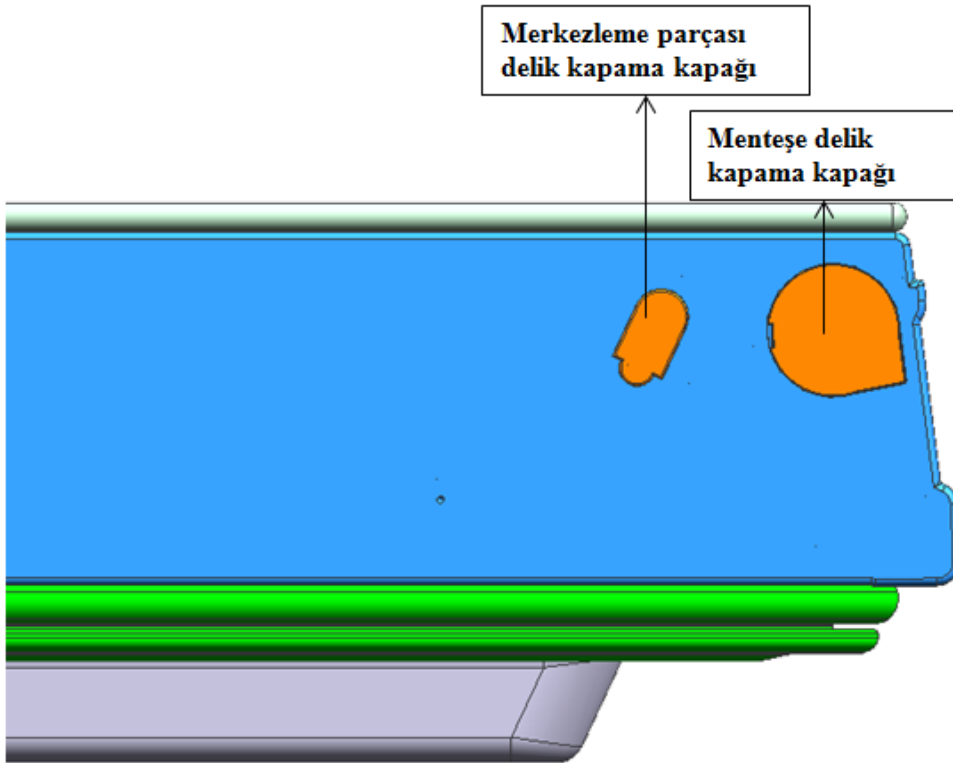
Herhangi bir parça için hem ilk tasarım yapılırken hem de modifikasyon yapılırken ilk olarak çözüm çalışmalarında müdahale edilebilecek sınırlar belirlenir. Bu sınırları belirlerken de ilgili parçayla ilişkili olarak üretim, servis, marketing (pazarlama), kalite (hata bildirimleri gibi), tedarikçi firma gibi diğer bölümlerden girdiler toplanır ve uygulanabilecek çözümlerin sınırları belirlenir. Bu şekilde hem ilk seferde doğru çözüme yaklaşılr hem de bulunan çözümün başka problemlere sebep olmasının önüne geçilmiş olunur.

Tez konusunda probleme etki edebilecek parçalar incelendiğinde ve konstrüktif yapısına baktığımız aşağıda sıralanan tasarım sınırları belirlenmiş ve buna göre çözüm çalışmalarına başlanmıştır.

- Tasarımlar belirlenirken aşırı germe testinden geçebilecek çözümler düşünölmelidir.
- Probleme etki eden parçalar müşteri tarafından direk görölebilen parçalar olduğu için görsel kısımlarda büyük değişiklikler yapılmamalıdır. Şekil 4.1' de belirtilen kapaklar görsel amaçlıdır büyük değişikliklerde kapakların değişmesi de gerekebilir böylece görsel değişikliğe gidilmiş olur. Bu kapaklar kapı alt kapama parçasının simetrik olarak iki tarafında bulunur bir tarafa menteşe ve merkezleme parçası takıldığında diğer tarafa Şekil 4.1' de

belirtilen kapaklar takılır. Kapı yönü değişiminde bu parçaların konumu değişir.

- Yapılacak değişiklikler kapı alt kapama sacına simetrik olarak uygulanmalıdır. Müşteri kapı yönü değişimi istediğinde uygulanabilir değildir. Şekil 4.1’ de belirtilen kapaklar kaldırılıp diğer tarafa taşınır.
- Kapının dikey yönde hareket toleransı göz önünde bulundurulduğunda kapı alt kapama sacı 1 mm’ den daha kalın olmamalıdır. Ayrıca G-kapatici (G-closer) , merkezleme parçası (durdurma parçası) başka cihazlarda ortak kullanıldığı için sac’daki büyük değişiklik o parçaları da etkilemektedir.
- Firma bünyesinde modüler tasarım sistemi uygulanmaktadır. Bu sisteme istinaden diğer modellere ortak olarak kullanılan G-kapatici, merkezleme parçası, orta menteşe parçalarında mümkün olduğunca büyük değişiklikler yapılmamalıdır.
- Kapı alt kapama plastik parçasının iç tarafında poli - üretan basıldığı için bu parçada değişiklik yapıldığında poli - üretan sızma riskine dikkat edilmelidir.
- Problemin incelendiği model, Türkiye dışında İspanya, Rusya gibi firmanın diğer yerleşim yerlerinde üretildiği için yapılacak değişikliklerde o ülkelerdeki tedarikçiler de göz önünde bulundurulmalıdır.



Şekil 4.1 : Kapı alt kapama üzerindeki görsel kapaklar.

Tasarım sınırları değerlendirildiğinde ve firma bünyesinde uygulanan modüler tasarım sistemi göz önüne alındığında tasarım çalışmalarında kapı alt kapama destek sac parçası ve kapı alt kapama plastiğinde değişiklikler yapılmasına odaklanılmıştır. Diğer parçalar modüler tasarım sistemi gereği başka modellerde de kullanıldığı için o parçalarda yapılacak değişiklikler diğer modelleri etkileyebilir ve o modellerde hem başka problemlere sebep olabilir hem de projenin maliyetini çok yükseltebilir.

4.2 Kapı Alt Kapama Destek Sacı Tasarım Çalışmaları

Problemin kök nedeni incelendiğinde (simülasyon sonuçları ve aşırı germe test sonuçları ile doğrulanmıştır) gerilme uygulandığında kapı alt destek parçası plastik deformasyona uğrayıp oluşan gerilmeyi kapı alt kapama plastik parçasına taşıdığı ve kapı alt kapama plastik parçasına destek görevini yapamadığı gözlemlenmiştir. Bu bilgi ışığında kapı alt destek sacının plastik deformasyona karşı direncini artıracak çözümler aranmıştır. Bulunan çözümlerin tahmini maliyet bilgileri, simülasyon sonucunda görülecek iyileşmelerin yüzdeleri toplanmış ve tasarım matrisi oluşturularak optimum çözüme ulaşmak hedeflenmiştir. Parça birim maliyetleri şirketi zor durumda bırakmamak adına bildirilmeyecektir.

4.2.1 Kapı alt destek sacı için öneri 1

Kapı alt destek sacı hem aşırı germe test sonucu incelendiğinde hem de simülasyon sonucu incelendiğinde plastik deformasyona uğrayan kısmına yani menteşe yataklamasının yapıldığı delik kısmının etrafına sıvama yapılarak plastik deformasyona karşı direncinin artırılacağı düşünülmüştür. Bu işlem uygulanırken sac üzerinde bulunan delik etrafına sıvama yöntemiyle kapı alt kapama plastik tarafına doğru detay oluşturulmuştur. Oluşan detayın karşılığı olarak kapı alt kapama plastik parçasında da sıvama yapısı oluşturulmuştur. Şekil 4.2' de gösterilmiştir.

Bu işlem uygulanırken sac parçanın üretiminde ilave olarak sıvama kalıbı yaptırılması gerekmektedir parça kesme işleminden sonra sıvama işlemine girmelidir ve kapı alt kapama parçasının plastik enjeksiyon kalıbında da küçük modifikasyon gereklidir. Sac parçanın kullanılan hammaddesi değiştirilmemiştir yani 304 - paslanmaz çelik kullanılmaya devam edilmektedir. Uygulanması durumunda yapılacak sıvama kalıbı maliyeti ve modifikasyon bedeli Çizelge 4.1' de belirtilmiştir. Fiyatlar tahminidir.

Çizelge 4.1 : Kapı alt destek sacı öneri 1 kalıp maliyeti.

Öneri 1 toplam maliyet	
Sac - Sıvama Kalıbı	10.000 TL
Plastik modifikasyon	5.000 TL
Toplam	15.000TL



Şekil 4.2 : Kapı alt destek sacı – Öneri 1.

4.2.2 Kapı alt destek sacı için öneri 2

Kapı alt destek sacının plastik deformasyona karşı direncini artırmak için öneri 1 'de düşünülen çözüme ilave olarak destek sacının genişliğini artırıp G-kapatıcı parçasının montaj edilmediği bölgelere kabartı (boss) yapılması önerilmiştir. Bu sayede parçanın plastik deformasyona karşı direnci artırılıp destek sacının deformasyona uğramasının önüne geçmek hedeflenmiştir. Kabartı yapılan bölgeler Şekil 4.3' de belirtilmiştir. Yine öneri 1' de olduğu gibi kapı alt kapama plastik parçasının üzerinde menteşe yataklama yapıldığı boşaltma etrafında modifikasyon yapılması gerekecektir. Destek sacı parçasında ise ilave olarak sıvama kalıbı ve emboss kalıbı yaptırılması gerekmektedir. Destek sacının kesme kalıbında da modifikasyon yapılması gerekmektedir toplam maliyet Çizelge 4.2' de belirtilmiştir ve verilen değerler tahmini değerlerdir.

Çizelge 4.2 : Kapı alt destek sacı öneri 2 kalıp maliyeti.

Öneri 2 toplam maliyet	
Sac - Sıvama kalıbı	10.000 TL
Sac- Emboss kalıbı	5.000 TL
Sac- Kesme kalıbı modifikasyon	8.000 TL
Plastik modifikasyon	5.000 TL
Toplam	28.000TL



Şekil 4.3 : Kapı alt destek sacı – Öneri 2.

4.2.3 Kapı alt destek sacı için öneri 3

Kapı destek sacının plastik deformasyona karşı direncini artırmak için parçanın devam eden şeklini koruyup malzeme değişikliği yapılarak akma gerilme değeri daha yüksek malzeme kullanılabilir önerisi dikkate alınmıştır. Var olan parçada akma gerilme değeri 290 MPa olan 0,5 mm kalınlığında 304 paslanmaz çelik kullanılırken önerilen malzeme ise 931 MPa akma gerilme değeri olan 0,5 mm kalınlığında 301 paslanmaz çeliktir Şekil 4.4’ de bilgilendirilmiştir [16-17]. Uygulamaya alınabilmesi için var olan kalıp 304 paslanmaz çeliğe göre yapıldığı için 301 paslanmaz çeliğe uygun hale döndürülürken sac parçanın kesme kalıbında modifikasyon yapılması gerekmektedir. Çizelge 4.3’ de tahmini maliyet bilgisi paylaşılmıştır.

Çizelge 4.3 : Kapı alt destek sacı öneri 3 kalıp maliyeti.

Öneri 3 toplam maliyet	
Kesme kalıbı modifikasyon	5.000 TL
Toplam	5.000TL



SS 304 → **SS 301**
**¾ hardened
spring steel**

$\sigma_{304_yield}=290\text{MPa}$

$\sigma_{301_yield}=931\text{MPa}$

Şekil 4.4 : Kapı alt destek sacı – Öneri 3.

4.2.4 Kapı alt destek sacı için öneri 4

Kapının menteşeye oturtulduktan sonraki boşlukları incelendiğinde ve kapının dikey yöndeki toleransları incelendiğinde kapı alt destek sacının 1 mm' ye kadar çıkarılmasının mümkün olduğu gözlemlenmişti. Aynı zamanda tasarım sınırlarında da 1 mm olabileceği belirtilmişti bu bilgiye istinaden öneri 3' de belirtilen malzeme değişikliği uygulanıp (304 paslanmaz çelikten 301 paslanmaz çeliğe geçiş) kalınlık değeri artırılarak parçanın plastik deformasyona olan direnci artırılabilir. Daha önce de belirtildiği gibi 301 paslanmaz çelik malzemenin akma gerilme değeri 931 MPa idi 304 paslanmaz çelik malzemedeki bu değer ise 290 MPa 'dır bu değerler Şekil 4.5' de belirtilmiştir [16-17].

Bu değişikliğin uygulanabilmesi için parçanın kesme kalıbında öneri 3' e göre daha büyük modifikasyon yapılması gerekmektedir. Yapılacak modifikasyon için tahmini modifikasyon bedeli Çizelge 4.4' de belirtilmiştir. Aynı zamanda kullanılan sacın hem maddesi hem kalınlığı değiştiği için parça birim maliyetinde de ciddi artış olacaktır fakat şirket bilgilerinin gizli tutmak adına bu veriler paylaşılmayacaktır.

Çizelge 4.4 : Kapı alt destek sacı öneri 3 kalıp maliyeti.

Öneri 4 toplam maliyet	
Kesme kalıbı modifikasyon	10.000 TL
Toplam	10.000TL



Kalınlık değişimi

t=0.5 → t=1mm

Malzeme değişimi

SS 304 → SS 301
¾ hardened
spring steel

$\sigma_{304_yield}=290\text{MPa}$

$\sigma_{301_yield}=931\text{MPa}$

Şekil 4.5 : Kapı alt destek sacı – Öneri 4.

4.3 Kapı Alt Kapama Plastik Parça Tasarım Çalışmaları

Yapılan aşırı germe testi sonuçları ve simülasyon sonuçlarında görülen kapı alt kapama plastik parçasında büyük deformasyonlar hatta kırılmalar gözlemlenmişti kök neden tanımlanırken de kapı alt kapama parçasının deformasyona karşı direncinin yeterli olmadığı belirtilmişti.

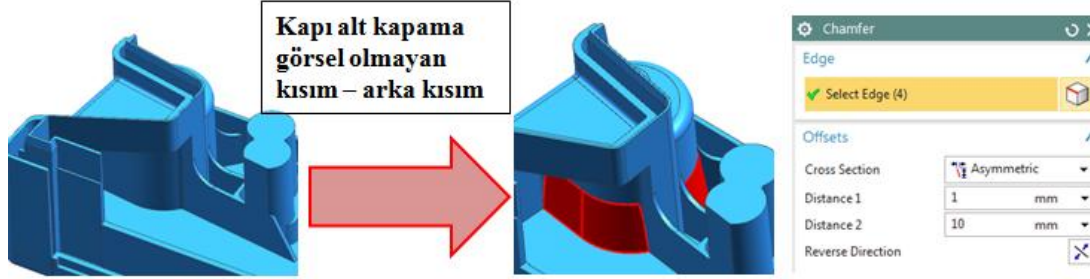
Destek sacında yapılacak değişikliklerle birlikte kapı alt kapama plastik parçasında da modifikasyon yapılarak plastik deformasyona karşı direncinin artırılması amaçlanmıştır. Daha önce belirlenen tasarım sınırları göz önünde bulundurularak parça üzerinde uygulanabilecek modifikasyon tasarım önerileri aranmıştır. Bulunan çözümlerin analiz sonuçları ile görülebilecek iyileşme yüzdeleri ve tahmini maliyet analizleri bir araya getirilerek tasarım matrisi oluşturulup en optimum çözüme gitmek hedeflenmiştir. Yine tasarım matrisinde parçanın birim maliyet bilgileri paylaşılmayacaktır.

4.3.1 Kapı alt kapama plastik – Öneri 1 – Pah eklenmesi

Kapı alt kapama plastik parçası incelendiğinde göze ilk çarpan noktalar menteşe ile yataklamanın yapıldığı delik etrafındaki deformasyonlar olmuştur. Bu bölgelerdeki deformasyonların önüne geçmek adına delik kısmının arka tarafında poli-üretan ile temas eden ve parçanın iç kısmında (görsel olmayan) bulunan bölgelere pah (chamfer) eklenmesi önerilmiştir Şekil 4.6’ de eklenen kısımlar gösterilmiştir. Aynı zamanda önerilen çözüm için parçaya yapılacak modifikasyon bilgisi Çizelge 4.5’ de belirtilmiştir.

Çizelge 4.5 : Kapı alt kapama plastik – Öneri 1 – Pah ekleme kalıp maliyeti.

Öneri 1 toplam maliyet	
Enjeksiyon kalıbı modifikasyon	5.000 TL
Toplam	5.000TL



Şekil 4.6 : Kapı alt kapama plastik – Öneri 1 – Pah ekleme.

4.3.2 Kapı alt kapama plastik – Öneri 2 – Kapak detayı yarıçap değişikliği

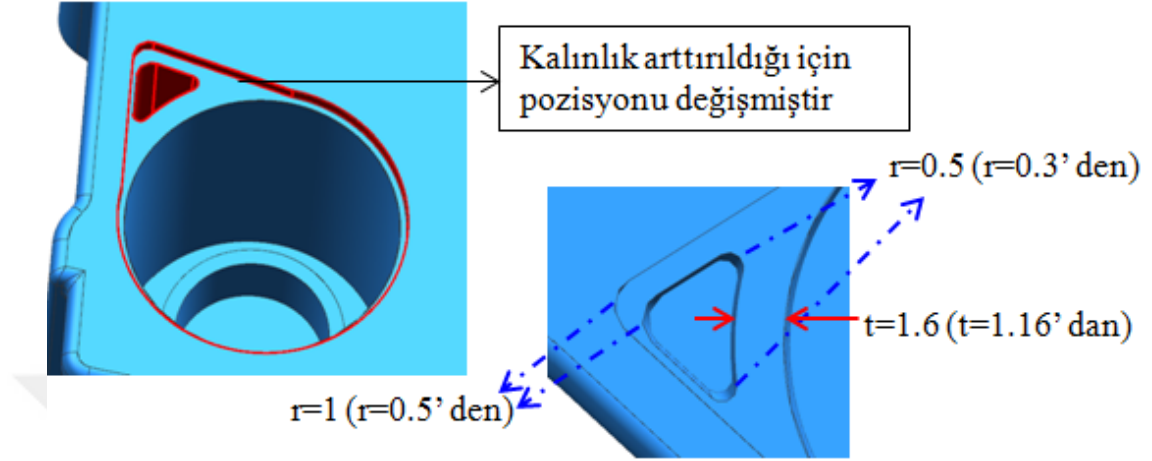
Öneri 1’ de belirtilen çözüme ilave olarak Şekil 4.7’ de gösterildiği gibi menteşe yataklama deliği ve görsel kapak ile kapatılan boşaltmayı (üçgen şeklindeki) kapsayan detayın yan yüzeylerindeki açısız pozisyonu değiştirilmiştir.

Bu bölgede bulunan radius (yarıçap) değerleri değiştirilmiştir ve üçgen şeklindeki boşaltma ile menteşe yataklama deliği arasında bulunan kalınlık artırılmıştır ($t=1,16$ ’ dan 1,6 mm’ ye çıkarılmıştır). 1,6 mm’ ye çıkarılan bölgede aşırı germe testi sonuçlarında yoğun şekilde beyazlamalar gözlemlenmiştir.

Üçgen boşaltmanın uç kısmında da deformasyon bulunmaktaydı. Yapılacak modifikasyonların (öneri 2, öneri 1’ de kapsamaktadır o yüzden toplam maliyet verilmiştir) kalıp bedeli Çizelge 4.6’ de belirtilmiştir. Belirtilen kalıp modifikasyon bedeli tahminidir.

Çizelge 4.6 : Kapı alt kapama plastik – Öneri 2 – Yarıçap değişiklikleri.

Öneri 2 toplam maliyet (Öneri 1 dahil)	
Enjeksiyon kalıbı modifikasyon	12.000 TL
Toplam	12.000TL



Şekil 4.7 : Kapı alt kapama plastik – Öneri 2 – Yarıçap değişikliği.

4.3.3 Kapı alt kapama plastik – Öneri 3 – Kaburga ekleme

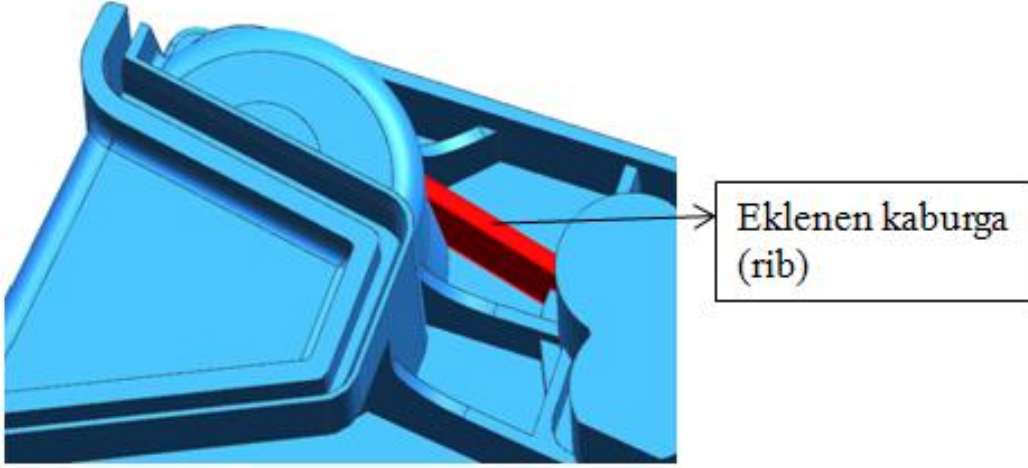
Öneri 2' de belirtilen değişiklikler uygulandıktan sonra ilave olarak parçanın arka kısmında yani poli-üretan ile temas eden bölgeye ilave rib (kaburga) eklenmesi önerilmiştir. Kaburganın eklendiği kısmın ön tarafında aşırı germe testi sonucunda beyazlamalar gözlemlenmişti. Bu öneride belirtilen kaburga ekleme işlemi tek başına yeterli olması öngörülmediği için öneri 2' ye ilave olarak uygulanmalıdır.

Kaburganın eklendiği bölge Şekil 4.8' de belirtilmiştir. Bu önerinin maliyet analizi de Çizelge 4.7' de belirtilmiştir maliyet analizindeki değer öneri 2' de bahsedilen değişiklikleri de kapsamaktadır.

Çizelge 4.7' de belirtilen kalıp modifikasyon bedeli tahminidir.

Çizelge 4.7 : Kapı alt kapama plastik – Öneri 3 – Kaburga ekleme.

Öneri 3 toplam maliyet (Öneri 2 dahil)	
Enjeksiyon kalıbı modifikasyon	13.300 TL
Toplam	13.300TL



Şekil 4.8 : Kapı alt kapama plastik – Öneri 3 – Kaburga ekleme.

4.3.4 Kapı alt kapama plastik – Öneri 4 – Dış yarıçap ve kaburga eklenmesi

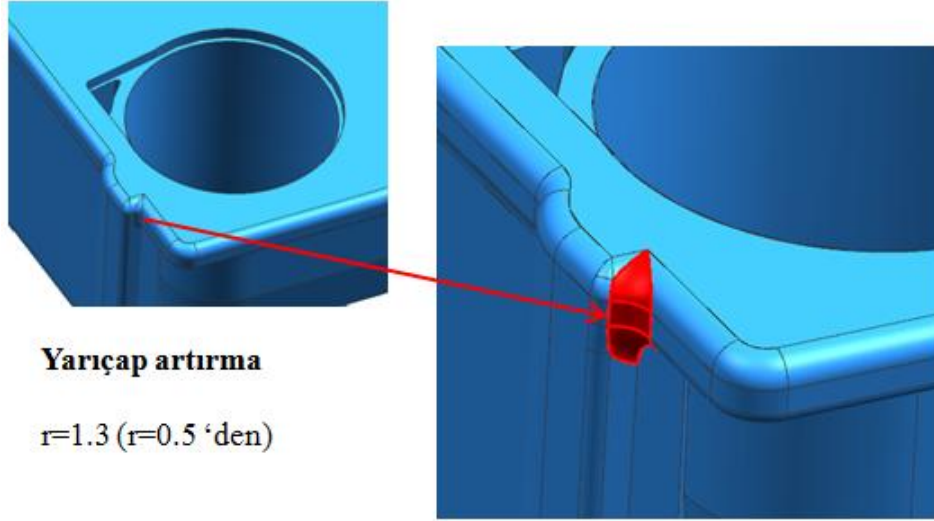
Aşırı germe testi sonuçlarında ve yapılan simülasyon sonuçlarında kırılmanın gözlemlendiği noktadaki yarıçap (radius) değişikliği ve yine en çok deformasyonun gözlemlendiği kapı alt kapama plastik parçasının yan ve üst yüzey birleşim köşelerine kaburga eklenmesi önerilmiştir değişiklikler Şekil 4.9’ da ve Şekil 4.10’ da gösterilmiştir. Bu değişiklikler yine öneri 3 ve öneri 3’ e kadar önerilen değişiklikler üzerine eklenerek ilerlenmesi düşünülmüştür.

İlk olarak Şekil 4.9’ da belirtilen dış yarıçap (radius) 0,5 mm’ den 1,3 mm’ ye çıkarılacaktır. Sonrasında yine Şekil 4.10’ da belirtilen köşeye yatay kaburga (rib) eklenip parça üzerinde var olan dikey kaburga ile aynı seviyeye getirilecektir. Bu sayede kapı alt kapama plastik parçası üzerindeki yataklama detayı ile parçanın yan yüzeyleri arasında malzeme kalınlığı da tasarım sınırlarında belirtildiği gibi görsel bölgede büyük değişiklik yapılmadan az da olsa arttırılmış olacaktır.

Bu önerinin kalıp maliyet analizi Çizelge 4.8’ da belirtilmiştir bu değer öneri 3’ de bahsedilen değişikliklerin maliyetini de kapsamaktadır. Aynı zamanda verilen tahmini maliyet analizi iki değişikliği de (dış yarıçap artırımı ve yatay kaburga ekleme) kapsamaktadır.

Çizelge 4.8 : Kapı alt kapama plastik – Öneri 4 – Dış yarıçap ve yan kaburga.

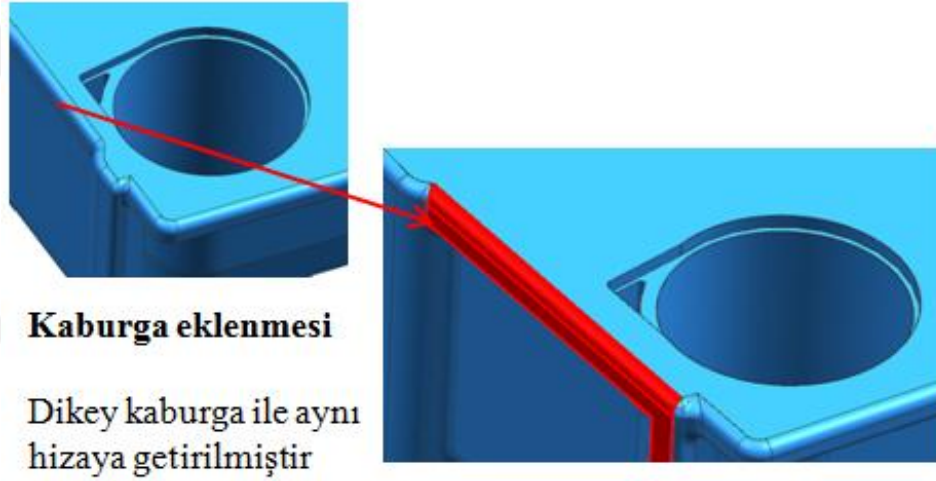
Öneri 4 toplam maliyet (Öneri 3 dahil)	
Enjeksiyon kalıbı modifikasyon	14.000 TL
Toplam	14.000TL



Yarıçap artırma

$r=1.3$ ($r=0.5$ 'den)

Şekil 4.9 : Kapı alt kapama plastik – Öneri 4 – Yarıçap artırma.



Kaburga eklenmesi

Dikey kaburga ile aynı hizaya getirilmiştir

Şekil 4.10 : Kapı alt kapama plastik – Öneri 4 – Yan kaburga ekleme.

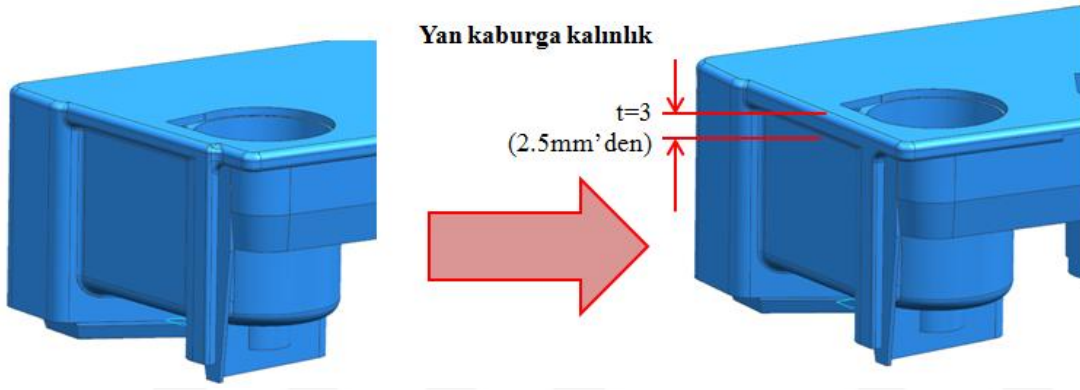
4.3.5 Kapı alt kapama plastik – Öneri 5 – Adım iptal edilmesi

Bu öneriye kadar kapı alt kapama plastik parçası üzerine verilen önerileri önceki önerinin üzerine dahil edilerek ilerlenmişti. Öneri 5' de ise öneri 2' de gelen Şekil 4.7' de gösterilmiş değişiklik önerisi çıkarılıp yerine Şekil 4.11' de ve Şekil 4.12' de gösterilen değişiklikler dahil edilerek yeni öneri oluşturulmuştur. Şekil 4.11' de gösterilen değişiklik ilave gelen yatay kaburganın kalınlığının 2,5 mm' den 3 mm' ye çıkarılmasıdır. Şekil 4.12' de belirtilen değişiklik ise kapı alt kapama plastik parçasının ön, yan ve üst yüzeylerinin birleştiği köşede bulunan adımın (step) iptal edilerek simülasyon sonuçlarında görülen en zayıf birleşimlerden birinin ortadan kaldırılması amaçlanmıştır. Aynı zamanda ilave olarak gelen bölgenin alt köşe tarafında kalan yarıçap 1,5 mm olarak verilmiştir. Bu değişiklikler ile az da olsa

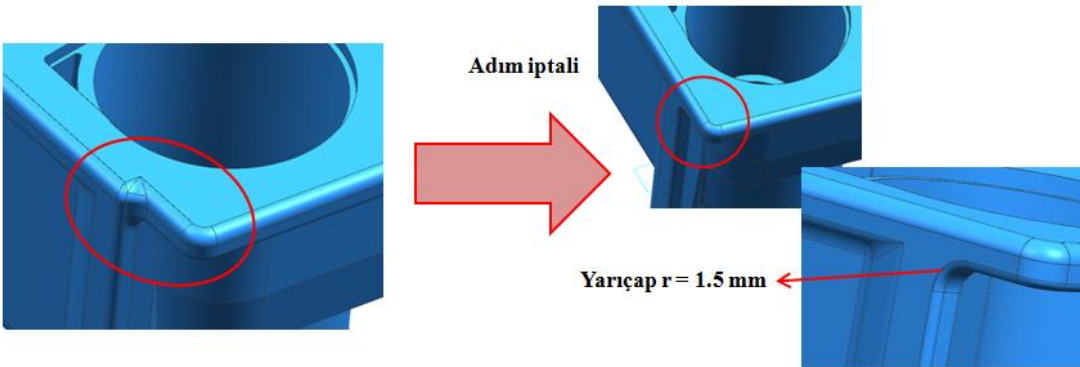
parçanın görsel kısımlarında değişiklik yapılmış olacaktır bu yüzden bu öneri için endüstriyel tasarımcılardan onay alınıp ilerlenmiştir. Bu değişiklikle beraber yapılacak kalıp modifikasyonunun tahmini maliyet analizi Çizelge 4.9’ da belirtilmiştir ve değerde diğer öneriler de dahildir. Verilen tahmini değer iki değişikliği de (yan kaburga kalınlık artırılması ve köşe adım iptal edilmesi) kapsamaktadır.

Çizelge 4.9 : Kapı alt kapama plastik – Öneri 5 – Adım iptal edilmesi.

Öneri 5 toplam maliyet (Öneri 4 dahil)	
Enjeksiyon kalıbı modifikasyon	9.500 TL
Toplam	9.500TL



Şekil 4.11 : Kapı alt kapama plastik – Öneri 5 – Yan kaburga kalınlık.



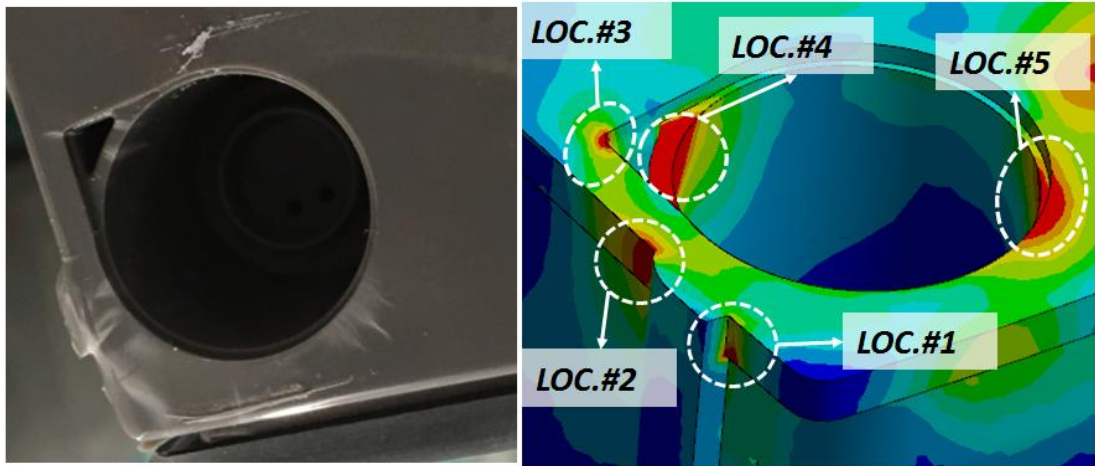
Şekil 4.12 : Kapı alt kapama plastik – Öneri 5 – Adım iptal edilmesi.

4.4 Tasarım Çalışmalarının Karşılaştırılması

Kapı alt kapama destek parçası ve kapı alt kapama plastik parçası çözüm önerileri toplandıktan sonra önerilerin karşılaştırılıp en optimum çözüme yönelmek adına çözüm önerilerin değerlerini veren bir değer atama mantık sistemi kurulması gerekir.

Bu sistemdeki veriler hesaplanabilir ve bütün önerilere uygulanabilir olması gerekmektedir. Bütün çözümlere ayrı ayrı test uygulamak mümkün olmayacağı için her bir öneriye simülasyon yaparak karşılaştırma için bir metot oluşturulabileceği üzerine odaklanılmıştır. Bu aşamada da problemi tanımlarken uygulanan simülasyon yöntemi sonuçları ile test yönteminin sonuçları birbirini doğrulaması güvenilir bir karşılaştırma olacağını göstermiştir. Yine problemi tanımlarken uygulanan simülasyon sonucunda belirlenen akma bölgelerine (kırmızı bölgeler) numaralar verilip o bölgelerdeki iyileşmeler yüzde olarak veri oluşturulabilir ve bu veriler matris oluşturularak öneriler karşılaştırılabilir.

Şekil 4.13’ de aşırı germe testi sonucunda oluşan parça üzerindeki görüntü ve simülasyon sonucunda belirlenen akma bölgelerinin numaralandırılmış olarak görseli belirtilmiştir.








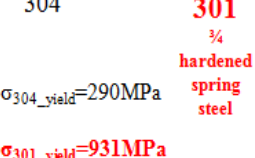
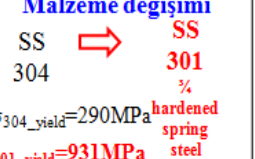
Şekil 4.13 : Numaralandırılmış akma bölgeleri.

Bu karşılaştırma yönteminde her bir öneriye simülasyon yapılarak belirtilen bölgelerdeki iyileşmeler (problem tanımlanırken belirlenen uzama değerleri referans olarak alınacak) ayrı ayrı yüzde olarak verilerek karşılaştırma yapılacaktır. Yine bu yöntemde öneri sınıflandırmasına uygun olarak önce kapı alt kapama destek sacı için verilen öneriler kıyaslanacak sonrasında kapı alt kapama plastik parçası için toplanan öneriler karşılaştırılacaktır.

Her bir öneri için toplam ortalama iyileşme miktarları karşılaştırıldıktan sonra her çözümün uygulanabilmesi için gereken tahmini maliyetleri de kıyaslanacaktır. Tanımlanmış problemin verimli olarak çözümü en önemli faktör olsa da maliyet hesabı da mühendislik yaklaşımı açısından önemli olarak görülür.

4.4.1 Kapı alt destek sacı tasarım karşılaştırılması

Kapı alt destek sacında iyileşme yapabilmek adına 4 farklı öneri verilmişti bu önerilerin önce kısaca özetini oluşturup sonrasında kırılmaların gözlemlendiği kapı alt kapama plastik parçası üzerinde belirlenen bölgelerdeki (akma bölgeleri) etkisi karşılaştırılacaktır. Son olarak da bu çözümlerin uygulanması için gereken tahmini maliyet hesabı paylaşılacaktır. Şekil 4.14’ de kapı alt destek sacı için verilen tasarım önerilerinin özeti verilmiştir.

Öneri 1	Öneri 2	Öneri 3	Öneri 4
Pah (Chamfer) eklenmesi	Pah (Chamfer) + emboss eklenmesi	Malzeme değişikliği - t:0,5 mm	Malzeme değişikliği - t:1 mm
			
			
		<p>Malzeme değişikliği</p> <p>SS 304 \Rightarrow SS 301 $\frac{1}{4}$ hardened spring steel</p> <p>$\sigma_{304_yield}=290\text{MPa}$</p> <p>$\sigma_{301_yield}=931\text{MPa}$</p>	<p>Kalınlık değişikliği</p> <p>t=0.5 \Rightarrow t=1mm</p> <p>Malzeme değişikliği</p> <p>SS 304 \Rightarrow SS 301 $\frac{1}{4}$ hardened spring steel</p> <p>$\sigma_{304_yield}=290\text{MPa}$</p> <p>$\sigma_{301_yield}=931\text{MPa}$</p>

Şekil 4.14 : Kapı alt destek sacı önerilerinin özeti.

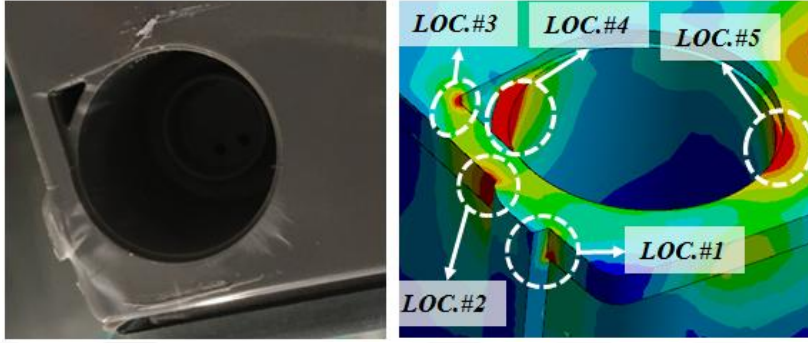
Şekil 4.14’ de belirtilen tasarım önerileri için ayrı ayrı analizler yapıлып analiz sonuçlarında da daha önce belirlenmiş kapı alt kapama plastik parçası üzerindeki bölgelerde görülen iyileşmeler Şekil 4.15’ de karşılaştırma verileri ile belirtilmiştir.

Kapı alt destek sacı için verilen önerilerin uygulanması için gereken tahmini maliyet bilgileri Çizelge 4.10’ da belirtilmiştir.

Çizelge 4.10 : Kapı alt destek sacı tahmini maliyet karşılaştırma.

Öneri No	Toplam (TL)
Öneri 1	15.000 TL
Öneri 2	28.000 TL
Öneri 3	5.000 TL
Öneri 4	10.000 TL

İlk durum		Öneri 1		Öneri 2		Öneri 3		Öneri 4	
	Uzama	Uzama	%Değişim	Uzama	%Değişim	Uzama	%Değişim	Uzama	%Değişim
LOC.#1	4,93	2,3	53%	2,36	52%	1,8	63%	1,76	64%
LOC.#2	3,36	2	40%	2,09	38%	1,65	51%	1,55	54%
LOC.#3	5,76	2,54	56%	1,96	66%	2,03	65%	1,85	68%
LOC.#4	4,66	3,32	29%	3,05	35%	2,6	44%	2,37	49%
LOC.#5	4,88	3,75	23%	4,93	-1%	4,5	8%	3,2	34%
Toplam İyileşme		41%		39%		46%		54%	



Şekil 4.15 : Kapı alt destek sacı önerilerin karşılaştırması.

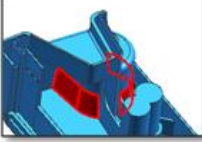

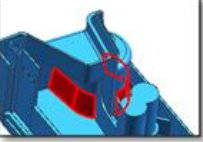
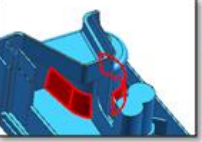
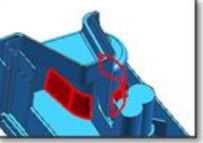






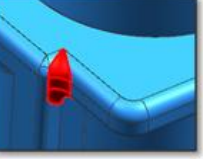
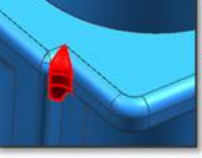
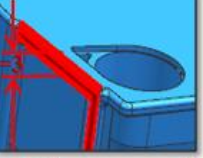
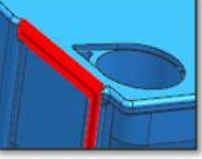

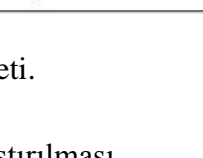
Kapı alt kapama destek sacı için verilen önerilere simülasyon yapıldığında öneri 4 yani parçanın malzemesini 304 paslanmaz çelikten 301 paslanmaz çeliğe dönüştürüp malzeme kalınlığını da 0,5 mm' den 1 mm' ye çıkarmak deformasyonların gözlemlendiği bölgelerde %54 oranında iyileşme olacağı gözlemlenmiştir. Tahmini maliyetler açısından değerlendirildiğinde ise öneri 3 yani parçanın sadece malzemesini 304 paslanmaz çelikten 301 paslanmaz çeliğe dönüştürmek en uygun olduğu görülmektedir.

4.4.2 Kapı alt kapama plastik tasarım karşılaştırılması

Kapı alt kapama plastik parçası için belirlenen tasarım sınırları göz önünde bulundurularak 5 çözüm önerisi verilmişti bu önerileri hangi öneri hangi değişiklikleri kapsadığını görüp karşılaştırmak adına önerilerin özeti Şekil 4.16' da belirtilmiştir. Öneriler sırasında analizler yapılmış olumlu katkısı olduğu gözlemlenen öneriler korunarak yeni öneri verilirken yeni öneri içine dahil edilmiştir. Bu sayede bir öneri birden fazla değişikliği kapsamaktadır.

Kapı alt kapama plastik parçasının üzerinde Şekil 4.13' de belirtildiği gibi akma gözükebilecek bölgeler tanımlanmış ve numaralandırılmıştı. Belirlenen tasarım önerilerine ayrı ayrı analiz yapılarak Şekil 4.17' de karşılaştırılma yapılmıştır. Karşılaştırma yapılırken yine deformasyonların gözlemlendiği belirlenen bölgelerdeki iyileşmeler göz önünde bulundurulmuştur bu bölgeler karşılaştırma

kolaylığı olması için Şekil 4.17’ de verilen tablonun altında yeniden gösterilmiştir. Proje sırasında ilk amaçlanan konu problemin ortadan kaldırılması olsa da yine yapılacak değişikliklerin maliyet verileri göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Her bir öneri için ayrı ayrı maliyet analizleri yapılarak plastik enjeksiyon kalıbının modifikasyonu için gereken maliyet analizleri Çizelge 4.11’ de gösterilmiştir. Maliyet analizlerinin gösterildiği çizelgedeki veriler tahmini verilerdir.

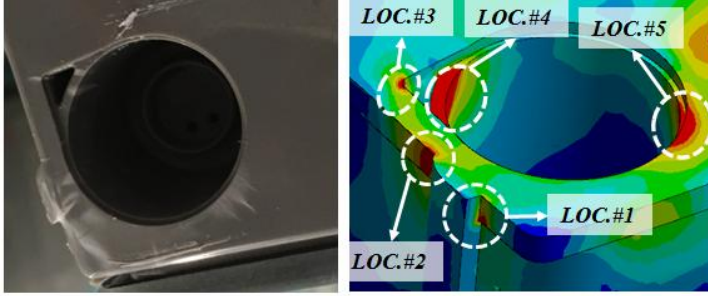
Öneri 1	Öneri 2	Öneri 3	Öneri 4	Öneri 5
Pah (Chamfer) eklenmesi	Yarıçap (radius) değişikliği	Kaburga (rib) ekleme	Yarıçap ve kaburga	Adm iptal edilmesi
				
				
				
				
				
				

Şekil 4.16 : Kapı alt kapama plastik çözüm önerileri özeti.

Çizelge 4.11 : Kapı alt kapama plastik tahmini maliyet karşılaştırılması.

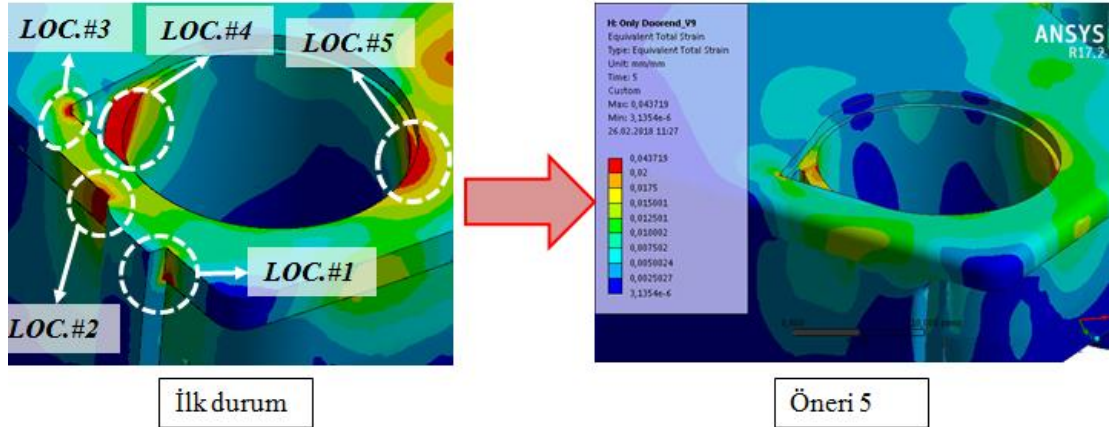
Öneri No	Toplam (TL)
Öneri 1	5.000 TL
Öneri 2	12.000 TL
Öneri 3	13.300 TL
Öneri 4	14.000 TL
Öneri 5	9.500 TL

İlk durum	Öneri 1		Öneri 2		Öneri 3		Öneri 4		Öneri 5	
	Uzama	%Değişim	Uzama	%Değişim	Uzama	%Değişim	Uzama	%Değişim	Uzama	%Değişim
LOC.#1	4,93	7%	4,52	8%	4,08	17%	3,06	38%	0,085	98%
LOC.#2	3,36	5%	3,04	10%	2,93	13%	1,26	63%	1,41	58%
LOC.#3	5,76	5%	2,6	55%	2,39	59%	2,36	59%	4,37	24%
LOC.#4	4,66	8%	3	36%	3,01	35%	3,09	34%	3,44	26%
LOC.#5	4,88	52%	2,44	50%	2,02	59%	2,25	54%	2,24	54%
Toplam İyileşme		16%		33%		39%		49%		51%



Şekil 4.17 : Kapı alt kapama plastik parçası öneri karşılaştırılması.

Verilen önerilerin iyileşme kazançları karşılaştırılması yapıldığında öneri 5 en fazla iyileşmenin görüldüğü öneri olarak göze çarpıyor. Detaylı incelediğimizde ise öneri 5’ de özellikle LOC#1 ile gösterilen bölgedeki ki bu bölge aşırı germe testinde kırılmanın gözlemlendiği bölgedir uzama miktarı neredeyse yok olmuştur LOC#2 ile gösterilen bölgede ise %58 oranından iyileşme gözlemlenmiştir. Şekil 4.18’ de ilk durumdaki kapı alt kapama plastik parçasının analiz görseli ile öneri 5 uygulandığındaki analiz sonucunu gösterilmiştir.



İlk durum

Öneri 5

Şekil 4.18 : İlk durum ile öneri 5 analiz karşılaştırılması.

Şekil 4.18’ de gösterilen bölgeler malzeme üzerindeki uzama değerlerini göstermektedir. Kırmızı bölgeler, uzama değerinin malzeme akma değerinin %90’ ı ve üzerine ulaştığı bölgeleri göstermektedir.

Maliyet açısından karşılaştırıldığında ise öneriler arasında büyük farklılıklar olmadığı gözlemlenmiştir.



5. SONLU ELEMANLAR ANALİZİ

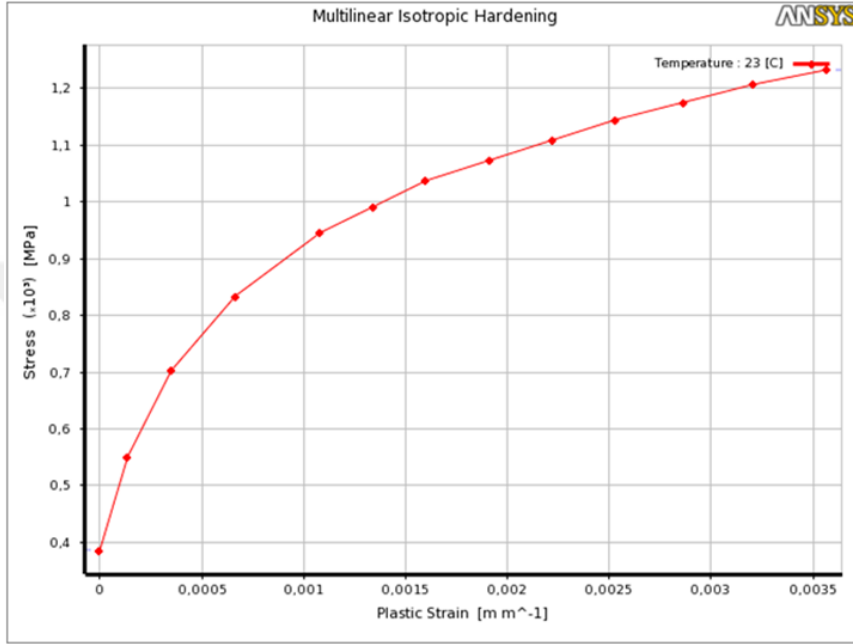
Projenin başında problem görülen cihazlar incelenip kök nedenin belirlenebilmesi için sonlu elemanlar analizi yapılmıştı. Laboratuvar ortamında testler yapılarak hem problemin kök nedeni tanımlandı hem de yapılan sonlu elemanlar analizinin doğruluğu teyit edilmişti. Problemin çözümüne ulaşabilmek adına önce uygulanmış benzer çözümler araştırıldı, tasarım çalışmasında verimli çözümler bulmak adına literatür çalışmaları yapıldı sonra deformasyona uğrayıp problemin kök nedenini oluşturan kapı alt kapama plastik ve kapı alt destek sacı parçaları için ayrı ayrı tasarım çalışmaları yapıldı ve bulunan çözümler için parça bazlı olarak tasarım matrisi oluşturulup en optimum çözüme ulaşılmaya çalışılmıştı.

Bu bölümde, kapı alt destek sacı ve kapı alt kapama plastik parçaları için ayrı ayrı olarak yapılan çözüm önerilerinden en verimli olan kapı alt destek sacı 4. öneri ve kapı alt kapama plastik parçası 5. öneri birleştirilip ne kadar iyileşme olacağını gözlemlemek hedeflenmiştir.

Çalışma başlangıcında kapı alt destek sacı 4. öneride belirlenen 1 mm 301 (1,4310) paslanmaz çelik parça datası ve kapı alt kapama plastik parçası 5. Öneride belirlenen değişiklikler parça CAD datasına yansıtılıp analiz için hazır hale getirilmiştir. Sonrasında her bir parça için malzeme tanımlamaları yapılmıştır. Bu aşamada bölüm 2' de problemin kök nedeni tanımlanırken yapılan malzeme tanımları kullanılmıştır. İlave olarak sadece öneri ile dahil edilen 301 (1,4310) paslanmaz çelik malzemesi kapı alt destek sacı için tanımlanmıştır. Belirtilen 301 paslanmaz çelik akma dayanımı 931 MPa olarak tanımlanmıştır bu veri malzeme teknik bilgi kağıdından elde edilmiştir[16]. Ayrıca 301 paslanmaz çelik malzemenin her bir gerilme değerinde gösterdiği plastik uzama verisi elde edilip Şekil 5.1' de belirtilen gerilme – plastik uzama grafiği çizdirilip firma veri tabanında saklanmıştır [18].

Malzeme girişleri tamamlandıktan her bir parça için temas koşulları sağlanmıştır. Her parça için eleman tanımlama işlemleri yapılmıştır ve çoğunlukla Tetra ve Quadra mesh elemanları kullanılmıştır. Analiz sırasında sınır koşulları belirlenirken orta menteşe yatak parçasının merkezini 3 ekseninde de (x,y,z) sabitleyip rijit bağlanmıştır.

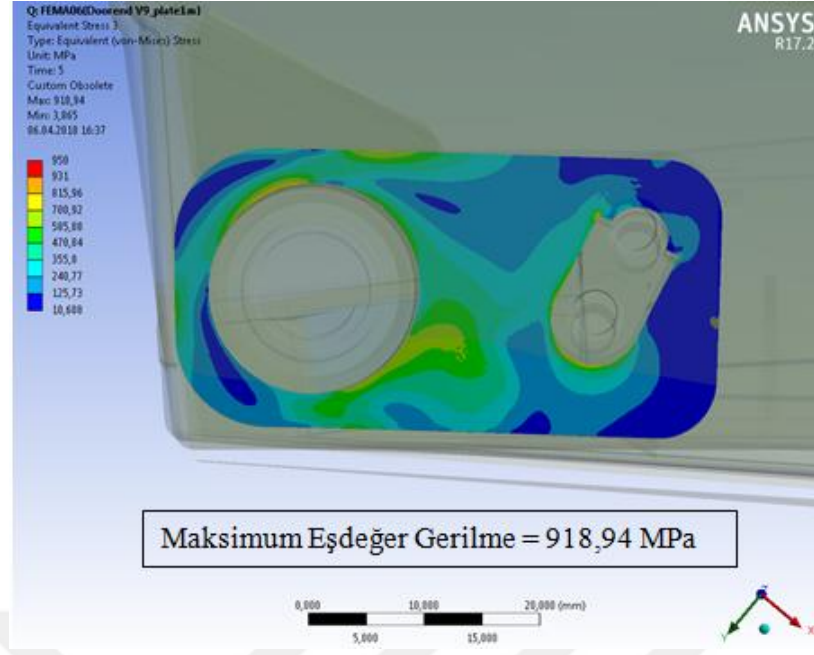
Gerekli bütün koşullar sağlandıktan sonra çözdürme işlemi yapıp deformasyona uğrayan parçalar üzerindeki değişimler yani kapı alt destek sacı ve kapı alt kapama plastik parçalarında görülen değişimler incelenmiştir. Sonrasında tasarım karşılaştırma matrisi oluşturulurken tanımlanan bölgelerdeki iyileşmelerin değerini ölçebilmek için yeni benzer tablo oluşturulup görülebilecek maksimum iyileşme değerine ulaşmak amaçlanmıştır.



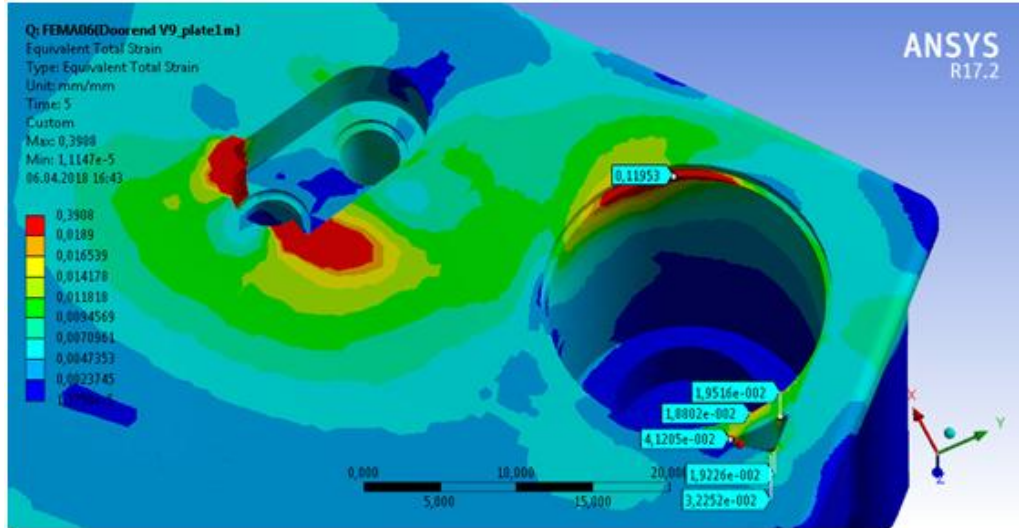
Şekil 5.1 : 301 (1,4310) paslanmaz çelik gerilme-plastik uzama grafiği [18].

Çözdürme işlemi tamamlandıktan sonra kapı alt destek sacı için elde edilen gerilme dağılımı Şekil 5.2' de gösterilmiştir. Kapı alt kapama plastik parçası için oluşan uzama dağılımı ise Şekil 5.3' de belirtilmiştir. Şekil 5.3'deki kırmızı bölgeler, uzama değerinin malzeme akma değerinin %90' ı ve üzerine ulaştığı bölgeleri göstermektedir.

Çözdürme sonrası kapı alt kapama plastik parçası üzerindeki iyileşmeyi görebilmek amacıyla Şekil 5.4' de ilk durum yani problemin tanımlaması yapılırken uygulanan simülasyonda elde edilen değerler referans alınarak parça üzerinde görülebilecek maksimum iyileşmelerin yüzde olarak değerleri belirtilmiştir. Şekil 5.4' de tasarım karşılaştırma matrisi oluşturulurken kullanılan bölgeler kullanılarak karşılaştırma yapılmıştır. Şekil 5.4' deki ilk durum olarak belirtilen değerler problemin gözlemlenip tanımlaması yapılırken uygulanan durumu göstermektedir, son durum ise kapı alt destek sacı öneri 4 ve kapı alt kapama plastik parçası öneri 5 çözümlerinin ortak olarak uygulandığı durumu göstermektedir.

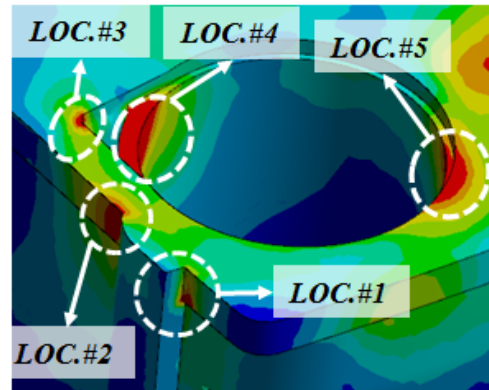


Şekil 5.2 : Kapı alt destek sacı üzerindeki gerilme dağılımı.



Şekil 5.3 : Kapı alt kapama plastik üzerindeki uzama dağılımı.

	İlk durum		Son durum	
		Uzama	Uzama	%Değişim
LOC.#1		4,93	0,085	98%
LOC.#2		3,36	1,41	58%
LOC.#3		5,76	1,92	67%
LOC.#4		4,66	1,88	60%
LOC.#5		4,88	1,19	76%
Toplam İyileşme			80%	



Şekil 5.4 : En fazla iyileşmenin olduğu çözüm ile ilk durum karşılaştırılması.

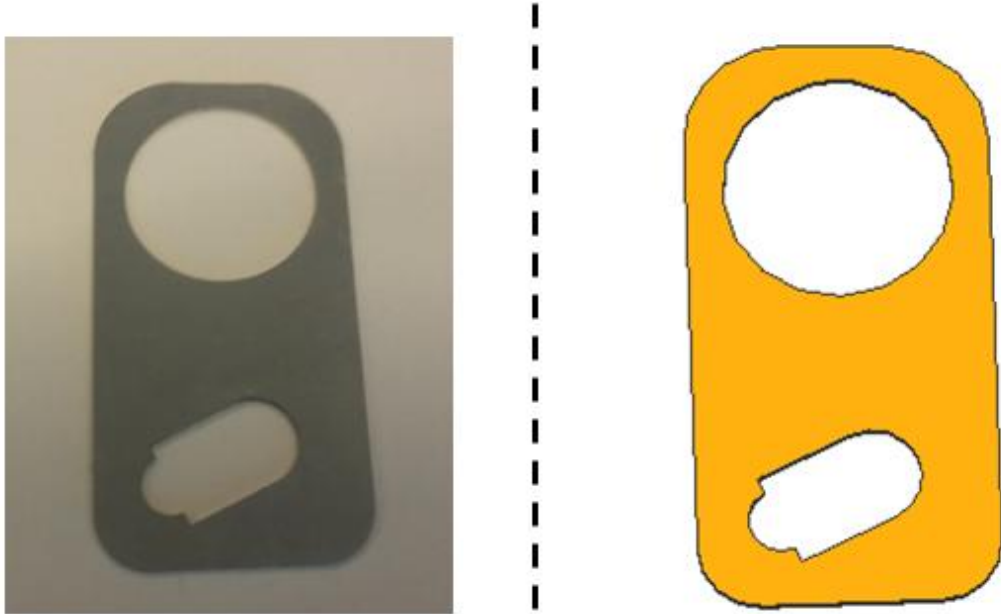


6. NUMUNE VE TEST ÇALIŞMALARI

Tasarım çalışmaları ve önerilen tasarımların sonlu elemanlar analizleri tamamlandıktan sonra görülen en verimli çözüm için numune ve test çalışmaları ile doğrulama yapılmalıdır. Bu aşamada kapı alt kapama plastik parçası için numune çalışması yapılması düşünülmüş fakat sağlanacak numune gerçeği tam olarak simüle edemeyeceği için analiz yapılarak doğrulama yapılması daha uygun görülmüştür.

Kapı alt destek sacı için numuneler temin edilip testlerin yapılması gerçeğe %100'e yakın doğrulama sağlayacağı için kapı alt destek sacı için numune ve testlerin yapılması daha uygun görülmüştür. Bu aşamada kapı alt destek sacı için 3. ve 4. öneri yani simülasyonlar ve maliyet açısından en verimli olarak görülen iki öneri için numune çalışmaları yapılmıştır.

Tedarikçiden 301 (1,4310) kalite paslanmaz çelik malzemeden 0,5 mm ve 1 mm olarak iki farklı türde lazer kesim ile üretilmiş numuneler tedarik edilmiştir. Gelen numuneler ölçüm yapılarak teknik resimde belirtilen tolerans aralıkları içinde olan numuneler testleri uygulamak adına seçilmiştir. Şekil 6.1' de tedarik edilmiş lazer kesim numunenin görseli paylaşılmıştır.



Şekil 6.1 : Test çalışması için numune örneği.

Temin edilen kapı alt destek sacından sonra üretim hattında yeni numuneler kullanılarak 4 adet numune cihazlar üretilmiştir. İki tanesinde 0,5 mm kalınlığında 301 kalite paslanmaz çelik numune diğer ikisinde de 1 mm kalınlığında 301 kalite paslanmaz çelik numune kullanılmıştır. Cihazların üretimi sırasında kullanılan her parça seri şartlarda nasıl montaj işçiliği görüyorsa o şekilde montaj yapılmıştır.

6.1 Aşırı Germe Testlerinin Uygulanması

Gerekli numune çalışmaları ve cihaz üretimleri tamamlandıktan sonra mekanik laboratuarda sırayla cihazlar IEC 60335-2-24 yönetmeliğine dayandırılarak oluşturulmuş aşırı germe testine alınmıştır. Test için önce 0,5 mm kalınlığındaki kapı alt destek sacı numuneleri ile üretilmiş cihazlar sonrasında 1 mm kalınlığındaki numuneler ile üretilmiş cihazlar teste alınmıştır.

6.1.1 Öneri 3 – 0,5 mm 301 paslanmaz çelik test uygulanması

Lazer kesimle üretilmiş 0,5 mm kalınlığındaki 301 (1,4310) paslanmaz çelik numune temin edilip üretim hattında numune cihaz üretimi tamamlandıktan sonra IEC 60335-2-24 yönetmeliğinin 20.102 bölümüne ve UL 250 dayandırılarak oluşturulmuş kapı yükleme testi referans alınarak kapı üzerindeki raflara yükleme yapılmıştır [2-3]. (Yükleme detaylar 2. bölümde sayfa 8’ de detaylı olarak açıklanmıştır)

Yükleme işlemi tamamlanan cihazlara IEC 60335-2-24 yönetmeliğine dayandırılarak oluşturulmuş aşırı germe testi uygulanmıştır [2]. Bu test detayları 2. bölümde sayfa 8-9’da detaylı olarak anlatılmıştır. Kısaca özetlemek gerekirse, kapı durdurma noktasına kadar açıldıktan sonra kapının kapı kolu tarafından dikey olarak orta kısmından 50 N değerinde kuvvetle 10 defa zorlanır her zorlanma 10 saniye sürecek şekilde uygulanır.

Aşırı germe testi uygulaması tamamlandıktan sonra kapı alt kapama sacı üzerindeki deformasyon durumunu görebilmek amacıyla dikkatli bir şekilde cihaz üzerinden kapı sökölüp ilgili parça incelemeye alınmıştır. Şekil 6.2’ de gösterildiği gibi sadece 0,5 mm kalınlığındaki 301 (1,4310) kalite paslanmaz çelik parça kullanıldığında bile kırılmanın önüne geçilmiştir fakat kapı alt kapama sacının menteşe yatak deliğinin etrafında çok beyazlamalar bulunmaktadır. Kapı alt destek sacı parçasının tasarımında ve kalınlığında değişiklik yapılmadan sadece malzemesinin 301

paslanmaz çeliğe döndürülme önerisi (kapı alt destek sacı öneri 3) için simülasyon yapıldığında ilk durumda kırılmanın gözlemlendiği bölgelerde (LOC#1 ve LOC#2) ciddi iyileşmelerin olacağı beklenmişti. Sadece LOC#4 ve LOC#5 bölgelerinde deformasyonların oluşabileceği sonucunu alınmış idi. (Bölüm 4 sayfa 51)

Test sonucunda da simülasyon sonucuna paralel sonuçlar olduğu gözlemlenmiştir. Şekil 5.2' deki görsel incelendiğinde sadece LOC#4 ve LOC#5 bölgelerinde beyazlamalar oluşmuştur. Aynı zamanda simülasyon sonuçları laboratuvar ortamında gerçek testler ile doğrulanmıştır.



Şekil 6.2 : Öneri 3 - 0,5 mm kalınlığında 301 paslanmaz çelik ile test.

6.1.2 Öneri 4 – 1 mm 301 paslanmaz çelik test uygulanması

Lazer kesim ile üretilmiş 1 mm kalınlığındaki 301 (1,4310) paslanmaz çelik kapı alt destek sacı numunesi tedarik edildikten sonra üretim hattında seri şartlarda cihaz üzerinde montaj edilip test için hazır hale getirilmiştir.

2. bölüm sayfa 7' de detaylı açıklandığı gibi yükleme testi şartlarına uygun halde kapı üzerindeki raflara yükleme işlemi yapılmıştır. Sonrasında yine bölüm 2 sayfa 8 ve 9' da detaylı olarak anlatıldığı gibi IEC 60335-2-24 yönetmeliğine dayandırılarak oluşturulmuş aşırı germe testi uygulanmıştır [2].

Test sonucunda Şekil 6.3' de gösterildiği gibi kapı alt kapama plastik parçasında kırılma gözlemlenmemiştir sadece çok küçük boyutta beyazlama görülmüştür.

Öneri 4 için yapılan simülasyon çalışmasında kapı alt kapama plastik parçasında oluşturulan bölümlerin tamamında ciddi iyileşmelerin görülebileceği beklenmişti. LOC#5 ile tarif edilen bölgede küçük deformasyon olabileceği diğer bölgelerde herhangi bir deformasyon olmayacağı bekleniyordu. Test sonuçları ile karşılaştırıldığında da analiz çalışmasına benzer sonuçların elde edildiği kapı alt kapama plastik parçasında kırılmanın gözlemlenmediği ve beyazlamaların da çok büyük ölçüde önüne geçildiği belirlenmiştir.



Şekil 6.3 : Öneri 4 - 1 mm kalınlığında 301 paslanmaz çelik ile test.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

7.1 Sonuçlar

Solo soğutucu cihazların mekanik testleri ve denemeleri sırasında kapı alt kapama plastik parçası üzerinde kırılmalar olduğu gözlemlenmiş ve bu kırılmaların gözlemlenmesi ve süreklilik arz eden bir probleme dönüşmesi durumunda çözümler aranması için çalışmalar başlatılmıştır.

Tez kapsamında öncelikli olarak probleme etki edebilecek parçalar incelenip parçalar hakkında bilgilen toplanmıştır sonrasında hem problemin münferit olmayıp süreklilik gösterebileceğinin belirlenmesi hem de problemin kök nedenini belirleyip problem tanımının yapılabilmesi için cihazlar üzerinde IEC 60335-2-24 yönetmeliğine dayandırılmış mekanik testler yapıp sonuçları irdelenmiştir. Test çalışmaları tamamlandıktan sonra yine test koşulları referans alınarak parçalar üzerinde sonlu elemanlar analizi yapıp test sonuçları simülasyon çalışmalarıyla teyit edilmiştir ve problemin kök nedeni belirlenip problem tanımı yapılmıştır.

Çözüm aşamasına geçilmeden önce benzer çözümlerin incelenmesi amacıyla patent araştırmaları ve firma içinde bulunmuş diğer çözümler için çalışmalar yapılmıştır. Çözüm önerileri sırasında doğru çalışmalar yapmak ve başka problemlere sebep olmamak amacıyla plastik ve sac parçaların tasarımların dikkat edilmesi gereken hususlar için literatür araştırmaları yapılmıştır.

Tasarım önerileri belirlenirken deformasyon gözlemlenen kapı alt destek sacı ve kapı alt kapama plastik parçaları için ayrı ayrı olarak tasarım önerileri toplanmış ve her biri için analizler yapıp karşılaştırma matrisleri oluşturulmuştur.

Kapı alt destek sacı ve kapı alt kapama plastik parçaları için oluşturulan tasarım önerileri arasında en fazla iyileşmelerin görüleceği öneriler birleştirilerek sonlu elemanlar analizi yapılmıştır. Birleştirilmiş öneriler için analiz yapılırken problemin tanımının yapılması sırasında uygulanan bütün sınır ve temas koşulları korunup sadece değişen CAD tasarımı ve malzeme bilgileri güncellenerek yapılmıştır bu sayede problem ve çözüm arasındaki karşılaştırmada hata oranı minimize edilmiştir. Yapılan analiz sonrasında problemin gözlemlendiği tüm bölgelerde yüksek oranda iyileşmeler tespit edilmiştir.

Kapı alt destek sacı için verilen öneriler arasında iki çözüm önerisi için numune çalışması yapıp mekanik testler uygulanmıştır. Yapılan testler sonucunda hem parçalar üzerindeki iyileşmeler ortaya konulmuş hem de yapılan analizlerin sonuçları doğrulanmıştır.

7.2 Öneriler

Tez çalışması sırasında problem tanımlanırken yapılan test ve analizlerde ilk durumda kapı alt destek sacının oluşan gerilmeler sonucunda plastik deformasyona uğrayıp görevini yerine getirememesi ve oluşan momenti kapı alt kapama plastik parçasına taşıdığı ortaya konulmuştur. Bu bağlamda kapı alt destek sacı için akma dayanımı daha yüksek malzeme kullanılabileceği ve malzeme et kalınlığının artırılabilceği görülmüştür.

Tez çalışmasında kapı alt kapama plastik parçasının çalışma koşullarında ilk olarak zayıf kaldığı bölgeler ortaya konuşmuştur sonrasında bu deformasyonların da görüldüğü bu zayıf bölgelerin güçlendirilmesi amacıyla tasarım değişikliği yapıp modifikasyon uygulanarak parça üzerindeki deformasyonların ortadan kaldırılabileceği ortaya konulmuştur.

Sadece problemin görüldüğü modelde kullanılan kapı alt kapama plastik parçasında değil diğer modellerde kullanılan ve ilerideki projelerde kullanılacak kapı alt kapama plastik parçalarında tez içinde faydası ispatlanmış güçlendirme çalışmaları uygulanabilir.

KAYNAKLAR

- [1] **Carter, M.** (2017). *Problem Solving Methodology*. Alındığı tarih: 12.02.2018; adres: <https://flevy.com/browse/slideshow/8d-the-8-disciplines-problem-solving-methodology-1127>
- [2] **International Electro technical Commission.** (2010). *IEC 60335-2-24+A1:2012 International Standard - Sixth Edition (Household and similar electrical appliances - Safety -)*. Sf. 25. Alındığı tarih: 13/03/2018; adres: http://webstore.iec.ch/webstore/webstore.nsf/ArtNum_PK/46417?OpenDocument
- [3] **Underwriters Laboratories Inc. (UL).** (2010). *UL Standard for Safety for Household Refrigerators and Freezers, UL 250 - Tenth Edition*. Sf. 72-73. Alındığı tarih: 13/03/2018;
- [4] **Elix Polymers.** (2015). *ABS – Elix P2HAT (datasheet)*. Alındığı tarih: 10/03/2018; adres: <https://www.elix-polymers.com/uploads/datasheet/DATASHEET-P2H-AT-20151019--EN.pdf>
- [5] **AK Steel Corporation.** (2017). *Stainless Steel – ASTM Type 304 Stainless Steel (datasheet)*
- [6] **Styrolution.** (2017). *HIPS – Styrolution 454N – Plastic Raw Material (datasheet)*. Alındığı tarih: 10/03/2018
- [7] **BASF.** (2018). *POM Ultraform 2320 – Plastic Raw Material (datasheet)*. Alındığı tarih : 10/03/2018
- [8] **Whirlpool Corporation.** (2015). *Refrigerator with Integrated Hinge Assembly and Door Closing Mechanism – 2017/01311734*. Alındığı tarih: 18/03/2018
- [9] **Guangdong Galanz Group Co.** (2016). *Structure Integrating Functions of Closing and Limiting Door Body of Refrigerator – CN106766595*. Alındığı tarih: 18/03/2018
- [10] **Hisense Ronshen Guangdong Co.** (2015). *Door Limiting Structure Used for Refrigerator – CN105464502*. Alındığı tarih: 18/03/2018
- [11] **Aslan, A.** (1997). *Plastik Ürün Tasarım İlkeleri. İstanbul Univ. Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- [12] **Maier, C.** (2009). *Design Guideline for Plastics – Econology Ltd*. Sf. 5-9
- [13] **Aran, A., & Demirkol, M.** (1995). *İmal Usulleri Ders Notları – Plastic Şekil Verme ve Teknolojisi*. Alındığı tarih: 02/04/2018; adres: <http://www2.isikun.edu.tr/personel/ahmet.aran/psv.pdf>
- [14] **Groover, M. P.,** (2010). *Fundamental of Modern Manufacturing – Fourth Edition*. Alındığı tarih: 02/04/2018; adres:

<https://futureingscientist.files.wordpress.com/2014/01/fundamentals-of-modern-manufacturing-4th-edition-by-mikell-p-groover.pdf>

- [15] **Gülmez, T.** (2011). *İmal Usulleri Ders Notları. İstanbul Teknik Üni.* Alındığı tarih: 02/04/2018; adres: <http://web.itu.edu.tr/gulmezt/IMAL%20USULLERI/ch06-Sac%20PSV.pdf>
- [16] **AK Steel Corporation.** (2017). *Stainless Steel – ASTM Type 301 Stainless Steel* (datasheet)
- [17] **Verlag Europa Lehrmittel.** *Mechanical and Metal Trades Handbook.* Sf. 136.
- [18] **ASM International.** (2002). *Atlas of Stress – Strain Curves – Second Edition.*
- [19] **Askeland, D. & Fulay, P. & Wright, W.** (2010). *The Science and Engineering of Materials – Sixth Edition.* Adres: <http://home.ufam.edu.br/berti/nanomateriais/0495296023MaterialsEngineering.pdf>
- [20] **Li, X. ve Chen, J.** (2017). *Stress and Relaxation in Tensile Deformation of 304 Stainless Steel – Article in Journal of Materials Engineering and Performance.* February 2017
- [21] **Karlsson, T.** (2008). *Design and Evaluation – Linköpings Universitet*

ÖZGEÇMİŞ



Ad-Soyad :Emre Emek
Doğum Tarihi ve Yeri :14/04/1987 - Eskişehir
E-posta : emremek337@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2010, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Müh-Mim. Fak., Makine Mühendisliği

MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 09.2011-12.2013 yılları arasında B/S/H/ Ev Aletleri Soğutucu Fabrikasında Geliştirme Mühendisi olarak çalıştı
- 01.12.2013 yılından beri B/S/H/ Ev Aletleri Soğutucu Geliştirme Bölümünde Mekanik Tasarım Mühendisi olarak çalışıyor.