

T.C.
TRAKYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ÇOK KİŞİLİK HİPERBARİK KABİNLERDE FARKLI MALZEME
KULLANILMASININ GEOMETRİ VE MALİYET ANALİZİ**

Tolga KABAK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Tahir ALTINBALIK

EDİRNE-2019

EK-1B

TOLGA Kabak'ın hazırladığı "ÇOKKİŞİLİK HİPERBARİK KABİNLERDE FARKLI MALZEME KULLANILMASININ GEOMETRİ ve MALİYET ANALİZİ" başlıklı bu tez, tarafımızca okunmuş, kapsam ve niteliği açısından MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ Anabilim Dalında bir Yüksek lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

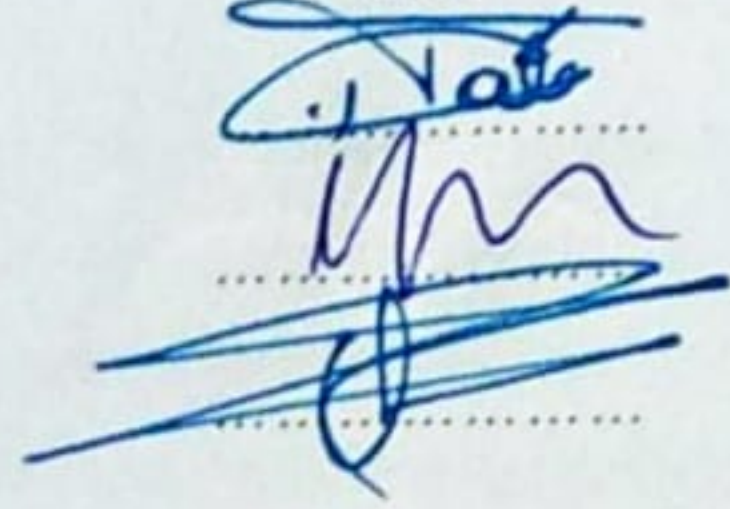
Jüri Üyeleri (Ünvan, Ad, Soyad):

Prof. Dr. Tahir ALTINBALIK

Prof. Dr. Yılmaz ÇAN

Dr. Öğr. Üyesi Olcay EKŞİ

İmza



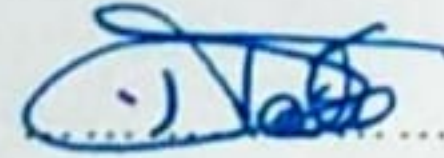
Tez Savunma Tarihi:

23/07/2019

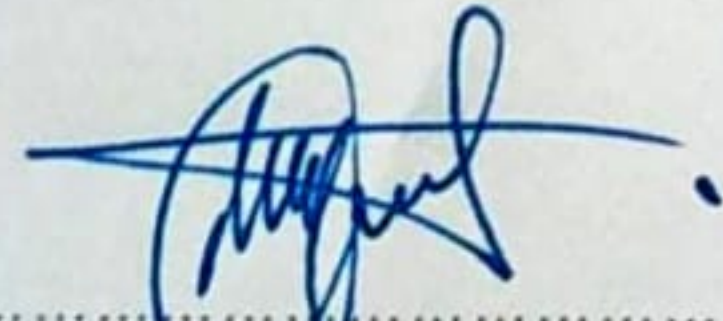
Bu tezin Yüksek Lisans/Doktora tezi olarak gerekli şartları sağladığını onaylarım.

İmza

(Prof Dr, Tahir ALTINBALIK)
Tez Danışmanı



Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü onayı



(Ünvan, Ad, Soyad)
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

Prof.Dr. Murat YURTCAN
Enstitü Müdürü

**T.Ü.FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ YÜKSEK
LİSANS PROGRAMI DOĞRULUK BEYANI**

Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada, tüm verilerin bilimsel ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini, kullanılan verilerde tahrifat yapılmadığını, tezin akademik ve etik kurallara uygun olarak yazıldığını, kullanılan tüm literatür bilgilerinin bilimsel normlara uygun bir şekilde kaynak gösterilerek ilgili tezde yer aldığını ve bu tezin tamamı ya da herhangi bir bölümünün daha önceden Trakya Üniversitesi ya da farklı bir üniversitede tez çalışması olarak sunulmadığını beyan ederim.

23/07/2019

Ad, Soyad

İmza


Tolga KABAK

Yüksek Lisans Tezi

HİPERBARİK ARGE KABİNLERİNİN GEOMETRİK ANALİZİ VE GELİŞTİRİLMESİ

T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

ÖZET

Hiperbarik basınç odalarının sac kalınlıklarının hesaplanmasında AD 2000. EN 13445 ve ASME gibi uluslararası tasarım standartları kullanılırken, ANSY, Catia ve Solidworks gibi programlar da hiperbarik basınç odaları saclarının statik analiz sonuçlarını vermektedir. Analiz sonuçlarında çıkan sac kalınlıkları, çoğunlukla uluslararası tasarım standartındaki ampirik hesaplardan alınan sonuçlardan daha ince çıkmaktadır.

Bu çalışmada uluslararası bir basınçlı kap standardı olan AD 2000 kullanılarak, ampirik hesaplar ile basınç odası bileşenlerinin sac kalınlıkları bulunmuş; Solidworks programının Simülasyon modülü ile çıkan bileşen kalınlıkları analiz edilmiştir. Daha sonra bileşen kalınlıkları kademeli olarak inceltilmiş ve Solidworks programının Simülasyon modülü ile kullanılabilecek güvenli en ince sac kalınlıkları bulunmuştur. Sonuçlar karşılaştırılmış ve kazançlar ortaya konulmuştur.

Uluslararası standart olan AD2000 ile hesaplanan et kalınlıkları Solidworks programının Simülasyon modülü ile hesaplanan et kalınlıklarından kalın çıkmıştır. Sonuç olarak analiz programları kullanılarak hesaplanan silindirik basınç odası, AD 2000 standardı kullanılarak ampirik hesaplar ile bulunan klasik omega tasarımına göre daha az maliyetli, daha hafif ve daha kolay taşınabilir.

Yıl : 2019

Sayfa Sayısı : 118

Anahtar Kelimeler : Hiperbarik basınç odası, AD2000. Simulasyon, Solidworks; Et kalınlığı

Master Thesis
Thickness Analysis of Hyperbaric Chamber
Trakya University Institute of Natural Sciences
Department of Mechanical Engineering

ABSTRACT

While international design standards such as AD 2000, EN 13445 and ASME are used in the calculation of wall thickness of hyperbaric pressure chambers, programs such as ANSYS, Catia and Solidworks provide static analysis results of hyperbaric chamber chambers. The wall thicknesses obtained in the analysis results are mostly thinner than those obtained from hand calculations in international design standards..

In this study, wall thickness of pressure chamber components was calculated by hand calculations using AD 2000, an international pressure vessel standard; The component thicknesses of the Solidworks program were analyzed with the simulation module. Subsequently, the component thicknesses were thinned gradually and the safest thin sheet thicknesses that could be used with the Simulation module of the Solidworks program were found. results are compared and gains are presented.

The wall thicknesses calculated with the international standard AD2000 are thicker than the wall thicknesses calculated by the Simulation module of the Solidworks program. As a result, the cylindrical pressure chamber calculated using analysis programs is less costly, lighter and easier to transport than the conventional omega design found by hand calculations using the AD 2000 standard..

Year : 2019

Number of Pages : 118

Keywords : Hyperbaric chamber, AD2000, Simulation, Solidworks; Wall thickness.

ÖNSÖZ

Bu çalışma, hiperbarik basınç odalarının uluslararası standartlardaki el hesaplamalarıyla elde edilen sac kalınlıklarını Soliworks programının simülasyon modülü yardımıyla, değişik malzemeler ve tasarımlar kullanarak düşürmek; daha hafif, ucuz ve taşınabilir hiperbarik basınç odalarının tasarımını ortaya koyma ile ilgilidir.

Tez çalışmamda planlanmasında, araştırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, değerli eşim Şeyda KABAK'a, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalışmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren sayın hocam Prof. Dr. Tahir ALTINBALIK.a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

BÖLÜM 1	1
BASINÇLI KAPLAR.....	1
1.1 Basınç	1
1.2 Basınçlı Kapların Tanımı	3
1.3 Basınçlı Kapların Kullanım Alanları.....	7
BÖLÜM 2	13
2.1 Hiperbarik Oksijen Tedavisi (Hbot) Nedir	13
2.2 Hbot Nasıl Uygulanır.....	13
2.3 Tedavi Esnasında Hastalar Neler Hisseder.....	14
2.4 Tedavi Ne Kadar Sürer	15
2.5 Hbot Hangi Hastalıklarda Kullanılır.....	15
2.6 Güçlü Tavsiye Edilen Hbo Endikasyonları,	15
2.7 Kontra Endikasyonlar	16
2.8 Yan Etkiler.....	16
2.9 Kullanım Yeri Ve Kullanıcı Bilgisi.....	16
2.10 Geçmişten Günümüze Deniz Ve Su Altı	17
2.11 Su Altı Tarihinin Kronolojisi.....	17
2.12 Hiperbarik Oksijen Tedavisinin Tarihçesi.....	25
2.13 Yüksek Basınçlı Hava Tedavisinin Tarihi	26

BÖLÜM 3	28
4.1. Hiperbarik Basınç Odası	28
4.2. Basınç Odası Tipleri	30
BÖLÜM 4	35
4.1. Hiperbarik Kabin Yapısal Parçaları Ve Hesapları.....	38
4.2. Solidworks Simulation Modülüne Göre Analiz Sonuçları.....	64
4.2.1. Solidworks Programı Nedir ve Nerelerde Kullanılır	64
4.2.2. Solidworks Simulation İle Analiz Yöntemi.....	64
4.3. Analizler	65
4.3.1. Silindirik Gövde Analizi.....	66
4.3.2. Bombeli Duvar Analizi.....	69
4.3.3. Taban Analizi.....	73
4.3.4. Duvar Analizi.....	77
4.3.5. Kapı Analizi.....	81
BÖLÜM 5	86
5.1. Çelik Malzeme Kalınlık Karşılaştırmaları.....	88
5.1.1. Çelik Malzeme Ağırlık Analizi.....	89
5.1.2. Çelik Malzeme Maliyet Analizi	90
5.2. Alüminyum Malzeme Kalınlık Karşılaştırmaları.....	92
5.2.1. Alüminyum Malzeme Ağırlık Analizi	93
5.2.2. Alüminyum Malzeme Maliyet Analizi	94

5.3.	Akrilik Malzeme Kalınlık Karşılaştırmaları.....	96
5.3.1.	Akrilik Malzeme Ağırlık Analizi	97
5.3.2.	Akrilik Malzeme Maliyet Analizi	98
5.4.	Tartışma.....	99
KAYNAKÇA.....		103



ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge 4-1.Silindirik Gövde	39
Çizelge 4-2.Bombeli Duvar	41
Çizelge 4-3.Taban	47
Çizelge 4-4.Dizayn Faktörü-C	48
Çizelge 4-5.Ön, Orta Ve Arka Duvar.....	50
Çizelge 4-6.Kapı	52
Çizelge 4-7.Kör Flanş	54
Çizelge 4-8.İlaç Verme Borusu.....	56
Çizelge 4-9.Kalınlığa Göre Basınca Dayanıklılık.....	58
Çizelge 4-10.İlaç Verme Kapak.....	59
Çizelge 4-11-Nozül	60
Çizelge 4-12.Ampirik Hesaba Göre Karşılaştırmalı Kalınlık Tablosu	63
Çizelge 4-13.Analiz Şartları.....	65
Çizelge 5-1.Çelik Malzeme İçin Karşılaştırmalı Kalınlık Tablosu.....	88
Çizelge 5-2.Alüminyum Malzeme İçin Karşılaştırmalı Kalınlık Tablosu	92
Çizelge 5-3.Akrilik Malzeme İçin Karşılaştırmalı Kalınlık Tablosu.....	96

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1-1.Basıncın Cidara Etkisi	1
Şekil 1-2.Gaz Basıncı.....	2
Şekil 1-3.Basınçlı Hava Tankı	4
Şekil 1-4.Basınçlı Kap Analizi.....	5
Şekil 1-5.Perçinli Basınçlı Kap	6
Şekil 1-6.Hava Tankı	7
Şekil 1-7.Gaz Tüpleri	8
Şekil 1-8.Dalgıç Tüpleri.....	8
Şekil 1-9.Hava Depolama Tankları.....	9
Şekil 1-10.LPG Tankı	9
Şekil 1-11.Kompresör	10
Şekil 1-12.LNG Tankı.....	11
Şekil 2-1.Asur'lu Dalgıçlar	17
Şekil 2-2.Dalış Yapan Dalgıç Tabloürü	18
Şekil 2-3.Büyük İskender'in Su Altı Dalgıçlarının Minyatürü	18
Şekil 2-4.Deri Başlık Kullanan Dalgıç.....	19
Şekil 2-5.İlk Dalış Çanı.....	19
Şekil 2-6.Hava Tedarikli Dalış Çanı	20

Şekil 2-7.Dalış Ekipmanı	21
Şekil 2-8.Triton Dalış Cihazı	22
Şekil 2-9.Duman Başlığı	22
Şekil 2-10.Su Geçirmeyen Kauçuk Elbiseyi Bulan Augustus Siebe, Dean.....	23
Şekil 2-11.Mark V'in dalış elbisesi.....	24
Şekil 2-12.Asurlu Dalgıçlar	25
Şekil 2-13.Büyük İskenderin Dalışı	26
Şekil 2-14.Dünyanın En Büyük Basınç Odası	27
Şekil 3-1.Basınç Odası Ve Üzerinde Bulunan Elemanlar.....	29
Şekil 3-2.Tek Kişilik Basınç Odası	30
Şekil 3-3.Çok Kişilik Basınç Odası	31
Şekil 4-1.Akrilikten İmal Edilen Tek Kişilik Hiperbarik Basınç Odası	36
Şekil 4-2.Silindirik Gövde	38
Şekil 4-3.Bombeli Duvar	41
Şekil 4-4.Dizayn Faktörü	42
Şekil 4-5.Taban	46
Şekil 4-6.Dizayn Faktörü-CE.....	48
Şekil 4-7.Ön, Orta Ve Arka Duvar.....	49
Şekil 4-8.Acıklık Faktörü.....	51
Şekil 4-9.Kapı	52
Şekil 4-10.Kör Flanş	54

Şekil 4-11.İlaç Verme Borusu.....	55
Şekil 4-12.Medikal Bölmenin Kabin İçinde Ve Dışında Kalan Bölümü.....	57
Şekil 4-13.İlaç Verme Kapağı.....	58
Şekil 4-14-Nozül	60
Şekil 4-15.Nozül Ön ve Yan Kesiti	63
Şekil 4-16.Silindirik Çelik Malzeme.....	66
Şekil 4-17.Silindirik Alüminyum Malzeme	67
Şekil 4-18.Silindirik Akrilik Malzeme İçin	68
Şekil 4-19.Bombeli Duvar Çelik Malzeme İçin.....	69
Şekil 4-20.Bombeli Duvar Alüminyum Malzeme İçin	70
Şekil 4-21.Bombeli Duvar Akrilik Malzeme İçin.....	71
Şekil 4-22.Taban Çelik Malzeme İçin	73
Şekil 4-23.Taban Alüminyum Malzeme İçin.....	74
Şekil 4-24.Taban Akrilik Malzeme İçin	76
Şekil 4-25.Duvar Çelik Malzeme İçin	77
Şekil 4-26.Duvar Alüminyum Malzeme İçin.....	79
Şekil 4-27.Duvar Akrilik Malzeme İçin	80
Şekil 4-28.Kapı Çelik Malzeme İçin.....	81
Şekil 4-29.Kapı Alüminyum Malzeme İçin	82
Şekil 4-30.Kapı Akrilik Malzeme İçin.....	84

BÖLÜM 1

BASINÇLI KAPLAR

1.1 Basınç

Basınç, şekil 1.1’ de görüldüğü gibi, birim yüzeye dik olarak etkiyen kuvvet miktarı olarak tanımlanmaktadır. Basıncın birimi “pascal”dır. Pascal (Pa) metrekare başına 1 newton’luk kuvvet olarak tanımlanır. Atmosfer (atm), bar, torr ve milimetre cıva basıncı (mm Hg) da basınç birimi olarak kullanılmaktadır.

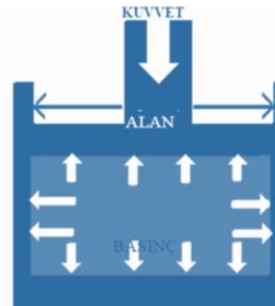
$$1 \text{ Pa} = \text{N/m}^2$$

$$1 \text{ Atm} = 101325 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ Bar} = 100000 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ atm} = 760 \text{ torr}$$

$$1 \text{ mm Hg} = 1 \text{ torr}$$



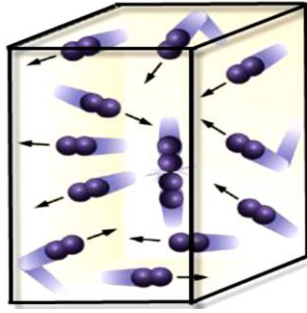
Şekil 1-1.Basıncın Cidara Etkisi

Basınç aşağıdaki formül kullanılarak bulunur

$$\text{Basınç} = \text{Kuvvet} / \text{Yüzey (Alan)}$$

Basınç herhangi bir sıvı ve gaz akışkanın bulundukları kapların birim alanlarına yaptıkları kuvvet olarak da tanımlanabilmektedir.

Gaz molekülleri üç boyutlu öteleme hareketi yaparak içinde bulundukları kabın çeperlerine şekil 1.2’de görünen temsili moleküllerin prizma duvarlarına çarptığı gibi çarparlar. Bu çarpmalar sırasında gaz moleküllerinin çeperin birim yüzeyine uyguladığı kuvvet gaz basıncı olarak tanımlanmaktadır. Bu uygulanan basınç, yüzeyin her yerinde aynıdır. Gazların kapalı kaplara yaptığı basıncın nedeni, gazların ağırlıkları ve gaz moleküllerinin hareketi sebebi ile sınırlanan yüzeylere kuvvet uygulamasıdır



Şekil 1-2.Gaz Basıncı

Gaz basıncı farklı yöntemler kullanılarak da ölçülebilmektedir. En bilenen yöntem açık hava basıncının yani atmosfer basıncının ölçülmesidir. Atmosfer basıncı atmosferi oluşturan gazların basıncı demektir. Hava, (atmosferi oluşturan hava tabakasında %78 oranında N₂ gazı, %21 oranında O₂ gazı ve %1 oranında da diğer gazlar CO, CO₂, su buharı, He, Ne, Ar vb.) gazlardan oluşan bir karışım olduğuna göre içinde bulunan cisimlere belli miktarda bir basınç uygular. Bu basınca (atmosfer basıncı) açık hava basıncı denir. Açık hava basıncının nedeni ise çok yüksekteki gaz tabakasının ağırlığından kaynaklanır. Açık hava basıncı deniz seviyesinden yukarılara çıkıldıkça azalmaktadır. Her 10,5 metre yükselmek basıncın 1 mm Hg düşmesine sebep olur.

Bu nedenle su, deniz seviyesinde 100°C’de kaynarken deniz seviyesinden yüksek olan yerlerde daha düşük sıcaklıkta kaynamaktadır.

Deniz seviyesinde atmosfer tabakasının 1 cm²’lik yüzeye uyguladığı kuvvet 76 cm Hg sütunun 1 cm²’lik yüzeye uyguladığı kuvvete denktir. Yani atmosfer basıncı 76 cm yüksekliğindeki cıvanın hidrostatik basıncına eşittir. (Akçar, 1980)

1.2 Basıncılı Kapların Tanımı

Basınc Tankı (Basıncılı Kap), 0.5 bar’ dan daha fazla etkili basınç uygulayan gaz, buhar veya sıvı akışkanları üzerine tasarlanan ya da geliştirilen sabit ya da hareketli kabı veya depoları ifade etmektedir. Şekil 3.1’de sabit depo (hava tankı) görülmektedir.

Akışkanların depolanmasında ve özellikle proseslerin ilerleyişi içinde akışkanların prosese sokulması için basınçlı kaplardan geçirilmesi gerekmektedir. Basıncılı kap (pressure vessel) iç veya dış basıncı 1,05 kg/cm² (15 psi) den büyük olan kaplar olarak ta bilinmektedir. Dış basınç, içerde oluşturulan akışkan basıncından ileri gelebilir.

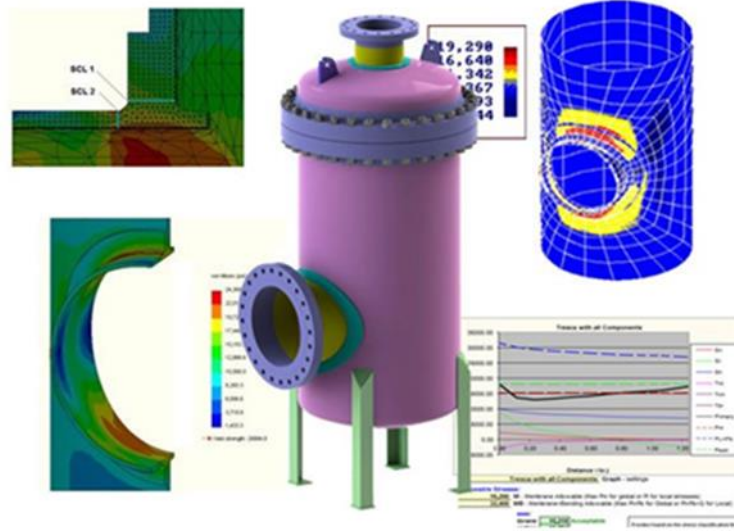
Basınc tankları, kimyasal proseslere göre her türlü gaz ve sıvıyı muhafaza edebilecek özellikte ve istenilen basınç sınıfında imal edilebilmektedir. İlk önce makine ve makine gruplarından oluşan prosesler incelenerek risk analizleri yapılmaktadır. Bütün değerlendirmelerinden sonra sistemlerin ön dizaynı ve projelendirme çalışmaları ve takiben proses ekipmanlarının üretimleri, montajları ve deneme üretimleri yapılmaktadır. Bunları takiben de tüm teknik prosedürlere uygun teslimat işleri gerçekleştirilmektedir.

Basıncılı kaplar ve genel bağlamda, basınçlı ekipmanlar son on yılda giderek daha fazla kullanılmaktadır. Ev uygulamalarındaki brülörlerden normal otomobillerde kullanılan LPG tanklarına, endüstriyel uygulamalarda kullanılan kazanlardan ve ısı eşanjörlerinden konutlarda ısıtma ve soğutma amaçlı, büyük depolama, nakliye ve ithalat; ihracat tesisleri basınçlı kaplarla donanımlandırılmıştır. Bu, basınç altındaki cihazlardaki gelişmeler olmaksızın, özellikle enerji bağımlılığı düşünüldüğünde, çağın tamamen farklı olacağını kanıtlıyor (Genceli, 1995)



Şekil 1-3.Basınçlı Hava Tankı

Enerji endüstrisine yönelik tesislerde basınçlı ekipman kullanımı ve bunların tüm endüstriyel ve tüm modern konutlarda ve ticari tesislerde kullanılması, uygulama alanlarının genişliğini kanıtlamaktadır. Ne yazık ki, herhangi bir tasarım, imalat, kurulum, işletmeye alma veya işletme aşamasındaki küçük bir hatanın, binaları, yapıları, diğer teçhizatı ve hepsinden önemlisi olan insan yaşamına ekipmanı çevreleyen her şeye ağır hasar ve zararlara neden olabileceği de doğrudur. Nüfusun bulunduğu bölgede patlama ve zararlı madde sızıntısı geçmişte trajik bir şekilde yaşanmış örneklerdir. Böyle bir alanda, mühendislerin kritik sorumluluğu, bu ekipmanların güvenliğini sağlamaktır; bu, kullanım alanlarının genişliği ve bunların insanlara yakınlığı dikkate alındığında oldukça yüküktür. Bu, tasarımdan işleme kadar her aşamada basınçlı ekipman hakkında geniş bir anlayış gerektirir ve standartlar veya kanunlar tarafından yönetilen düzenlemelere kesinlikle uyulmalıdır. Bu düzenlemelerin alternatifleri mevcuttur, bazıları oldukça kesin ve bazıları koruyucudur. Analizler ile yapılan hesaplar diğer düzenlemelere göre daha kesin sonuçlar vermektedir. Şekil 1.4'te bir basınçlı kabın örnek analizi görülmektedir. Bu alternatifler arasında seçim genellikle mühendis tecrübesi meselesidir. Güvenliği sağladıktan sonra, ekonomik ve hızlı tasarım büyük önem taşıyor. Birçok proje ve iş her gün işleniyor ve sektördeki başarı, güvenilirliğin yanı sıra hızlı bir ilerlemeye bağlı. İşin sınırlı zamanlarda tamamlanması gereken projelere bağımlı olduğu bir dönemde, saygın kişiler ve şirketler bile zaman, maliyet ve performans açısından sorunlarla karşılaşabilirler.

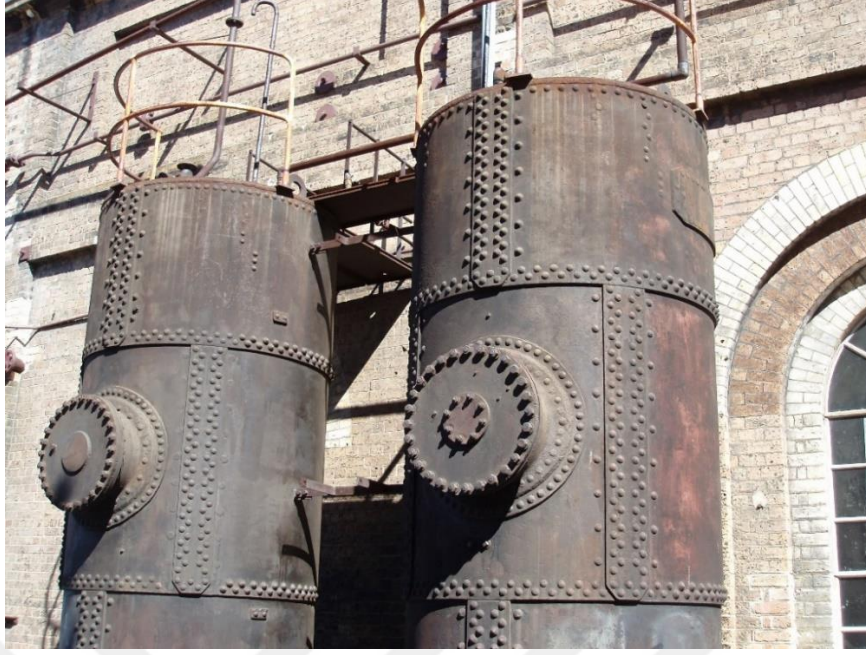


Şekil 1-4.Basınçlı Kap Analizi

Bu bağlamda, bilgisayar destekli tasarım (CAD) konsepti her uygulamada kendini kanıtlamıştır ve bu işte basınçlı ekipmanın temel özelliklerini de göz önüne almaktadır. Bilgisayar destekli araçlar oldukça yararlı olmasına rağmen unutulmamalıdır; Kendileri tarafından yeterli değildir. Güvenlik, etik ve ekonomik nedenlerden ötürü bilgisayarlı sonuçları anlamak ve uygulamak her zaman mühendisin görevidir.

Aynı zamanda basınç tanklarının yapımında kullanılan malzeme de üretim ve güvenlik açısından son derece önem arz etmektedir. Bu tanklarda kullanılacak malzemenin seçiminde işletme sıcaklığı, basıncı ve tank içinde depolanacak akışkanın özellikleri göz önünde bulundurulmalıdır.

Basınçlı kaplar çok değişik yöntemlerle üretilmektedir. Günümüzde basınçlı kapların çoğunluğu kaynakla yapılmaktadır. Kaynak tekniğinin gelişmediği dönemlerde en yaygın yapım yöntemi perçinlemeydi. Levhaların perçinle bağlanacak uçları ya üst üste bindirilir veya yan yana getirilerek üzerine bir ek şeridi konur ve perçinlenirdi. Ek kısmın sızdırmazlığını sağlamak için gerek levha uçlarına ve gerekse perçin kafalarına özel dolgu malzemeleri sürülürdü. Yüksek sıcaklıklarda bu malzemeler sızdırmazlığı sağlamada yetersiz kaldıklarından, aynı zamanda ince bir sıra kaynak da çekilirdi. Şekil 1.4'te bu tip perçinleme ile üretilen bir basınçlı kap görülmektedir.



Şekil 1-5.Perçinli Basınçlı Kap

Günümüzde artık bu yöntem pek seyrek kullanılıyorsa da eski tesislerde böyle yapılmış kaplara hâlâ rastlanabilmektedir.

Yüksek basınçlarda çalışan kalın cidarlı silindirik kaplarda gövdede boyuna dikiş olmaması istenir. Bu tür kaplara bir örnek olarak içinde hidrojenle reaksiyonun bulunduğu hidrokraking reaktörleri gösterilebilir. Dikişsiz bir silindirik gövde, sıcak çekilmiş (dikişsiz) bileziklerin birbirine çevresel kaynaklarla eklenmesiyle elde edilir.

Bir başka yapım yöntemi çok katlı yöntem olarak bilinmektedir. Bu yöntemde silindirik gövde, iç içe geçmiş kısmen ince cidarlı silindirlerden oluşur. Yüksek basınçla karşılaşan kalın cidarlı reaktörler ve damlar bazen bu yöntemle yapılır.

Akışkanın kullanılacak metal üzerindeki yenim etkisi mutlaka incelenmelidir. Korozyonun veya erozyonun karbonlu çeliğin direncini aşacağı tahmin ediliyorsa veya karbonlu çeliğin ürünü kirletmesi olasılığı varsa; bu durumda kabın ana gövdesi içi aşınmaya dirençli ve yüksek alaşımlı kaplama metali ile kaplanmalıdır.

Basınçlı kaplar değişik geometrik şekillerde olabilir; silindirik, küresel veya tam küre olanları vardır. Silindirik kapların kafa şekilleri de çeşitlidir; düz, konik, yarı elipsoit ve yarı küre şeklinde kafalar bulunur. Silindirik kaplar düşey veya yatay olabilir ve çeşitli

şekillerde Şekil 1.6'daki gibi desteklenebilirler. Küre şeklinde olan kapların destekleri kısmen veya tamamen zemine oturur.



Şekil 1-6.Hava Tankı

Küre kaplar normal olarak çelik kolonlarla desteklenir. Kolonlar ya doğrudan küreye ya da küre eteğine bağlanır. Ceketli kapların bir kılıfı veya dış kabuğu vardır ve kabın kendi cidarı ile kılıf arasında belli bir aralık bulunur. (Besleme, 2007)

1.3 Basınçlı Kapların Kullanım Alanları

1.3.1 Gaz Tüpler

Şekil 1.7'deki gaz tüpleri ile basınç altında taşınabilen ve depolanabilen gazlar; kimyasal işlemler, lehimleme, kaynak ve alevle kesme işlemleri (ısı işlemler), solunum sağlama uygulamaları (şekil 1.8'de görünen tüpler ile dalgıçlıkta, acil yardım kurtarma hizmetlerinde), tıbbî ve laboratuvar işlemleri, araç yakıt sistemleri (forkliftlerde), yangın söndürme faaliyetleri, ısınma ve mutfak işleri ve su arıtımı gibi alanlarda yaygın olarak kullanılır.



Şekil 1-7.Gaz Tüpleri



Şekil 1-8.Dalgıç Tüpleri

1.3.2 Hava Tankları

Basınçlı hava sektöründe önemli bir yer tutan Şekil 9'daki hava tankı havalı sistemlerde depolama amacıyla kullanılmaktadır.



Şekil 1-9.Hava Depolama Tankları

1.3.3 Lpg Tankları

Şekil 1.10’da görülen LPG stok tankları, yüksek kaliteli ve sertifikalı çeliklerden özel yöntemlerle üretilen basınçlı kaplardır. Tasarımı 17,5 kg/cm² çalışma basıncına göre yapılan tanklar, üretim esnasında oluşan gerilimlerinin giderilmesi için ısıtılma işlemine tabi tutulur ve 26.5 bar basınçta hidrostatik test uygulanır. Tanklar, kullanım yerlerinde her on yılda bir dayanıklılık ve kalınlık kontrollerinden geçirilir.



Şekil 1-10.LPG Tankı

1.3.4 Kompresörler

Şekil 1.11’de görülen kompresörler gaz basıncını artıran makinelerdir. Normal olarak kompresöre belli bir basınçta giren gaz daha yüksek basınçla çıkar. Emme ve basınç arasındaki fark, kompresörde gaz üzerinde yapılan işten dolaydır.



Şekil 1-11.Kompresör

1.3.5 Boru Hatları, Sınai Gaz Tankları, Hidrolik Akışkan Devreleri Ve Depolar

Hidrolik akışkanı depolayan çalışma şartlarına uygun şekilde hazırlayan devre elemanlarına depo (tank) adı verilir. Isınan hidrolik akışkanın kolayca soğutulması için deponun alt kısmı hava akımı oluşturacak şekilde dizayn edilmelidir. Şekil 1.12’deki LNG tankı buna örnektir. Depoya dönen akışkanın dinlenmeden emilmesini önlemek için dinlendirme levhası konulmuştur.

Depo kapasitesi, hidrolik sisteme gerekli olan akışkan miktarına ve dağıtım sisteminin büyüklüğüne göre seçilir. Pratik olarak pompa debisinin 3-5 katı kadar alınabilir.

Hidrolik pompalar, hidrolik depoda bulunan akışkanı istenilen basınç ve debide sisteme gönderen devre elemanıdır. Pompalar, mekanik enerjiyi hidrolik enerjiye dönüştürür. Hidrolik pompa dönme hareketini genelde bir elektrik motorundan alır.

Taşıınabilen sistemlerde ise içten yanmalı motorlar kullanılır. Değişik yöntemlerle elde edilen dairesel hareket uygun kavramalarla pompaya iletilir. Pompalar basınç oluşturmaz. Akışkan hidrolik sistemde bir engelle karşılaştığında basınç oluşur.



Şekil 1-12.LNG Tankı

1.3.6 Hiperbarik Kabinler

Hiperbarik kabinler de özelleşmiş bir tür basınçlı kaptır. İç basıncı kabın içinde ve/veya değiştirilebilmektedir. Hiperbarik kabinler diğer basınçlı kaplardan farklı olarak, basınçlı halde iken kap içinden bir nesne çıkartılabilir veya kap içine bir nesne koyulabilmektedir. Ana gövdesi tek parçadan oluşsa da kendi içinde birden çok bölmesinin olması, basınç kaybı olmadan kabın içine müdahaleyi mümkün kılar.

Diğer basınçlı kaplardan başka bir farkı da içinde insan bulundurmasıdır. Kullanım yerine göre neredeyse tüm basınçlı kaplar insanların dışardan kontrol ettiği ve içinde akışkan depolama veya kullanma için geliştirdiği tanklardır. Fakat hiperbarik kabinlerin içinde akışkanın yanı sıra bir de içinde insan ve/veya hayvan tedavi olmaktadır. Bu da diğer basınçlı kaplarda uyulması gereken kurallardan daha sıkı olmayı gerektirmektedir.

Tarih boyunca hiperbarik kabinler değişik malzemelerden imal edilmiş ve bir o kadar değişik şekillerde iç basınç kontrol altında tutulmuştur. Eski zamanlarda hiperbarik

kabinler emme basma tulumbası ile basınçlandırılırken, çelikler kaynak ile değil perçin ile bir birlerine tutturulurdu. Zaman içinde kaynak ve kompresör teknolojisinin bluşu modern hiperbarik kabinlerinin şekillenmesini sağlamıştır. (Uztuğ, 1987)



BÖLÜM 2

HİPERBARİK KABİN TEDAVİSİ VE TARİHÇESİ

2.1 Hiperbarik Oksijen Tedavisi (Hbot) Nedir

Hiperbarik Oksijen Tedavisi (HBOT) bir basınç odasında tümüyle basınç altına alınan hastaya aralıklı olarak %100 oksijen solutmak suretiyle uygulanan medikal bir tedavi yöntemidir. HBOT 6000'den fazla çalışma ile desteklenmiş modern ve bilimsel bir tedavi yöntemidir.

2.2 Hbot Nasıl Uygulanır

Basınç odaları hastaları içeriye alarak basınç altında oksijen solumalarına olanak sağlayan kabinlerdir. Tek kişilik ve çok kişilik olmak üzere iki tür basınç odası bulunur. Tek kişilik basınç odalarında basınç genellikle içeri basınçlı oksijen verilerek yükseltilirken, çok kişilik basınç odasında içeri hava basılarak basıncın yükselmesi sağlanır. Tek kişilik basınç odalarında hastalar kabin içindeki oksijeni direkt solurken, çok kişilik basınç odalarında hastalar oksijeni bir maske aracılığıyla solurlar. Ülkemizde de genellikle çok kişilik basınç odası kullanılır. Basınç odasının yanlarında lumboz olarak adlandırılan dışarıdan içerinin, içeriden dışarının gözlenmesine yarayan pencereler

mevcuttur. İçinde insan bulunması nedeniyle basınç odaları bazı ulusal ve uluslararası standartlara göre imal edilir. Basınç odası içinde hastaların rahat bir biçimde oturmaları için koltuklar bulunmaktadır. Sedyeye üstündeki hastalar yatar vaziyette de tedaviye alınabilirler. İçeride birden fazla hasta bulunması kapalı yer korkusu olan kişiler için bir avantajdır. Daha da önemlisi çok kişilik basınç odalarında tedavi esnasında hastalara bir sağlık personeli eşlik edebilmesidir. HBOT esnasında hastaların büyük çoğunluğu normalde içinde bulunduğumuz atmosferik basıncın 2-2.5 katı basınç altında % 100 oksijen solurlar. Oksijenin olası yan etkilerinden dolayı belirli aralıklarla hava molaları verilir. İstenilen düzeyde oksijenin alınabilmesi için hastalara verilen maske ya da başlıklar düzgün bir biçimde takılmalıdır. Basınç odalarının haberleşme donanımı sayesinde HBOT esnasında hastalar ile sürekli iletişim kurmak mümkündür. Bazı basınç odalarında hastaların müzik dinleyip televizyon seyredebileceği donanımlar mevcuttur. Basınç odası içinde basıncın, dolayısıyla oksijen kısmi basıncının yüksek olması nedeniyle bazı güvenlik önlemleri alınmalıdır. HBOT görecektir hastalar güvenlik önlemleri hakkında da bilgilendirilir. Basınç odasının dışında bir kontrol paneli bulunur. Tedavi bu panelden yönetilir. Basınç odasının kullanan operatör ve içeride hastalara eşlik edecek sağlık personeli bu konuda özel eğitim almış personellerdir. Ülkemizde ilgili mevzuat gereği HBOT uygulamaları Sualtı Hekimliği ve Hiperbarik Tıp Uzmanları tarafından yapılmalıdır.

2.3 Tedavi Esnasında Hastalar Neler Hisseder

Tedavinin “dalış” olarak adlandırılan ilk dakikalarında hastalar içerideki basınç artışını, tıpkı bir uçak yolculuğundaki iniş sırasında ya da yüksek dağlardan aşağıya inerken hissettikleri gibi, kulaklarında hisseder. Hastalara artan basınç esnasında kulaklarındaki basıncı nasıl eşitleyecekleri anlatılır. Bu genellikle basitçe yutkunarak, ya da burnu kapatıp buruna hava üfleyerek gerçekleştirilir. Bu işlem sadece dalış esnasında, tedavi basıncına gelene kadar yapılır. HBOT her yaştaki hastaya uygulanabilir. Hastalar basınç odasına kendilerine verilen özel pamuklu kıyafetlerle girerler.

Tedavinin başında basınç artmaya başladığında basınç odasının içinde biraz sıcaklık artışı olabilir. Tedavi esnasında sıcaklık normal oda sıcaklığına döner. Tedavi sonunda basınç azaltılırken de sıcaklık biraz düşer. Basınç artışını hastalar

sıkıştırılıyormuş ya da üstünde ağır bir yük varmış gibi hissetmez. İlk başlarda maske veya başlık kullanmak hastalara biraz garip gelebilir fakat buna kısa sürede alışılır.

2.4 Tedavi Ne Kadar Sürer

Bir HBOT seansı, hastalık ve hastaya göre değişmekle birlikte, genellikle 2-2.5 saat sürer. Hastaların büyük bir bölümü günde bir seans tedavi görürler. Ancak bazı acil durumlarda günlük seans sayısı dörde kadar çıkabilmektedir. Toplam seans sayısı hastalığa göre değişmektedir.

2.5 Hbot Hangi Hastalıklarda Kullanılır

T.C. Sağlık Bakanlığı tarafından 1 Ağustos 2001 tarihinde yayınlanan hiperbarik oksijen tedavisi ile ilgili yönetmelikte aşağıdaki hastalıklar HBOT endikasyonu olarak bildirilmiştir. Ancak aseptik nekroz gibi bu listede olmayıp da HBOT uygulanan hastalıklar vardır. (Sağlık Bakanlığı, 2018)

2.6 Güçlü Tavsiye Edilen Hbo Endikasyonları,

ECHM (European Comitte for Hyperbaric Medicine) tavsiyesine göre

- Dekompresyon hastalığı
- Arteriyel gaz embolizmi
- CO zehirlenmesi (nörolojik, psikiatrik, psikolojik durumlar ve hamilelik)
- Yanıklar ve CO zehirlenmesi
- Nekrotizan yumuşak doku enfeksiyonu, gazlı kangren
- Tavsiye edilen HBO endikasyonları;
- CO zehirlenmesi (COHb % 20)
- Ani işitme kaybı
- Diyabetik yara
- Atrioventriküler sebepli yara

Not: Devam edegelen tıbbi araştırmalar endikasyon listesini her geçen gün genişletmektedir.

2.7 Kontra Endikasyonlar

- Anamnezde spontan pnömotoraks
- Plevral hareketliliğin kısıtlandığı torakotomi ve göğüs yaralanmaları
- İntropulmoner fokal bulgular (amfizetamoz bülleler)
- Obstrüktif ventilatuar düzensizlikler
- Obstrüktif kısıtlayıcı ventilatuar düzensizlikler
- Hamilelik
- Psikiyatrik temel hastalıklar
- Kontrol edilemez kloströfobik tepkiler
- Klinik olarak aşikâr konvulsif düzensizlikler

2.8 Yan Etkiler

- Kulak sıkışması
- Sinüs sıkışması
- Sindirim sistemi baro travması
- Diş barotravması
- Kulağın ters barotravması
- Akciğer barotravması
- Mediastinal ve cilt altı dokusunda hava birikmesi. (Aslan, 2015)

2.9 Kullanım Yeri Ve Kullanıcı Bilgisi

Hiperbarik oksijen tedavi sistemleri, Sağlık Bakanlığı tarafından Hiperbarik Oksijen Tedavisi Yönetmeliği'ne göre ruhsatlandırılmış sağlık kuruluşlarında, Hiperbarik Tıp Uzmanlık Eğitimi almış hekimler ve Hiperbarik Kabin Kullanıcı Eğitimi almış teknisyenler gözetiminde kullanılır

2.10 Geçmişten Günümüze Deniz Ve Su Altı

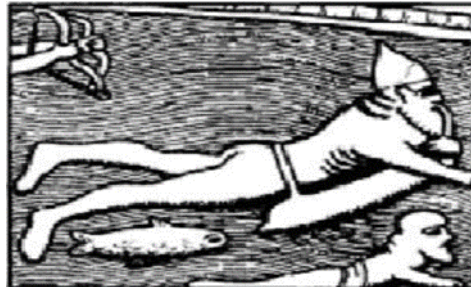
İnsanoğlunun varoluşundan itibaren yaşaması için gerekli olan en temel ihtiyaç; besin ve içilebilir su kaynaklarına sahip olmak olmuştur. İnsanlığın geçmişi incelendiği zaman besin kaynaklarını karadan karşıladığı ve kara yaşamına adapte olduğu gözlenmektedir ve bu sebeplerden dolayı insanoğlu kara avcılığında ve bunun paralelinde tarımsal alanlarda kendi geliştirdiği bilinmektedir. Fakat gelişen teknoloji ve insanın ihtiyaçlarındaki artışla birlikte kara hayatına adapte olmuş olan bireylerin denize olan ihtiyaçları da gün geçtikçe artmıştır.

İnsanlar denize önceleri besin sağlamak için gereksinim duymuşlar ve akabinde deniz avcılığını geliştirmişlerdir. İlerleyen zamanlarda denizler taşımacılıkta ve savaşlarda önemli roller üstlenmiş ve üstlenmektedir.

Tarihi kayıtlar incelendiğinde M.Ö. 4500 yıllarında Asurlardan günümüze ulaşan Asur kabartmasına rastlanmaktadır (Şekil 1). Devamında M.Ö. 400’de gemilerin onarımı için ve batık malların kurtarılması için Pers Kralı Keyhüsrev’in dalgıçlar kullandığı, M.Ö. 320’de Büyük İskender’in fıçıya benzeyen bir sistem ile suyun altına indiğinin belgeleyen kabartmalar ve günümüze kadar ulaşan şekillere rastlanmaktadır. 1500 yıldır Japon ve Kore’nin kadın dalgıçlarının dalma yeteneklerini kullandıkları tarihteki yerini almaktadır.

2.11 Su Altı Tarihinin Kronolojisi

M.Ö. 4500 yılında Asurlu dalgıçların nefes tutarak dalış yaptığı günümüze ulaşan kabartmalar da mevcuttur. Bu kabartmalardan bir tanesi Şekil 2.1’de görülmektedir.



Şekil 2-1.Asur’lu Dalgıçlar

M.Ö. 600’lerden kalma Yunan vazosunda sünger çıkarmak amacıyla dalış yapan dalgıç Tabloürü Şekil 2.2’deki haliyle günümüze kadar ulaşmıştır.



Şekil 2-2.Dalış Yapan Dalgıç Tabloürü

M.Ö. 322 yılında Tyre kentinin kuşatmasında Büyük İskender, Fenikelilerin su altı savunma barikatını yok etmek için Şekil 2.3’de anlatıldığı gibi dalgıçlarını kullanmış ve bu olayı su altında camdan bir kap içinde seyretmiştir



Şekil 2-3.Büyük İskender’in Su Altı Dalgıçlarının Minyatürü

1511 yılında yapılmış deri başlık ve bu başlığa takılı boru kullanan bir dalgıç şekil 2.4’de gösterilmiştir.



Şekil 2-4.Deri Başlık Kullanan Dalgıç

1530 yılında ilk dalış çanı keşfedildi. Bu ekipmanın ile serbest olarak yapılan dalışlardaki dip süresini arttırmak amacı ile kullanıldığı düşünülmektedir



Şekil 2-5.İlk Dalış Çanı

1650 yılında Von Guericke isimli bir bilim adamının ilk hava pompasını icat etmesi ile kompresörlerin atası su altı tarihindeki yerini almıştır. Hava pompasının icadından sonra Robert Boyle, bu aleti kullanarak deneyler yapacak ve basınç altındaki hayvan davranışlarını incelemiştir.

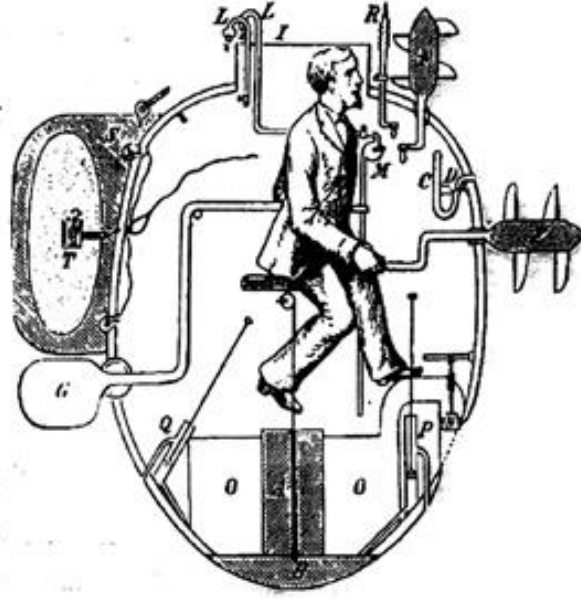
1690 yılında Edmund Halley, dalış çanını geliştirerek çana hava ikmali sağlayan bir sistem ekledi ve Şekil 2.5'teki tasarımı ile insanlı dalışların başlamasını sağladı.

1689 yılında buhar makinesini bulan İngiliz mucit Denis Papin'in çanının içine devamlı olarak hava basma fikrinden ilham almıştır. Şekil 2.6'da ilk hava tedarikli çan görülmektedir.



Şekil 2-6.Hava Tedarikli Dalış Çanı

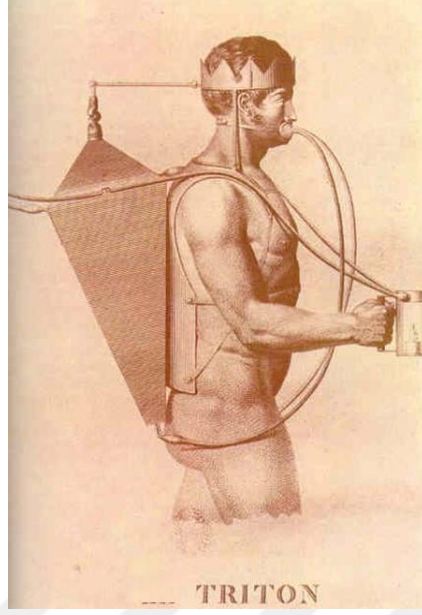
1715 yılında İngiliz John Lethbridge, tek kişilik, tamamıyla kapalı silindir şeklinde bir cihaz geliştirir. John Lethbridge'in Şekil 2.7'deki tasarımı ağaç destekli yapısıyla sağlamlaştırılmış, deri kaplı bu cihazın özelliği, dalgıcının kollarını dışarıya çıkartabilmesine olanak tanımasıdır. Dalgıcın kolları, yağlanmış deriden yapılmış kolluklarla çevrelenerek, alet içine su sızdırmazlığı sağlanmakta ve ön tarafında, çalışma yapılabilmesi için bir pencere bulunmaktadır. Gemiden halatlar yardımıyla su altına indirilen bu aletin manevra kabiliyeti aynı dalış çanlarında olduğu gibidir, yani ancak yüzeyden idare edilebilmektedir



Şekil 2-7. Dalış Ekipmanı

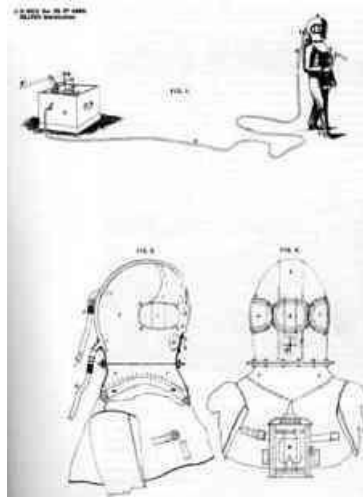
1788 yılında Amerikalı bir teknisyen olan John Smeaton, Edmand Halley'in dalış çanında oldukça önemli bir değişiklik yaparak içine taze hava ekleyen ve fazla havayı tahliye eden bir sistem geliştirmiştir.

1808 yılında Friedrich von Driberg, Triton adı verilen bir dalış cihazı geliştirir. Şekil 2.8'de görünen sistem, dalgıcın sırtından taşınan ve yüzeyden gelen hortumla içine hava eklenebilen konik bir kaptan oluşmaktadır. Kabın dalgıca doğru hava akışını kontrol edebilen bir valfi vardır ve bu basit valf sistemi dalgıcın kafasına geçirdiği, tacı andıran metal bir halkaya bağlıdır. Dalgıç nefes almak istediğinde kafasını öne doğru eğerek valfi açmakta ve havanın kabın altından ağzına uzanan hortumdan akmasını sağlamaktadır. Driberg, dalgıcın sırtındaki kabın içinde çok az basınçta hava sıkıştırılabildiğinden dolayı cihaza yüzeyden de hava takviyesi yapmak zorunda kalmıştır.



Şekil 2-8.Triton Dalış Cihazı

1823 yılında, İngiliz bilim adamı, Charles Anthony Deane'nin itfaiye erlerinin yangın alanlarına rahat girebilmeleri için icat ettiği Şekil 2.9'daki "Duman Başlığı", su altında da kullanılmaya başlamıştır.



Şekil 2-9.Duman Başlığı

1837 yılında Alman bilim adamı Augustus Siebe, Dean'lerin (Şekil 2.10) dalış başlığını, su geçirmeyen kauçuk bir elbiseye bağlamayı başarmıştır. Yüzeye bağlı bu dalış ünitesi, ilk standart dalış elbisesi haline gelmiştir ve bugün kullanılan bazı sistemlerin de prototipini oluşturmuştur.



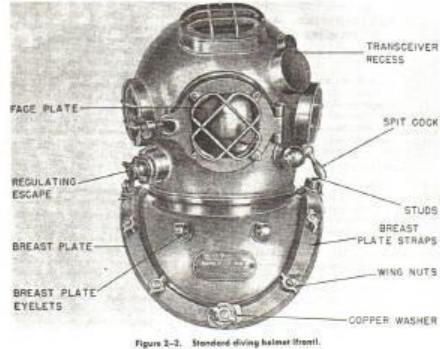
Şekil 2-10.Su Geçirmeyen Kauçuk Elbiseyi Bulan Augustus Siebe, Dean

1843 yılında HMS Royal George batığında yapılan çalışmalar sonucu elde edilen tecrübeler değerlendirilerek İngiliz Kraliyet Donanması ilk Dalış Okulu'nu hizmete sokmuştur.

1876 yılında İngiliz denizcisi olan Henry A. Fleuss ilk bağımsız dalış ünitesini geliştirilmiştir. Bu ünite, ilk bağımsız ünite olmanın yanında aynı zamanda ilk kapalı devre sistemidir.

1878 yılında Fransız bilim adamı Paul Bert, “La Pression Barometrique” isimli bir kitap yayınlanmıştır. Bu kitabında Bert, basınç değişiklikleri ile fizyolojik değişimlerden bahsetmektedir ve dekompresyon hastalığının nedeni olarak nitrojen gazının kabarcık haline gelmesini göstermektedir. Bert, referansları arasında Boyle'un yılan deneyini de göstermektedir.

1917 yılında Amerikan İnşaat ve İmar Bürosu, Mark V dalış başlığını geliştirerek kullanıma sunar Şekil 2.11'de görülen Mark V'in dalış elbisesi ve satıh ikmaline bağlanması sonucu dalışlar çok daha başarılı bir hale gelmiştir.



Şekil 2-11.Mark V'in dalış elbisesi

1933 yılında ilk sportif dalış kulübü Kaliforniya'da kuruldu. Bir yıl sonra Paris'te amatör dalış kulübü Club Des Sous-1'de kurulmuştur.

1935 yılında dünyanın ilk SCUBA kulübü olan “Club Of Divers And Underwater Life” Le Prieur tarafından Fransa Donanması'nda kurulmuştur.

1954 yılında Türkiye'de Caddebostan Balıkadamlar Kulübü kuruldu. 1959 yılında ilk ulusal anlamda organize olmuş olan sucuba kurs sistemi ve sertifikasyonu YMCA tarafından başlatılmıştır.

1980 yılında Duke Üniversitesi, daha sonra dünya çapında yaygınlaşacak olan DAN'ı (Diver's Alert Network) kurulmuştur.

1983 yılında ilk sportif dalış amaçlı dalış bilgisayarı olan “OrcaEdge” piyasaya sürülmüştür.

1990 yılında Türkiye Su altı Sporları Cankurtarma ve Paletli Yüzme Federasyonu Yönetmeliği, 15 Ağustosta resmi gazetede yayımlanarak yürürlüğe girmiştir.

Su altının tarihi incelendiğinde teknolojik alandaki gelişmelerin su altında kullanılan ekipmanlar ve kullanılan sistemlerin de giderek gelişeceğini açıklamakta olduğu görülmüştür.

2.12 Hiperbarik Oksijen Tedavisinin Tarihçesi

Hiperbarik oksijen tedavisinin ortaya çıkması su altı hekimliği ile paralellik göstermektedir. Bununla birlikte su altı hekimliğinin oluşumu ve gelişmesi için; insanoğlunun su ile tanışması ilk adım olarak değerlendirilebilir. Asurlular döneminden günümüze kadar ulaşan Şekil 2.12'deki minyatürde Asurlu dalgıçların nefes tutarak dalışlarını sergilediği görülmektedir. Bu kabartmalara göre insanoğlunun dalışla tanışması M.Ö. 4500 yıllarında başladığı düşünülmektedir M.Ö. 400'lü yıllarda gemilerin onarımı ve batan gemilerden malların çıkartılması için Pers Kralı Keyhüsrev'in dalgıçlar kullandığı, M.Ö. 320'li yıllarda Büyük İskender'in fiçıya benzeyen bir mekanizma bizzat kendisinin dalış yaptığına ait temsili kabartma Şekil 2.13'de görülmektedir. Büyük İskender'in yaptırdığı bu mekanizma ilk dalış çanı olarak kabul edilir, M.Ö. 300'de Aristo'nun dalgıçlarda kulak zarı yırtılmasını tarif ettiği tarihi kayıtlarda rastlanılmaktadır.



Şekil 2-12.Asurlu Dalgıçlar



Şekil 2-13.Büyük İskenderin Dalışı

2.13 Yüksek Basınçlı Hava Tedavisinin Tarihi

Asıl mesleği din adamlığı olan İngiliz kökenli Henshaw'ın 1962 yılında kendi icadı olan iç basıncını ayarlayabildiği bir silindir ile hastaları tedavi etmeye başladığı bilinmektedir. Henshaw kendi icadı olan bu mekanizmaya “Domicilium” adını vermiştir ve bu mekanizma ile akut hastalarda yüksek basınç, kronik hastalarda ise düşük basınç uygulayarak tedavi etmeye çalışmıştır ve Henshaw'ın bu çalışmalarına ait elimizde herhangi kayıtlı bir veri yoktur. Ardından Avrupa’da 19 Y.Y.’da Pnömatik Enstitü’lerin (pnömatik : hava basıncı ve kontrol sistemleri) kurulduğu ve bu entitüler bünyesinde kurulan basınç odalarında 2 ata ve daha üstü basınçlarda tedavilerin yapıldığı kayıtlarda yer almaktadır. 1834’te Fransin Junod ve Fabare tasarımlarını yapıp üretimini gerçekleştirdikleri basınç odasında bazı akciğer rahatsızlıklarını tedavi ettikleri kayıtlara girmiştir, akabinde 1937 yılında Fransa’nın Lyon kentinde dönemin en büyük basınç odası olarak nitelendirebileceğimiz basınç odası Pravaz tarafından yapılmış, fakat bu basınç odasında yapılan tedaviler hakkında günümüze ulaşan herhangi bir bilgi bulunmamaktadır.

1860’ta Amerika kıtasında bulunan Ontario eyaletinde hiperbarik tedaviler başlamış ve Kanada’da ilk basınç odasının inşası tamamlanmıştır. 1861 yılında New

York'ta J.J. Corning tarafından sinir hastalarının tedavisi için kıtadaki ikinci basınç odası inşa edilmiştir. 1918 yılında anestezi profesörü olan O.J. Cunningham, Kansas Üniversitesi'nde 3 m çapında ve 27 m uzunluğunda bir basınç odası inşa etmiştir. Şekil 2.14'de görülen Cunningham'ın bir hastasının şükran hediyesi olarak inşa ettirdiği 19.5 m çapındaki küre şeklindeki basınç odası, bu güne kadar imal edilen en büyük basınç odası olma özelliğini taşımaktadır



Şekil 2-14.Dünyanın En Büyük Basınç Odası

Rekompresyon tedavi yönteminin ilk olarak kullanımı 19 Y.Y.'da gerçekleşmiştir. Hudson Nehri Tüneli'nin inşaatında mühendis olarak çalışan ve işçilerin %25'inin öldüğünü gören E.W. Moir, inşaat alanına bir basınç odası yerleştirerek işçilere rekompresyon tedavisi uygulamış ve işçilerdeki ölüm oranını %1.66'a kadar düşürmüştür. ABD donanmasının 1924'te başlattığı çalışmalar, 1945 yılında tedavi tabloları TT 1-4'ün ve sonrasında hiperbarik ortamda oksijenin soluma esasına dayanan oksijen tedavi tablolarının gelişmesini sağlamıştır.

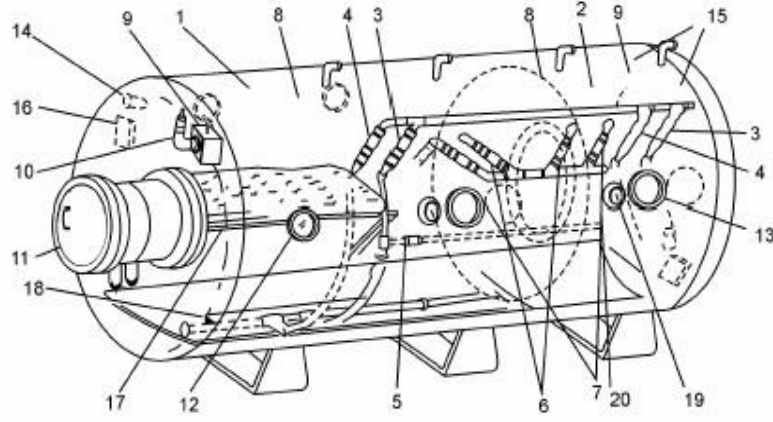
Takip eden bölümde yıllar içinde gelişen ve yukarıda detayları verilen hiperbarik kabin teknolojisinin bugünkü geldiği nokta ve tasarım esasları açıklar. (Aquino, 2012)

BÖLÜM 3

MODERN HİPERBARİK KABİN TEKNOLOJİSİ ve KONUSU İLE İLGİLİ ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

4.1. Hiperbarik Basınç Odası

Basınç odaları dekompresyon hastalığı ve arteriyel gaz embolisinin tedavisinde, gazlı gangren, karbon monoksit zehirlenmesi birçok hastalığın tedavisinde kullanılmaktadır. Dalış esnasında yapılması gereken normal dekomprasyonu kaçırmış veya yapamamış dalgıçlar yüzeye geldiklerinde kaçırılmış olan dekomprasyonu basınç odasında uygun tedavi tabloları kullanarak yapabilmektedirler. Bu şekilde ortaya çıkabilecek herhangi bir dalış hastalığı büyük oranda önlenabilmektedir. Ülkemizde 1998 yılından itibaren yürürlükte olan “Profesyonel Su Altı Adamları Yönetmeliği’ne göre 40 m’den daha derine dalış yapılan ya da karışım gaz kullanılan su altı operasyonlarında basınç odası bulundurma zorunluluğu vardır. Basınç Odası Ve Üzerinde Bulunan Elemanlar Şekil 3.1’de görülmektedir.



Şekil 3-1.Basınç Odası Ve Üzerinde Bulunan Elemanlar

- | | |
|-------------------------------------|-----------------------------------|
| 1. Ana bölme | 11. İlaç bölmesi |
| 2. Ön bölme | 12. Lumboz (ön bölme) |
| 3. Hava girişi-iki yollu | 13. Lumboz (ana bölme) |
| 4. Hava girişi-tek yollu | 14. Aydınlatma (ön bölme) |
| 5. Ana bölme basınç eşitleyici vana | 15. Aydınlatma (ana bölme) |
| 6. Egzoz çıkışı-iki yollu | 16. Haberleşme ünitesi |
| 7. Egzoz çıkışı-tek yollu | 17. Sedye-yatak |
| 8. Oksijen manifoldu | 18. Oturak |
| 9. Emniyet valfi (relief valve) | 19. Basınç göstergesi (ön bölme) |
| 10. Emniyet valfi vanası | 20. Basınç göstergesi (ana bölme) |

4.2. Basınç Odası Tipleri

4.2.1. Tek Kişilik Basınç Odaları

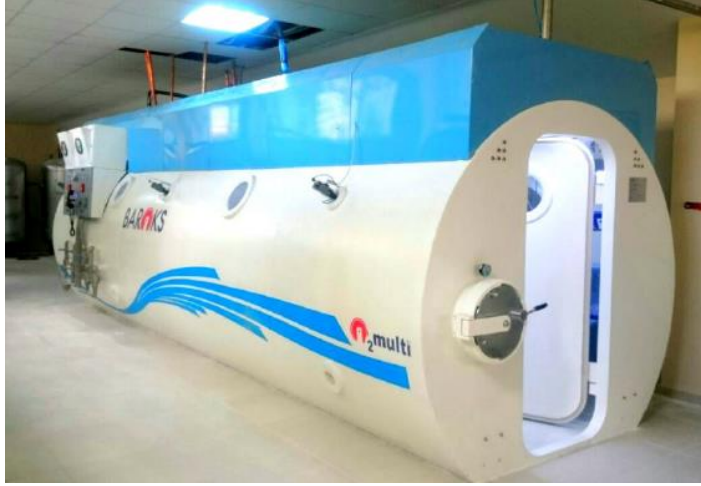
Tek kişilik basınç odalarında ortam havası oksijen ile basınç altına alınır ve tek hastaya seans yapılır. Hasta oksijeni ortamdan solur. Oksijen toksisitesi gelişme riski dolayısıyla 2 ATA'dan yüksek basınçta tedavi yapılamaz. Şekil 3.2'de de gösterilen tek kişilik basınç odası genel durumu kötü olan ya da klostrofobisi olan hastalar için uygun değildir.



Şekil 3-2. Tek Kişilik Basınç Odası

4.2.2. Çok Kişilik Basınç Odaları

Çok kişilik basınç odalarında ortam havası normal hava ile basınç altına alınır. 1 seansta basınç odasının büyüklüğüne göre 1'den çok hasta tedavi edilebilir. Kliniklerde yaygın olarak kullanılan basınç odaları Şekil 3.3'de görülen 10-12 kişilik kabinlerdir. Hastalar oksijeni maskeyle, başlıkla veya gerektiğinde endotrakeal tüple solurlar.



Şekil 3-3.Çok Kişilik Basınç Odası

4.2.3. Konu ile İlgili Literatür Araştırması

Basınçlı kap standartlarının karşılaştırılması konusunda literatürde çeşitli çalışmalar bulunmaktadır.

(Gopalan ve diğ, 2015) çalışmalarında, 20MnMoNi55 reaktör basınç kabı (RPV) çeliğinin sünekten kırılgan geçiş rejiminde (DBTT) kırılma davranışı tanımlanmıştır. Kompakt gerginlik (CT) ve tek kenarlı çentikli büküm DBTT rejiminde iki farklı büyüklükteki (SENB) örnek test edilmiştir. Referans sıcaklık 'T₀' ASTM E1921 standardına göre değerlendirilmiştir. Boyut ve geometrinin T₀ üzerindeki etkisi incelenmiştir ve SENB geometrisi için T₀'ın düşük olduğu bulunmuştur. Kırılma davranışını sayısal olarak anlamak için sonlu elemanlar (FE) simülasyonları Beremin'in bölünme modeli ve Rousselier'in sünek başarısızlık mekanizmaları için modeli kullanılarak yapılmıştır. Simüle kırılma davranışının deney ile iyi bir uyum içinde olduğu bulunmuştur.

(Diamantoudis & Kermanidis, 2005) çalışmalarında farklı sonlu elemanlar teknikleri kullanılarak analiz ile tasarım ve silindir-nozul kesişimi formülü ile tasarım için karşılaştırmalı bir çalışma yapılmıştır. Çalışma için yaygın olarak kullanılan sfero P355 çelik alaşımı ve yüksek mukavemetli çelik alaşımı P500 QT ele alınmıştır. Karşılaştırmalı sonuçlar, formül-by-tasarım prosedürleri yüksek mukavemetli çelik basınçlı kapların

tasarımında kullanıldığında, sınır yükü kabiliyeti açısından dezavantajları açıkça göstermiştir. FE sonuçları ayrıca, 3D katı modellemenin doğruluğunu 3D kabuk modelleme tekniğinin uygun maliyetli hesaplama süresiyle birleştirdiğinden, kabuğun katı alt modelleme tekniğine getirdiği avantajları açıkça göstermiştir.

(Güven, 2007) çalışmasında, Voce sertleştirme kanunu ve plastik ortotropi etkisi dikkate alınarak silindirik basınçlı kapların arıza basınçları daha genel biçimde incelenmiştir. Kalın ve ince cidarlı silindirik kapların arıza basınçları, sayısal ve kapalı form çözeltileri ile çözülmüştür. Sunulan çözümler bakır ve pirinç silindirik kapların arıza basınçlarını karşılaştırmak için kullanılmıştır.

(Brabin ve diğ, 2010) çalışmalarında, uzay-taşıt tasarımında uygulamaları olan basınçlı kabuk yapılarında silindir-silindir kavşağında elastik gerilme dağılımını elde etmek için sonlu elemanlar analizi (FEA) yapılmıştır. Sonlu elemanlar modelleme ve analiz sonuçlarını doğrulamak için, açık literatürde test sonuçlarına sahip olan üç eklem (eşit, dolgulu, eşit kalınlığa sahip olmayan derz, derzsiz kalınlığa sahip dolgulu popo eklemi ve eşit kalınlığa sahip dolgulu popo eklemi) dikkate alınmıştır. FEA'dan elde edilenler için en yüksek gerilme değerleri test sonuçlarına yakındır. Zirve gerilme değerinin filetolu alın eklemi nedeniyle beklendiği gibi azaldığı ve test sonuçları ile doğrulandığı bulunmuştur.

(Mayera ve diğ, 2000) çalışmalarında basınçlı kaplardaki kaynaklara ayrıntılı yorulma analizi uygulamıştır. Çalışmada, temel yorgunluk tasarımı stres parametreleri tartışılmaktadır: stres yoğunluğu aralığı ve ana stres aralığı ve bunları, tahmin etmesi gereken yorulma koşullarının kapsamı üzerindeki geçerliliği açısından değerlendirilmiştir. Belirli bir kaynak detayı için pratik ve muhafazakâr bir yaklaşımın kritik konumda geometrik gerilme parametrelerini hesaplamak, yukarıdaki iki parametrenin daha büyük olanını değerlendirmek ve seçmek ve bunu soyulmuş kaynaklı numunelere dayalı bir yorulma eğrisi ile karşılaştırmak olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca, ana gerilme yönü önemli ölçüde değiştiğinde, ilave bir 2 yorulma dayanımı azaltma faktörünün üst üste getirildiği sonucuna varılmıştır.

(Ravinder ve diğ, 2013) çalışmalarında, füze ve kovanların bileşenleri üzerindeki fark basınç koşullarını simüle etmek için bir basınçlı kap tasarlanmıştır. Bu tasarım, esas olarak derişik olarak monte edilmiş iki dış basınç odası ile ilgilidir, bunların dışında dış

oda, iç basınç uygulamış ve diğeri de dış basınç uygulamıştır. Çalışma basıncı koşulları, 45x105 Pa dış ve 1x 105 Pa iç, Oda, 100x105 Pa dış ve 50x105 Pa için tasarlanmıştır. Operasyonda yer alan emniyet hususları göz önünde bulundurularak iç basınç. Primaril, tasarım IS 2825 ateşsiz basınçlı kap koduna dayanmaktadır ve standart ASTM A516 Gr uyarınca malzemeler seçilmiştir. 70 basınçlı kap çelik, Diğer montaj demirbaşları, destek kanalları ve kırışler standarttır ve diğer tüm malzemeler IS 2062 yapısal çelikten seçilmiştir. Tasarım, istenen gereklilikleri yerine getirmek için birçok kez yinelenmiştir. Her iki basınçlı kabın kritik konumunda depolanan eşdeğer gerilmeler ve gerilme enerjisi hesaplanmıştır, Tüm sistemin geçiş ömrü de tamamen ayrılmış ve sıfır temelli yükleme koşulları dikkate alınarak gerilme ve gerinime dayalı tasarımlara dayanarak tahmin edilmiştir.

(Hyder & Murtaza, 2015) çalışmalarında 'Formülasyona göre tasarım' ve 'analizlere göre tasarım' kuralları kullanılarak bir basınçlı kap tasarlanmıştır. İki yaklaşımı kullanarak bir reaktör basınçlı kap (RPV) tasarımını karşılaştırmıştır. Analiz için 300 MW'lık basınçlı su reaktörünün (PWR) tipik bir RPV'si seçildi. Karşılaştırma için RPV malzemesi olarak nükleer çelik nuclear SA-508 Gr.3 Cl.1 'kullanılmıştır. "Tasarım yoluyla analiz" uygulamasının, "tasarımı formüle göre" uygulamasının neden olduğu gereksiz muhafazakârlığın ortadan kaldırılmasına izin verdiği sonucuna varılmıştır. Bu çalışma, RPME'nin izin verilen maksimum basıncının, ASME kodunda açıklandığı gibi "analizle tasarım" yaklaşımı kullanılarak % 17.70'e çıkarılmasını önermektedir.

(Altınbalık & Kabak, 2016) çalışmalarında, hiperbarik bir evcil hayvan odası üretimi için üç farklı malzemenin kullanılması çeşitli açılardan incelenmiştir. Kabin duvarındaki gerilmelerin metal esaslı malzemelerin sac kalınlığı hesaplamaları için formüllere dâhil edilen korozyon toleransı yerine dayandığı durumlar SolidWorks tarafından analiz edilmiştir. PMMA kabinlerin metal tabanlı kabinlere göre daha hafif ve ucuzdur. Yazarların önerdiği malzeme kalınlıkları için PMMA kabinleri, çelik ve alüminyum kabinlerden sırasıyla % 74 ve % 48 oranında daha hafif olduğu ve çelik yerine PMMA kullanımının toplam maliyeti % 74 oranda azalttığı ortaya konulmuştur.

(Famiyesin ve diğ, 2002) çalışmalarında, sonlu elemanlar (FE) modelleme prosedürü ve boru hattı deformasyonunun muhafazakar bir tahmini için yarı-ampirik

denklemlerin geliştirilmesine yol açan parametrik bir çalışma açıklanmaktadır. Bu FE modellemesinde yarı-statik olarak yüklenmiş borular dikkate alınmasına rağmen, sunulan deneysel test sonuçları, geliştirilen enerji-deformasyon denklemlerinin, darbeli yüklemeye maruz kalan koruyucu bir tasarım için eşit derecede geçerli olduğunu göstermektedir. FE modelinin ilk deneysel doğrulamasından sonra, yapılan parametrik çalışma çok çeşitli boru hattı geometrik ve malzeme özelliklerini kapsamıştır. FE analizleri, servis koşulları altında iki uç boru hattını oluşturan tam sabit ve basit bir şekilde desteklenmiş borular için gerçekleştirilmiştir.

(Altınbalık & Kabak, 2016) çalışmalarında, hiperbarik bir dalgıç odası için penetratör parçalarının tasarımı ve tabaka kalınlığının belirlenmesi yapılmıştır. Penetratör parçaları ana oda, kafa ve kapılar kadar önemlidir. İlk önce, gerekli malzeme kalınlıkları, AD 2000 Merkblatt basınçlı kaplar standardına göre ampirik formüllerle hesaplanmıştır ve daha sonra sonuçlar SolidWorks analiz modülü tarafından incelenmiştir. AD2000 MB formüllerine yüksek güvenlik faktörleri dâhil etmek için, ticari katı analiz programları önerildi.

(Altınbalık & Kabak, 2017) çalışmada, multiplace HBO odası için en önemli bileşenlerin tasarımı ve DBF ve DBA ile malzeme kalınlıklarının belirlenmesi gerçekleştirilmiş ve DBA'nın bu tip kabinlerin üretimi için avantajları iyi bir şekilde sunulmuştur. Ayrıca, ampirik hesaplamalara bir güvenlik faktörü dahil edilmiştir. Bu nedenle, bu bileşenler için üretici ve müşteri arasında ulaşılabilecek olan anlaşmaya ve anlayışa göre belirlenecektir, DBF yerine DBA kullanımı da toplam maliyeti %55 oranında azalttığı ortaya konulmuştur.

(Altınbalık & Kabak, 2015) maliyet ve ağırlık analizi ile basınçlı kap çeliği olan P275 GH yerine paslanmaz çelik kullanımını tartıştılar. Söz konusu çalışmada AD 2000 basınçlı kaplar standardına göre ampirik formüllerle hesaplanan gerekli tabaka kalınlığı ve ardından SolidWorks analiz modülü tarafından incelenmiştir.

BÖLÜM 4

HİPERBARİK KABİNİN TASARIM ve HESAPLARI

Bir hiperbarik kabinin imalat süreci esas olarak ikiye ayrılır. Birinci aşama basınç odası karkas imalatı, ikinci aşama basınç odası donanım montaj sürecidir. Basınç odası karkası ASME PVHO, EN13445 ve AD 2000 standartlarında yer alan basınçlı kaplar bölümlerindeki hesaplamalarla tasarlanır. Basınç odası karkas parçaları; kabuk, taban, duvar, kapı, kör flanş, ilaç verme borusu ve kapağı (medikal bölme), gözetleme lumbozu ve nozuldür. Bu elemanlar için sac kalınlıkları tasarım biçimi ve kullanılan malzemeye göre hesap ve/veya analizlerle belirlenmeye çalışılır. Hiperbarik basınç odaları değişik geometrik formlarda ve malzemelerde kullanım yerine ve amacına göre üretilirler. Taşınabilir hiperbarik basınç odaları hafif olması gerektiğinden alüminyum gibi yoğunluğu düşük metallerden, tek kişilik özel hiperbarik basınç odaları ise, içindeki hastanın tedavi sırasında izlenebilmesine olanak sağlaması için şekil 4.1 de olduğu gibi akrilikten imal edilir.



Şekil 4-1.Akrilikten İmal Edilen Tek Kişilik Hiperbarik Basınç Odası

Hiperbarik basınç odaları endüstrisinde asıl olarak 2 tip ürün üretilir. Birincisi sabit basınç odası ikincisi taşınabilir basınç odalarıdır. Kapasite görev ve kullanım yerine göre üretildikleri malzemeler değişiklik gösterir. Sabit basınç odaları isminden de anlaşılacağı üzere koyuldukları yerden başka bir yere taşınamazlar. Ömürleri boyunca koyulduğu yerde çalışır ve testleri yapılır. Sabit basınç odaları taşınabilir basınç odalarından her zaman daha büyük çapta olduklarından daha mukavemetli malzemeden üretilmiş olmalıdır. Bu sebeple sabit basınç odaları çelik malzemeden üretilirler. Sabit basınç odaları bir yerden başka bir yere taşınmadığından ağırlıklarının fazla olması bir sorun teşkil etmez.

Taşınabilir basınç odalarında durum farklıdır. Çalıştıkları yerler devamlı değişebileceği gibi test yapmak için de özel test bölgelerine taşınırlar. Taşınabilir basınç odaları kendi içinde ikiye ayrılır. Askeri amaçla kullanılan basınç odaları ve hastane içi kullanılan şeffaf basınç odaları. Taşınabilir basınç odaları iki farklı malzemeyle üretilirler. Askeri amaçla üretilen taşınabilir basınç odaları profesyonel kullanıcılar (dalgıçlar) tarafından kullanılır. Genelde gemi üzerinde bulunan bu basınç odaları, vurguna uğrayan dalgıçları basınç odası içerine alarak hızlı bir şekilde vurguna uğradıkları basınç değerine getirirler. Vurgun basıncına gelen dalgıç vurgundan kurtulur fakat tüm vurgun vakalarında bu tip basınç odalarında tedavi edilemez. Gerekli görüldüğünde dalgıçlar tedavi için basınç odası ile helikopter vasıtasıyla sabit basınç

odalarına taşınırlar ve tedaviye sabit basınç odaları içinde devam ederler. Helikopterin taşıma kapasitesi sınırı olduğundan bu tip basınç odaları hafif olmalıdır. Bu nedenle basınç odaları alüminyumdan üretilir.

Hastane içi taşınabilir basınç odaları tek kişiliktir ve genellikle kapalı alan korkusu olan hastalarda kullanılır. Bu tip basınç odalarının basınçlı kapları şeffaf olan akrilik malzemeden üretilir. Şeffaf basınçlı kap hastanın içeriden tamamıyla dış ortamı görebilmesini sağladığından, hem hastanın kapalı alan korkusunu yenmesini hem de doktorun hasta ile iletişimini kolaylaştırır.

Hiperbarik basınç odası endüstrisinde 3 ayrı malzeme ağırlıklı olarak kullanılır. Çelik, alüminyum ve akrilik (PMMA). Çelik kullanımı, çoğunlukla mukavemet istenen fazla ağırlığın önemli olmadığı çok kişilik basınç odalarında kullanılır. Alüminyum ise daha küçük 2 kişilik taşınabilir basınç odalarında tercih edilir. Hafifliğin istendiği bu basınç odaları çok kişilik basınç odalarından daha küçük olduğundan, aynı basıncı daha az mukavemetle sağlayabilmektedir. Hastaların özel tedavi edildiği şeffaf tek kişilik basınç odalarında da akrilik (PMMA) malzeme kullanılır. Akriliğin şeffaf olması hasta ile doktor arasında görsel iletişimin de sağlanmasını sağladığından, hastalar kendilerini daha rahat hissederler.

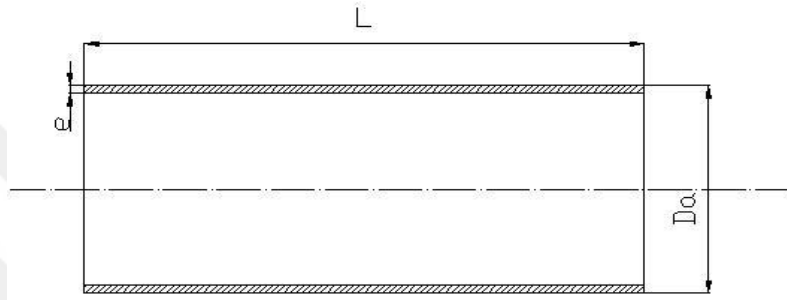
Her üç malzeme için de kullanılan ampirik formüller aynı olduğundan P355GH çelik sac malzemesine ait formül değerleri ayrıntılı biçimde verilmiş olup diğer iki malzeme için yalnızca hesap sonucu buluna değerler tablolara konacaktır

Sunulan tezde ana bölme içerisinde tek seferde 12 hastanın tedavi görebilmesine olanak sağlayan multiplace (çok kişilik) tip hiperbarik basınç odası tasarımı değişik parametreler ışığında incelenmiştir. Tezde öncelikle bombeli ve omega tip olmak üzere 2 farklı geometriye sahip basınç odası ele alınmıştır. Bombeli tasarımın omega tasarıma üstünlüğü basınç odalarında taban sacının olmamasıdır. Taban sacının olmaması, hem basınç odasının imalatında kolaylık sağlarken hem de kaynak metrajının azalmasına ve kabuk sacına kaynakla birleştirilen, aynaların tipinin değişmesine neden olmaktadır. Seçilen bu geometriler için çelik sac, alüminyum sac ve akrilik olmak üzere 3 farklı malzeme kullanılması halinde toplam 6 farklı opsiyon için malzeme kalınlığı, ağırlık ve maliyet gibi parametreler incelenmiştir

4.1. Hiperbarik Kabin Yapısal Parçaları Ve Hesapları

4.1.1. Silindirik Gövde Et Kalınlığı

Silindirik yapıya sahip olan gövde tüm kabini dışarıdan sarar. Duvarlar ve taban parçaları silindirik gövdeye kaynaklanır. Kabinin en önemli parçasıdır. Ayrıca silindirik gövdeye, kabinin dışarıdan iç ortamı gözetlemeye yarayan lumbozlar ve kabini basınçlanmak, içindeki havayı tahliye etmek için kullanılan hava nozülleri de kaynaklanır. (Şekil 4.2)



Şekil 4-2.Silindirik Gövde

Hiperbarik kabinler dalış tablolarına göre çalıştırılırlar. Dalış tabloları bir hiperbarik kabinin ne zaman hangi basınca çıkacağını ve kabin içindeki hastanın hangi basınçta ne kadar zaman oksijen, nitrox veya helox gazı soluması gerektiğini bize bildiren tablolarıdır. Bu tablolar çok çeşitli olabildiğine göre standartlaşmış olan kabul görmüş genel şartları da içerir. Kabul görmüş bu genel şartlardaki en yüksek tedavi basıncı 5.5 bardır. Bu nedenden dolayı hiperbarik kabinlerin hesaplamalarında dizayn basıncı 5.5 bar alınır.

Dalış tablolarındaki şartlardan biri de ortam sıcaklığıdır. Ortam sıcaklığı da aynı basınç değeri gibi belirtilmiştir. Hiperbarik kabinler ortam sıcaklığında çalıştırılırlar. Fakat kabin basınçlandırıldığında moleküller titreşir ve ortam sıcaklığı artar. İklimlendirmenin çalışmadığı durumlarda kabin iç sıcaklığı 400C'ye yükselinceye kadar tedavi devam eder. Kabin iç sıcaklığı 400C'den fazla olursa, kandaki oksijenin çözünme

oranı değişeceğinden tedavi durdurulur. Bu deneden dolayı hiperbarik kabinin tasarım hesaplamalarında kabul edilebilen maksimum sıcaklık kullanılır.

Çok kişilik hiperbarik kabinlerin birçoğu aynı boyutlara sahiptir. Hesaplamalarda dünyada en sık kullanılan hiperbarik kabin boyutları kullanılmıştır. Silindirik gövde çapı 2400 mm, kabin uzunluğu ise 8000 mm dir. Hesaplamalarda kullanılan çelik, alüminyum ve akrilik malzemelerinin sečilmesinin sebebi de dünyada çalışır halde faaliyet gösteren hiperbarik kabinlerin bu malzemelerden üretilmiş olmasıdır.

Çizelge 4-1.Silindirik Gövde

P	=	5.5 bar =0.55MPa	(Dizayn Basıncı)
T	=	40°C	(Dizayn Sıcaklık Aralığı)
D _a	=	2400	(Silindirik Gövde Dış Çap)
K	=	355 N/mm ²	(16mm den küçük 40 °C ta)
V	=	1	(Kaynak Katsayısı)
S	=	1.5	(Emniyet Faktörü)
c ₁	=	0.5 mm	(Negatif Korozyon)
c ₂	=	3 mm	(Korozyon Faktörü)

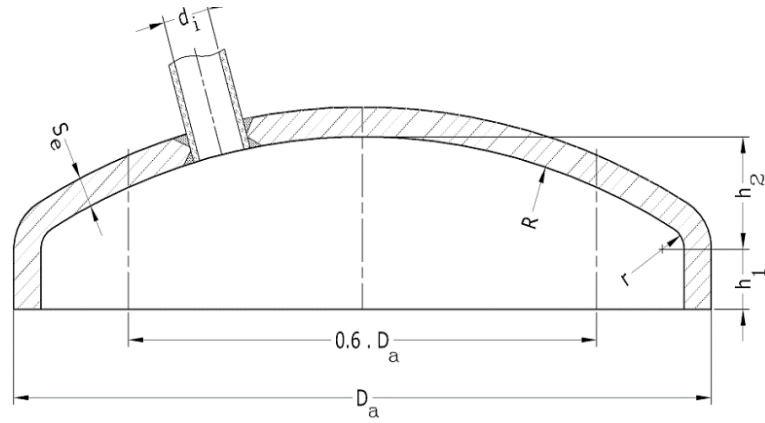
S		Hesaplama ile bulunacak	(Hesap İçin Kullanılan Torisferik Bombenin Kalınlığı)
S _e		Hesaplama ile bulunacak	(Hesaplanan Torisferik Bombenin Kalınlığı)
β		Tablodan bulunacak	(Dizayn Faktörü)

$$e = \frac{D_a P}{20 * \frac{K}{S} * V + P} + c_1 + c_2 \quad (4.1)$$

$$e = \frac{2400 * 5.5}{20 * \frac{355}{1.5} * 1 + 5.5} + 0.5 + 3 = 6.28 \text{ mm}$$

4.1.2. Bombeli Duvar Et Kalınlığı

Bombeli duvar torisferik geometrik yapıya sahiptir. Her basınç odasında ön, arka ve orta olmak üzere üç adet bulunur. Arka ve orta bombeler ana bölmeyi sınırlarken ön bölme ve orta bombe ön bölmeyi sınırlar. Şekil 4.3’de olduğu gibi bombelerin her biri silindirik gövdeye bağlanırlar. Geometrik şekillerinden dolayı daha az malzeme ile daha çok gerilme kuvvetine dayanıklıdırlar.

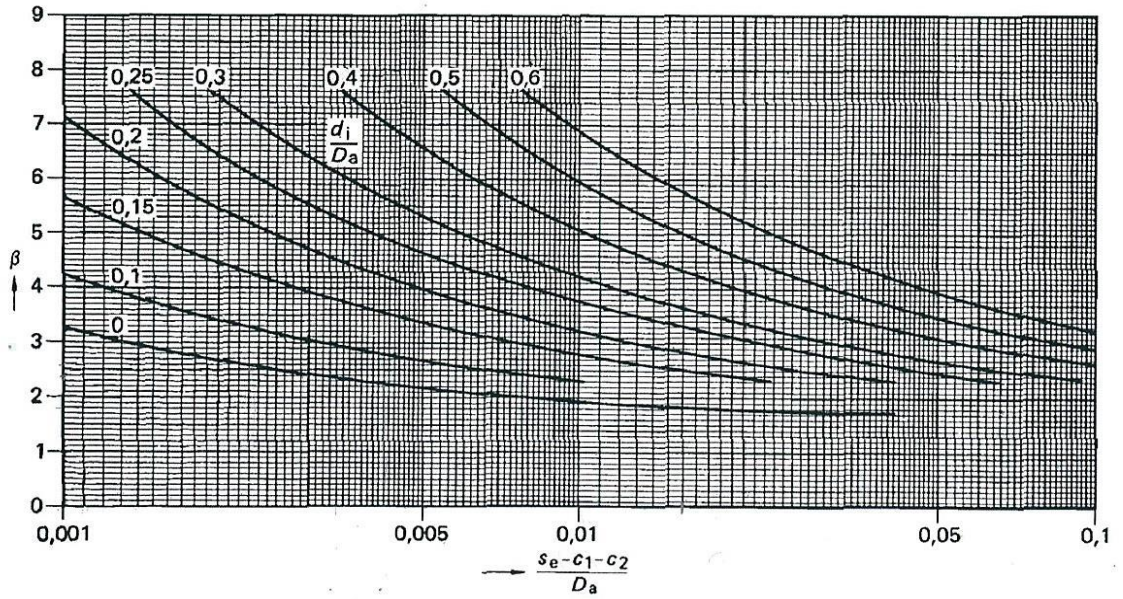


Şekil 4-3.Bombeli Duvar

Çizelge 4-2.Bombeli Duvar

P	=	5.5 bar =0.55MPa	(Dizayn Basıncı)
T	=	40°C	(Dizayn Sıcaklık Aralığı)
D _a	=	2400	(Silindirik Gövde Dış Çap)
K	=	355 N/mm ²	(16mm den küçük 40 °C ta)
V	=	1	(Kaynak Katsayısı)
d _i	=	880 mm	(Eşdeğer Delik İç Çapı)
S	=	1.5	(Emniyet Faktörü)
c ₁	=	0.5 mm	(Negatif Korozyon)
c ₂	=	3 mm	(Korozyon Faktörü)

S		Hesaplama ile bulunacak	(Hesap İçin Kullanılan Torisferik Bombenin Kalınlığı)
S _e		Hesaplama ile bulunacak	(Hesaplanan Torisferik Bombenin Kalınlığı)
β		Tablodan bulunacak	(Dizayn Faktörü)



Şekil 4-4.Dizayn Faktörü

Şekil 4.4'teki grafik ve Denklem 4.2'deki formülasyon, odanın kalınlığını hesaplamak için kullanılır. Denklem 4.2 ve β katsayısındaki formülasyon, sırasıyla Şekil 4.4'teki apsis ve ordinat eksenlerinde bulunur. İlk hesaplama işlemi, S_e değerini tahmin etmek ve Denklem 4.2'ye eklemek ve grafikteki S_e değerine karşılık gelen β okunur. Tasarım faktörünü factor Şekil 4.4'ten bulmak için alt eğri di; $D_a = 0$ geçerlidir, çünkü dış alan açıklıklar ile zayıflamaz. Bundan sonra, S değeri Denklem 4.3'e β ekleyerek hesaplanır. Hesaplanan S değerinin S_e olduğu varsayıldığında, yine Denklem 4.2'ye

eklenir ve bir düzeltici çevrimi oluşturulur. Bu yineleme, izin verilen değer ile nihai değer arasındaki fark 0.1'den küçük olana kadar devam eder.

Dizayn faktörü β yı bulmak için Şekil 4.4 takip edilir.

1 iterasyon

$$S_e = 10 \quad \frac{di}{D_a} = 0$$

$$S = \frac{S_e - C_1 - C_2}{D_a} \quad (4.2)$$

$$S = \frac{10 - 0,5 - 3}{2400}$$

$$S = 0.0027 = \text{Şekil 4.4'ten} \quad \beta = 5.9 \text{ bulunur.}$$

$$S = \frac{D_a \times P \times \beta}{40 \times \frac{K}{s} \times v} + C_1 + C_2$$

$$S = \frac{2400 \times 5,5 \times 5,9}{40 \times \frac{355}{1,7} \times 0,80} + 0,5 + 3$$

$$S = 15,155$$

2.iterasyon

$$S_e = 15,155 \quad \frac{di}{D_a} = 0$$

$$S = \frac{S_e - C_1 - C_2}{D_a}$$

$$S = \frac{15,155 - 0,5 - 3}{2400}$$

$$S = 0.0021 = \text{Şekil 4.4'ten}$$

$\beta = 5.30$ bulunur.

$$S = \frac{Da \times P \times \beta}{40 \times \frac{K}{s} \times v} + C1 + C2$$

$$S = \frac{2400 \times 5,5 \times 5,30}{40 \times \frac{355}{1,7} \times 0,80} + 0,5 + 3$$

$$S = 13,969$$

3.iterasyon

$$S_e = 13,969$$

$$\frac{di}{D_a} = 0$$

$$S = \frac{S_e - C_1 - C_2}{D_a}$$

$$S = \frac{13,969 - 0,5 - 3}{2400}$$

$$S = 0.0044 = \text{Şekil 4.4'ten}$$

$\beta = 5.60$ bulunur

$$S = \frac{Da \times P \times \beta}{40 \times \frac{K}{s} \times v} + C1 + C2$$

$$S = \frac{2400 \times 5,5 \times 5,60}{40 \times \frac{355}{1,7} \times 0,80} + 0,5 + 3$$

$$S = 14,562$$

4.İterasyon

$$S_e = 14,562 \quad \frac{di}{D_a} = 0$$

$$S = \frac{S_e - C_1 - C_2}{D_a}$$

$$S = \frac{14,562 - 0,5 - 3}{2400}$$

$$S = 0.0046 = \text{Şekil 4.4'ten}$$

$\beta = 5.50$ bulunur.

$$S = \frac{D_a \times P \times \beta}{40 \times \frac{K}{s} \times v} + C_1 + C_2$$

$$S = \frac{2400 \times 5,5 \times 5,5}{40 \times \frac{355}{1,7} \times 0,80} + 0,5 + 3$$

$$S = 14,364$$

5.İterasyon

$$S_e = 14,364 \quad \frac{di}{D_a} = 0$$

$$S = \frac{S_e - C_1 - C_2}{D_a}$$

$$S = \frac{14,364 - 0,5 - 3}{2400}$$

$$S = 0.0045 = \text{Şekil 4.4'ten}$$

$\beta = 5.50$ bulunur

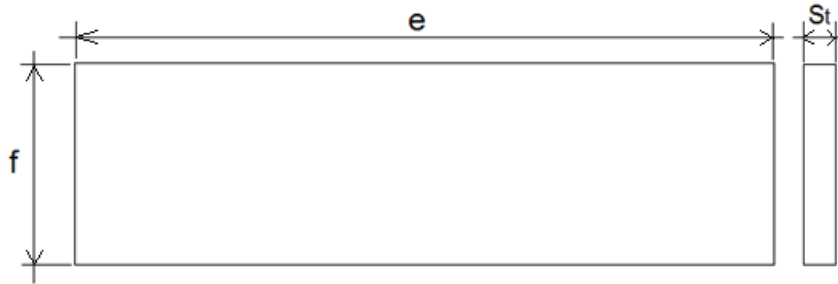
$$S = \frac{Da \times P \times \beta}{40 \times \frac{K}{s} \times v} + C1 + C2$$

$$S = \frac{2400 \times 5,5 \times 5,5}{40 \times \frac{355}{1,7} \times 0,80} + 0,5 + 3$$

$$S = 14,364$$

4.1.3. Taban Et Kalınlığı Hesabı

Taban, hastaların üzerinde yürüdüğü tabandır. (Şekil 4.5). Kabuk ve aynalarla kaynaklı yöntem ile birleştirilerek basıncın da içinde kalmasını sağlar. Basınç odalarında iki türlü taban vardır, birincisi yalancı düztaban, ikincisi esas düztabandır. Yalancı düztaban bulunan basınç odalarının kabukları tam bir silindirik sekle sahiptir. Hastaların basınç odası içerisinde dengede ayakta durabilmesi için basınç odası kabuğundan bağımsız, tabanda, profil ve saclardan gerçekte basınç odasının formu olmayan bir taban oluşturulur. Basınç odasına dışardan bakıldığında silindirik bir şekil görünürken, basınç odası içinde omega şekli görünür.



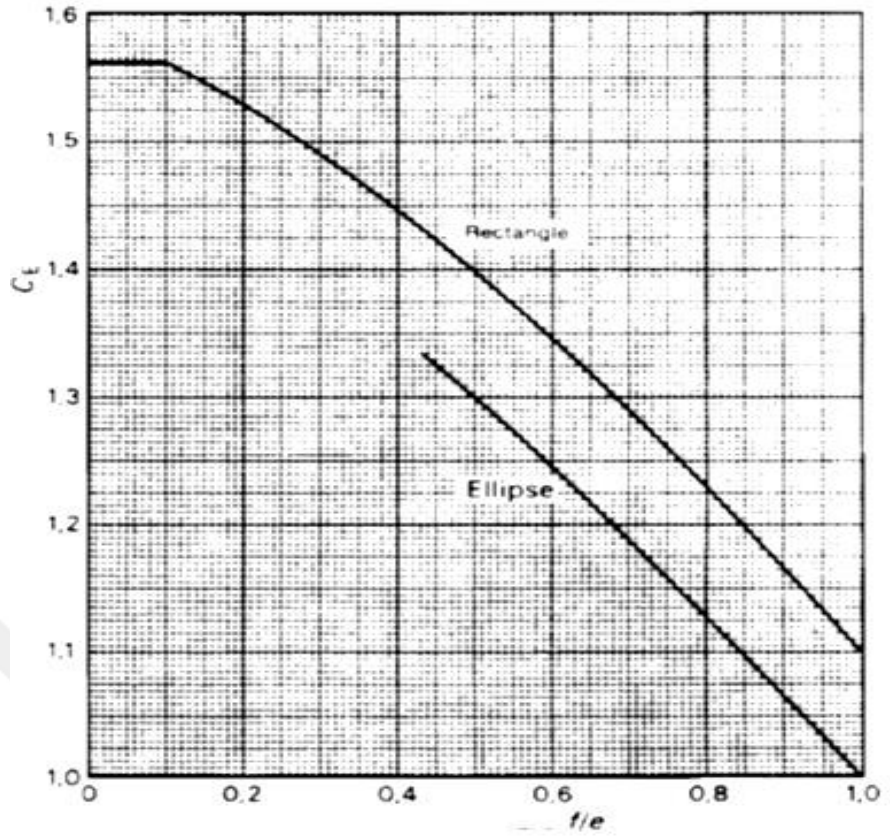
Şekil 4-5.Taban

$$S_t = C * C_E * f * \sqrt{\frac{P * S}{10 * K}} + c_1 + c_2 \quad (4.3)$$

$$\frac{f}{e} = \frac{1502}{8000} = 0.187$$

Çizelge 4-3.Taban

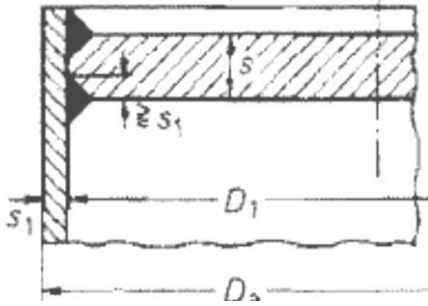
P	=	5.5 bar =0.55 N/mm ²	(Dizayn Basıncı)	
e	=	8000 mm	(Uzun Kenar)	
CE	=	1.525	(Dizayn Faktörü-CE)	(AD 2000. B5 Tablo 2) (Şekil 4.6)
f	=	1502 mm	(Kısa Kenar)	
C ₁	=	0.5 mm	(Korozyon Faktörü)	
C ₂	=	3 mm	(Korozyon Faktörü)	
C	=	0.4	(Dizayn Faktörü)	(AD 2000. B5 Tablo 1) (Tablo 4.4)
S	=	1.5 alındı.		
K	=	355 N/mm ²	(Akma Mukavemeti)	



Şekil 4-6.Dizayn Faktörü-CE

Çizelge 4-4.Dizayn Faktörü-C

Düz uçlu tasarım tipi	Koşullar	Dizayn faktörü - C
Her iki taraftan kabuğa kaynaklı yassı plaka	Plaka kalınlığı $s \leq 3 s_1$ $s > 3 s_1$	0.35 0.40

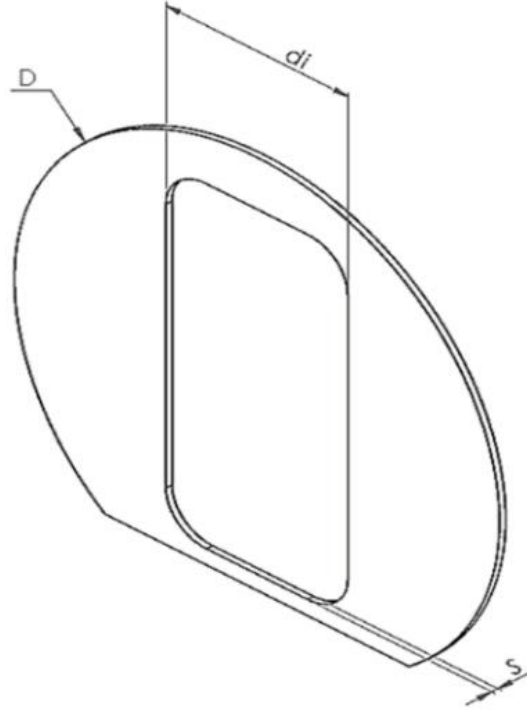


Değerleri formülde yerine koyarsak;

$$S_t = 0.40 * 1.525 * 1502 * \sqrt{\frac{5.5 * 1.5}{10 * 355}} + 0.5 + 3 = 47.67 \text{ mm}$$

4.1.4. Ön, Orta Ve Arka Duvar Et Kalınlığı Hesabı

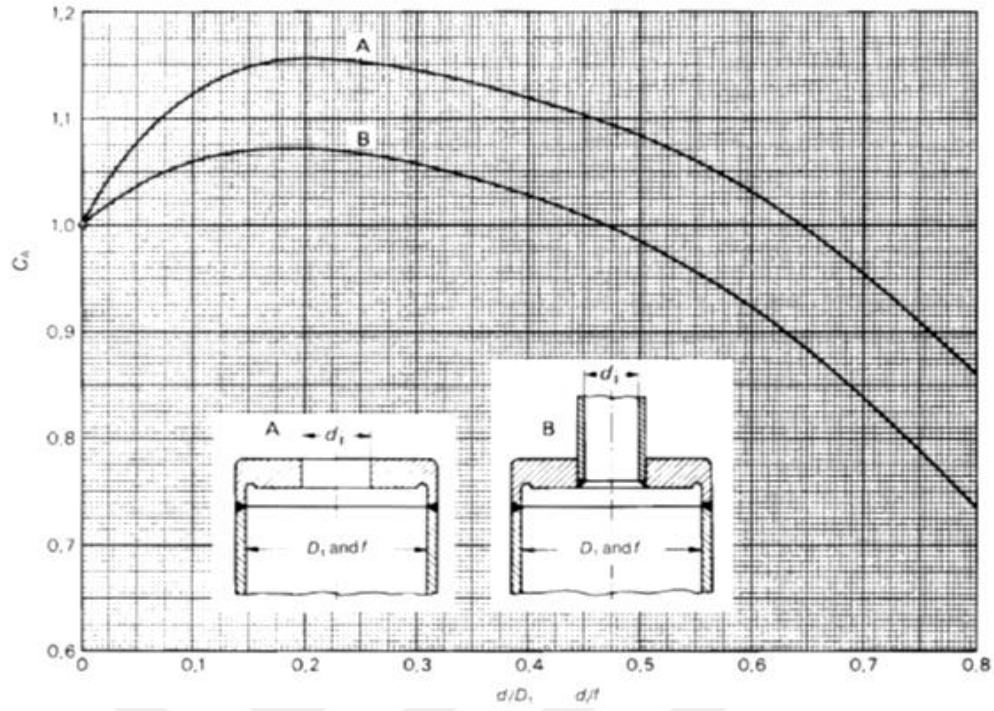
Basınç odasını ikiye bölen ve bölünen her bir bölmeyi de atmosferden ayıran düz veya bombe şeklindeki yapılarıdır. Duvar, kabuk ve ayna ile kaynaklı bağlantı ile birleştirilir. Ayna üzerinde kapılar, medikal bölme ve çeşitli donanımlar bulunur. Duvarlar, basınç odasının atmosfer basıncıyla arasındaki her türlü geçişi sağlamak için altyapı oluşturur. (Şekil 4.5)



Şekil 4-7.Ön, Orta Ve Arka Duvar

Çizelge 4-5.Ön, Orta Ve Arka Duvar

P	=	5.5bar =0.55MPa	(Dizayn Basıncı)	
T	=	40 °C	(Dizayn Sıcaklık Aralığı)	
D _a	=	2400	(Silindirik Gövde Dış Çap)	
K	=	355 N/mm ²	(40 °C ta)	
C	=	0.40	(Dizayn Faktörü)	(AD 2000. B5 Tablo 1) (Tablo 4.4)
d _i	=	900 mm	Olarak En Kötü Durum Alınırsa	
D	=	2400 mm	(Duvar Dış Çapı)	
S	=	1.5	(Emniyet Faktörü)	
c ₁	=	0.5 mm	(Negatif Korozyon)	
c ₂	=	3 mm	(Korozyon Faktörü)	



Şekil 4-8.Acıklık Faktörü

$$S = C_{11} * D * \sqrt{\frac{(P * S)}{(10 * K))} + c_1 + c_2 \quad (4.4)$$

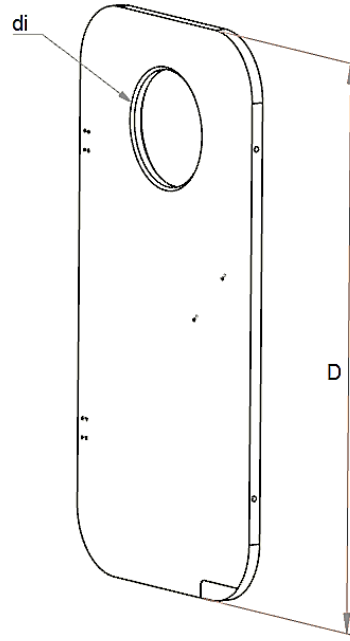
$d_i/D = 900/2400 = 0.375$ Tablo 4.8 (A eğrisi) den $C_A = 1.115$ olarak bulunur.

$$C1 = C * C_A = 0.40 * 1.12 = 0.448$$

$$S = 0.448 * 2400 * \sqrt{\frac{(5.5 * 1.5)}{(10 * 355))} + 0.5 + 3 = 55.33 \text{ mm}$$

4.1.5. Kapı Et Kalınlığı Hesabı

Duvarlar üzerinde bulunan kapılar, şekil 4.9’da görüldüğü gibi basınç odasına insan giriş çıkışını ve iki bölmeli olan basınç odalarında bölmeler arası geçişi sağlar. Kapılar üzerinde basınç odasının içini izleyebilmek için bir adet gözetleme lumbozu bulunur. Kapıların açılma yönü basınç odası içine doğrudur. Bunun nedeni, basınç odası basınçlandığında, kapıların kilit gerekmeksizin, basıncın etkisiyle kendiliğinden kapanmasıdır.



Şekil 4-9.Kapı

$$S = C_1 * D * \sqrt{\frac{P * S}{10 * K}} + c_1 + c_2 \quad (4.5)$$

Çizelge 4-6.Kapı

P	=	5.5 bar =0.55MPa	(Dizayn Basıncı)	
T	=	40°C	(Dizayn Sıcaklık Aralığı)	
D _a	=	2400	(Silindirik Gövde Dış Çap)	
K	=	345 N/mm ²	(40 C° ta)	

C	=	0.40	(Dizayn Faktörü)	(AD 2000. B5 Tablo 1) (Tablo 4.4)
d _i	=	380 mm	Olarak En Kötü Durum Alınırsa	
D	=	1800 mm	(Kapı Uzunluğu)	
S	=	1.5	(Emniyet Faktörü)	
c ₁	=	0.5 mm	(Negatif Korozyon)	
c ₂	=	3 mm	(Korozyon Faktörü)	

$$\frac{d_i}{D} = \frac{380}{1800} = 0.211$$

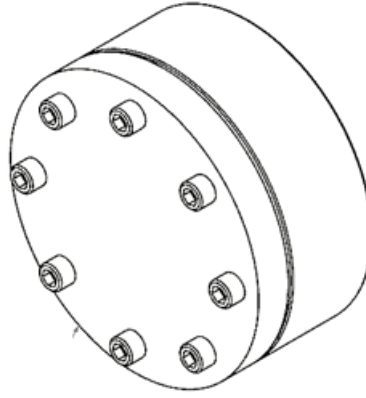
Tablo 4.8 (A eğrisi) den CA= 1.155olarak bulunur.

$$C_1 = C * CA = 0.40 * 1.155 = 0.47$$

$$S = 0.47 * 1800 * \sqrt{\frac{5.5 * 1.5}{10 * 345}} + 0.5 + 3 = 44.87 \text{ mm}$$

4.1.6. Kör Flanş Kapak Et Kalınlığı Hesabı

Basınç odasının kabuğunda bulunur. Genellikle üzerinde acil boşaltma vanaları ve hasta bası monitörü donanımlarının bağlandığı, basınç odasının dışı ile iç ortam arasındaki donanım bağlantılarının sağlandığı parçadır. (Şekil 4.7)



Şekil 4-10.Kör Flanş

$$S = C * D_1 * \sqrt{\frac{P * S}{10 * K}} + c_1 + c_2 \quad (4.6)$$

Dıştan basınca maruz kör flanş için,

Çizelge 4-7.Kör Flanş

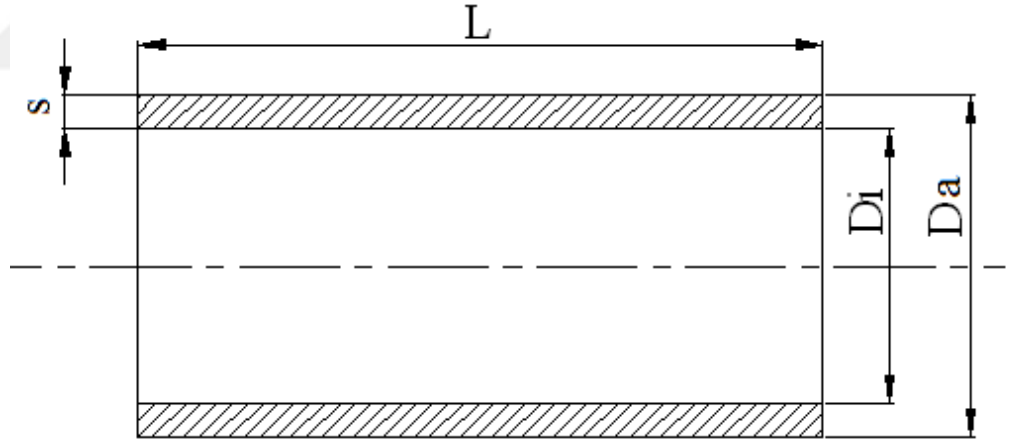
P	=	5.5 bar =0.55MPa	(Dizayn Basıncı)	
T	=	40°C	(Dizayn Sıcaklık Aralığı)	
D ₁	=	200 mm	(Flanş Dış Çap)	
K	=	345 N/mm ²	(40 C° ta)	S355 J2. AD Merkblatt EN 10025
C	=	0.40	(Dizayn Faktörü)	(AD 2000. B5 Tablo 1) (Tablo 4.4)
S	=	1.5	(Emniyet Faktörü)	

c ₁	=	0.5 mm	(Negatif Korozyon)	
c ₂	=	3 mm	(Korozyon Faktörü)	

$$S=0.35*200*\sqrt{\left(\frac{(0.55*1.5)}{10*355}\right)}+0.5+3=4.56 \text{ mm}$$

4.1.7. İlaç Verme Borusu Et Kalınlığı Hesabı

Genellikle basınç odasının duvarlarında bulunur. Dış ortam ile iç ortam arasında birde basıncı kontrol altında tutulan bir bölme vardır. Bu bölme dış basınçla iç basıncın eşitlenir. Bu eşitlemenin amacı, dış ortamdan iç ortama veya iç ortamdan dış ortama ilaç, maske veya tıbbi malzeme transfer etmektir. (Şekil 4.8)



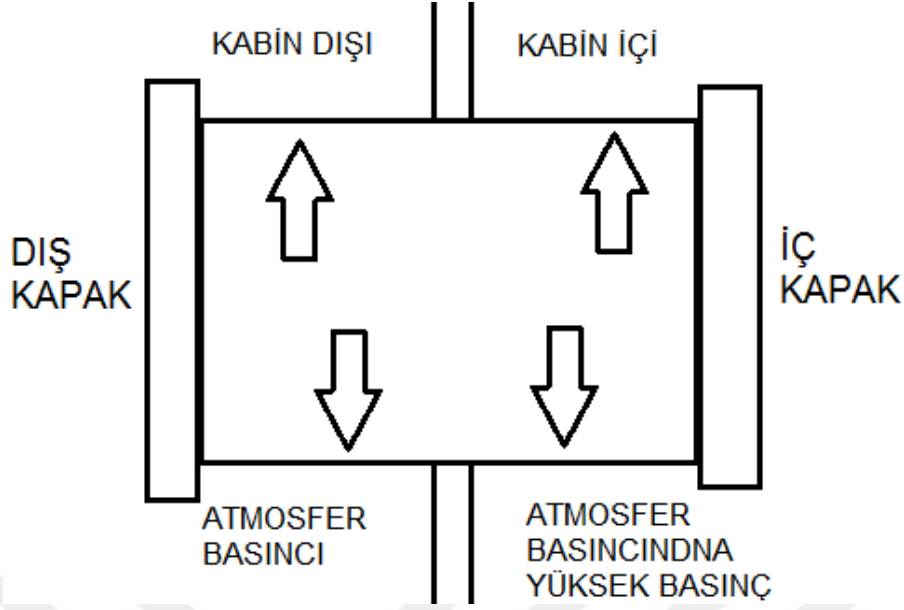
Şekil 4-11.İlaç Verme Borusu

$$S=\frac{(D_a*P)}{\frac{20*K}{S}*V+P}+c_1+ c_2 \quad (4.7)$$

Çizelge 4-8.İlaç Verme Borusu

P	=	5.5 bar =0.55MPa	(Dizayn Basıncı)	
T	=	40°C	(Dizayn Sıcaklık Aralığı)	
D _a	=	300 mm	(Dış Çap)	
K	=	345 N/mm ²	(40 C° ta)	S355 J2. AD Merkblatt EN 10025
L	=	150 mm	(Boru uzunluğu)	
S	=	1.5	(Emniyet Faktörü)	
c ₁	=	0.5 mm	(Negatif Korozyon)	
c ₂	=	3 mm	(Korozyon Faktörü)	
V	=	0.8	(Kaynak Faktörü)	

$$S = \frac{(300 \cdot 5.5)}{\frac{20 \cdot 345}{1.5} \cdot 0.85 + 5.5} + 0.5 + 3 = 3.92 \text{ mm}$$



Şekil 4-12. Medikal Bölmenin Kabin İçinde Ve Dışında Kalan Bölümü

Şekil 4.9'a göre dıştan basınca göre kontrol. (İçte kalan bölüm için)

$$P = \frac{20 * K}{S} * \frac{s_e - c_1 - c_2}{D_a} * \frac{1}{1 + \frac{1.5 * u * \left(1 - 0.2 * \frac{D_a}{l}\right) * D_a}{100 * (s_e - c_1 - c_2)}}$$

$$P = \frac{20 * 355}{3.9} * \frac{10 - 0.5 - 3}{300} * \frac{1}{1 + \frac{1.5 * 1.5 * \left(1 - 0.2 * \frac{300}{350}\right) * 300}{100 * (10 - 0.5 - 3)}}$$

>Ptest olmalıdır.

$$P = 0.42 \text{ bar}$$

$P < P_{test}$ olduğundan, et kalınlığı daha büyük seçilmelidir.

$P = 0.42 \text{ bar} < 8.25 \text{ bar}$ olduğundan seçilen kalınlık emniyetli değildir. 3.9 mm den daha büyük bir değer seçilmelidir.

Aşağıdaki tabloda, Se et kalınlığının değişimine göre P nin değişimi vardır

Çizelge 4-9.Kalınlığa Göre Basınca Dayanıklılık

S_e	P
3.9 mm	0.55 bar
4 mm	0.84 mm
5 mm	6.21 mm
5.3 mm	8.49 mm

$S_e = 5.3$ seçildiğinde $P = 8.49$ bar olur.

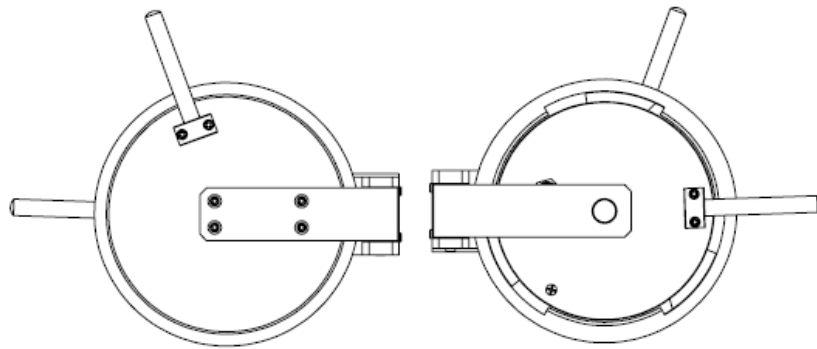
$P < P_{test}$ olduğundan, et kalınlığı daha büyük seçilmelidir.

Buna göre ;

$P > P_{test}$

$P = 8.49 \text{ bar} > 8.25 \text{ bar}$ olduğundan seçilen kalınlık emniyetlidir.

4.1.8. İlaç Verme Kapak Et Kalınlığı Hesabı



Şekil 4-13.İlaç Verme Kapağı

$$S = C * D_1 * \sqrt{\frac{P * S}{10 * K}} + c_1 + c_2 \quad (4.8)$$

İçten basınca maruz kapak için

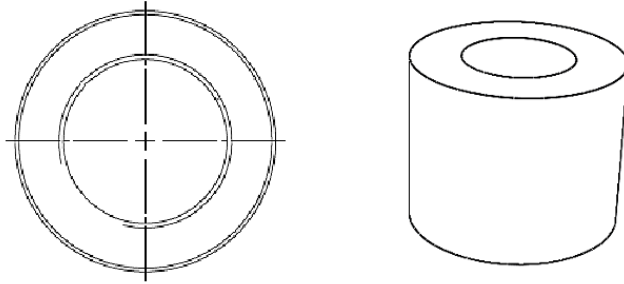
Çizelge 4-10.İlaç Verme Kapak

P	=	5.5 bar =0.55MPa	(Dizayn Basıncı)	
T	=	40oC	(Dizayn Sıcaklık Aralığı)	
D _i	=	350 mm	(Dış Çap)	
K	=	335 N/mm ²	(40 C° ta)	
C	=	1.25	(Dizayn Faktörü)	(AD Merkblatt B5 Tablo1) (Tablo 4.4)
S	=	1.5	(Emniyet Faktörü)	
c ₁	=	0.5 mm	(Negatif Korozyon)	
c ₂	=	3 mm	(Korozyon Faktörü)	

$$S = 1.25 * 350 \sqrt{\frac{0.55 * 1.5}{10 * 355}} + 0.5 + 3 = 10.17 \text{ mm}$$

4.1.9. Nozul (Açıklık) Hesapları

Basınç odasının basınçlanması, elektrik hatlarının basınçlı ortama getirilmesi için gerekli açıklıklardır.(şekil 4.14) Basınç odası kabuğu üzerinde sayısı tasarıma göre değişen birçok nozul bulunur. Bu nozüller dişli bağlantılı, silindirik yapılı ve kabuğa kaynakla bağlanmaktadır. Nozüller olmadan basınç odasına atmosferik ortamdaki elektriksel veya mekanik tesisatı çekmek mümkün değildir.



Şekil 4-14-Nozul

Sadece içten basınca maruz takviyesiz delik varsayımı ile

Çizelge 4-11-Nozul

L_s	=	Nozul, takviyeli kalınlık yüksekliği
m	=	Penetrasyon derinliği = 10 mm
S_s	=	Nozul et kalınlığı
V_a	=	Açıklıktaki zayıflama faktörü
d	=	Nozul Dış Çapı
N_u	=	Nozul Uzunluğu

c_2	=	3 mm	(Korozyon Faktörü)	
D_i	=	2400 mm	(Kabin Dış Çap)	
d_i	=	82.5 mm	(Nozül İç Çap)	
S_A	=	6.36 mm	(Gövde Kalınlığı)	
c_1	=	0.5 mm	(Negatif Korozyon)	
c_2	=	3 mm	(Korozyon Faktörü)	
S	=	1.7	(Güvenlik Faktörü)	

$$0.002 \leq \frac{S_e - C_1 - C_2}{D_a} \leq 0.1 \quad \rightarrow \quad 0.002 \leq \frac{6,36 - 0.5 - 3}{2400} \leq 0.1 \quad \rightarrow$$

$$0.002 \leq 0.001 \leq 0.1$$

$$\frac{d_i}{D_a} \leq 0.8 \quad \rightarrow \quad \frac{82.5}{2400} \leq 0.8 \quad \rightarrow \quad 0.034 \leq 0.8$$

Takviyeli Genişliğin Hesaplanması

$$b \geq \text{Min} \left(3S_A, \sqrt{(D_i + S_A - C_1 - C_2) \times (S_A - C_1 - C_2)} \right)$$

$$b \geq \text{Min} \left(3 \times 6.36, \sqrt{(2400 + 6.36 - 0.5 - 3) \times (6.36 - 0.5 - 3)} \right)$$

$$b \geq \text{Min} (19.08, 80.89)$$

Nozül et kalınlığı $S_s = 26mm$

Seçilen Nozül Dış Çapı $26+26+82.5 = 134.5$

Nozül Dış Çapı $d = 134.5 \text{ mm}$

L_s nin Hesaplanması

(Maksimum, Silindirik kabuktan dışarı doğru çıkıntı yapan meme uzunluğu)

Silindir Kabuk için $L_s = 1.25\sqrt{(d_i + S_s - C_1 - C_2) \times (S_a - C_1 - C_2)}$

$$L_s = 1.25\sqrt{(82.5 + 26 - 0.5 - 3) \times (6.36 - 0.5 - 3)} = 60.7mm$$

$$L_s = 21.66 \text{ mm}$$

m nin Hesaplanması

(Maksimum Silindirik kabuktan içeri doğru çıkıntı yapan meme uzunluğu)

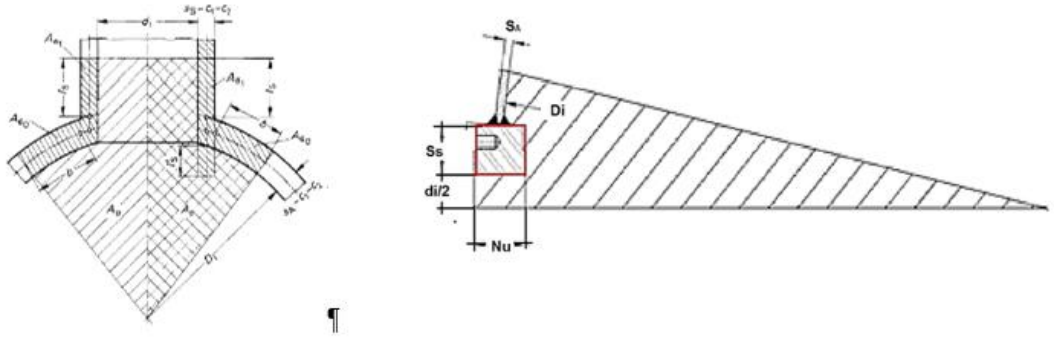
Eğer $m \geq S_s$ calculated S_s must be 20% more

$$m \leq \frac{L_s}{2} = \frac{60.7}{2} = 30.35mm$$

$$m = 6.36 \times 1.2 = 7.63 \text{ mm}$$

Toplam Nozül Uzunluğu = $L_s + m + S_a$

$$N_u = 21.66 + 7.63 + 6.36 = 35.65 \text{ mm}$$



Şekil 4-15.Nozül Ön ve Yan Kesiti

Tezde, çelik malzeme için AD2000 tasarım standartına göre ampirik hesaplar yapılmıştır. Aynı tasarım standartı kullanılarak Alüminyum ve akrilik (PMMA) malzemenin kalınlıkları da hesaplanmıştır. Hesaplama yöntemi ve kullanılan formüller çelik malzemenin kalınlık hesabında kullanılanlar ile aynıdır. Bu yüzden alüminyum ve akrilik (PMMA) malzemelerin kalınlık değerleri aşağıdaki tabloda verilmiştir.

Çizelge 4-12.Ampirik Hesaba Göre Karşılaştırmalı Kalınlık Tablosu

	Çelik	Alüminyum	Akrilik
Bombeli Duvar Et Kalınlığı	14.364 mm	24.95 mm	62.9 mm
Silindirik Gövde Et Kalınlığı	6.28 mm	8.98 mm	25.3 mm
Gövde Taban Et Kalınlığı Hesabı	47.67 mm	65.52 mm	127.55 mm
Ön,Orta Ve Arka Duvar Et Kalınlığı Hesabı	55.33 mm	76.29 mm	119.39 mm
Kapı Et Kalınlığı Hesabı	44.87 mm	60.77 mm	94.23 mm
Kör Flanş Kapak Et Kalınlığı Hesabı	4.56 mm	8.23 mm	12 mm
İlaç Verme Borusu Et Kalınlığı Hesabı	5.3 mm	6.30 mm	8.23 mm

İlaç Verme Kapak Et Kalınlığı Hesabı	10.17 mm	12.87 mm	21.1 mm
Nozul Opening (Açıklık) Hesapları	35.65 mm	57.89 mm	74.87 mm

4.2. Solidworks Simulation Modülüne Göre Analiz Sonuçları

4.2.1. Solidworks Programı Nedir ve Nerelerde Kullanılır

SolidWorks, basit, hızlı ve etkin şekilde 2D ve 3D katı modeller ortaya çıkarmak için kullanılan bir CAD yazılımıdır. Diğer CAD programları gibi, kendine has bir ekosistem oluşturarak pratik anlamda özgün hedeflere uygun olarak uzmanlaşmıştır. 1995 yılından bu yana sürekli geliştirilerek geniş bir kullanıcı kitlesine ulaşmış olan SolidWorks, temelde Windows işletim sistemleriyle çalışan ilk 3D modelleme programı olma özelliğine sahiptir.

2006 yılında MIT'nin gerçekleştirdiği bir araştırmada SolidWorks; CAD yazılımları arasında %95 oranla en yüksek verimliliğe sahip yazılım seçilerek, zaman içindeki yükselişinin haberini vermişti.

4.2.2. Solidworks Simulation İle Analiz Yöntemi

Solidworks simülasyon modülünde analizi yapılan parçaların maksimum çalışma basıncı olan 5.5 barın, 1.5 katı olan 8.25 bar kullanılarak malzeme statik analizi yapılmıştır. Maksimum gerilme, malzemenin akma gerilmesi ile aynı veya çok yakın olması durumunda malzemenin güvenli olarak çalıştığı varsayılmıştır.

Tüm hiperbarik basınç odası parçaları için önce el hesaplamalarında çıkan sonuçlar solidworks simülasyon modülünde parçaların çalışma basıncının 1.5 katı basıncında analiz edilecektir. Daha sonra kalınlıklar azaltılarak, malzeme üzerindeki maksimum gerilme değerleri akma gerilmesinin 1.05 ile 1.15 katına ulaştığında, analiz sonuçlanarak raporlanacaktır.

Von Mises e göre renk skalası maksimum ile minimum gerilmeleri göstermektedir. Kırmızı renk, parça üzerine uygulanan kuvvet ile ortaya çıkan gerilmelerin maksimum nerelerde etki ettiğini; skala üzerindeki değerler de bu gerilmelerin sayısal karşılığını göstermektedir. Diğer renkler de gerilmelerin boyutunu

skala üzerindeki değerler ölçütünde göstermektedir. Mavi renk en düşük gerilmeleri gösterirken, turkuazdan başlayarak, yeşil ve sarı renkler de gerilmenin kademeli arttığını işaret eder.

Çalışmada numuneye uygulanan hidrostatik basınç değeri baz alınmıştır ancak parça işletme basıncında 1.5 kat daha az basınca maruz kalacaktır. SolidWorks analizi yapılırken işletme basıncı değil hidrostatik test basıncı baz alınmış ve analiz buna göre yapılmıştır. Parça üzerindeki maksimum gerilme malzemenin akma gerilmesi yaklaştığında analiz sona erdirilmiştir. Böylece ulaşılan o kalınlık değeri işletme basıncına göre 1.5 kattan daha yüksek emniyetli olacaktır. Sonuç olarak formül(DBF) ile tasarım kalınlık değerleri (DBA) kıyaslanabilir seviyeye gelebilmektedir.

4.3. Analizler

Hiperbarik kabine ait, kabinin tamamı için geçerli olan toplam ağırlığı, üretim zamanı, nakliye durumu ve toplam maliyeti gibi ana unsurları değiştirebilecek parçaların analizleri yapılmaktadır.

Her bir parçanın el hesabı ile bulunan kalınlık değerindeki analizi sayfanın sol tarafında, program kullanılarak elde edilen en ince kalınlıkta yapılan analiz ise sayfanın sağ tarafında bulunur. Parçaların analiz Şekilleri sırasıyla çelik, alüminyum ve akrilik olarak alt alta sıralanır. Her bir analiz resmini altında resme ait yorumlar bulunur.

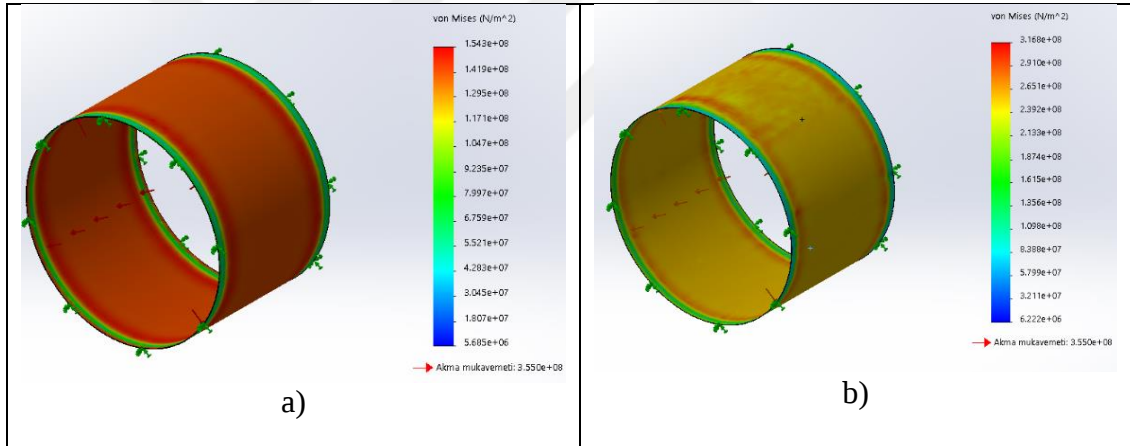
Çizelge 4-13.Analiz Şartları

Analiz tipi	Static
Mesh tipi	Katı Mesh
Termal Etki:	Açık
Termal seçenek	Sıcaklık yüklerini ekle
Sıfır gerilim sıcaklığı	298 Kelvin
SOLIDWORKS Flow Simulation'dan akışkan basınç etkilerini ekle	Kapalı
Çözümleyici tipi	FFEPlus
Düzlemde Etkisi:	Kapalı
Yumuşak Yay:	Kapalı
Atalet Kabartması:	Kapalı
Uyumsuz bağlama seçenekleri	Otomatik
Büyük yer değiştirme	Kapalı

Serbest gövde kuvvetlerini hesapla	Açık
Sürtünme	Kapalı
Uyumlu Yöntemi Kullan:	Kapalı
Mesh tipi	Katı Mesh
Kullanılan Meshleyici:	Standart
Otomatik Geçiş:	Kapalı
Mesh Otomatik Döngülerini Ekle:	Kapalı
Jakoben noktalar	4 Noktalar
Eleman Boyutu	3.65542 mm
Tolerans	0.182771 mm
Mesh Kalitesi	Yüksek

4.3.1. Silindirik Gövde Analizi

4.3.1.1. Çelik Malzeme İçin Karşılaştırmalı Analiz



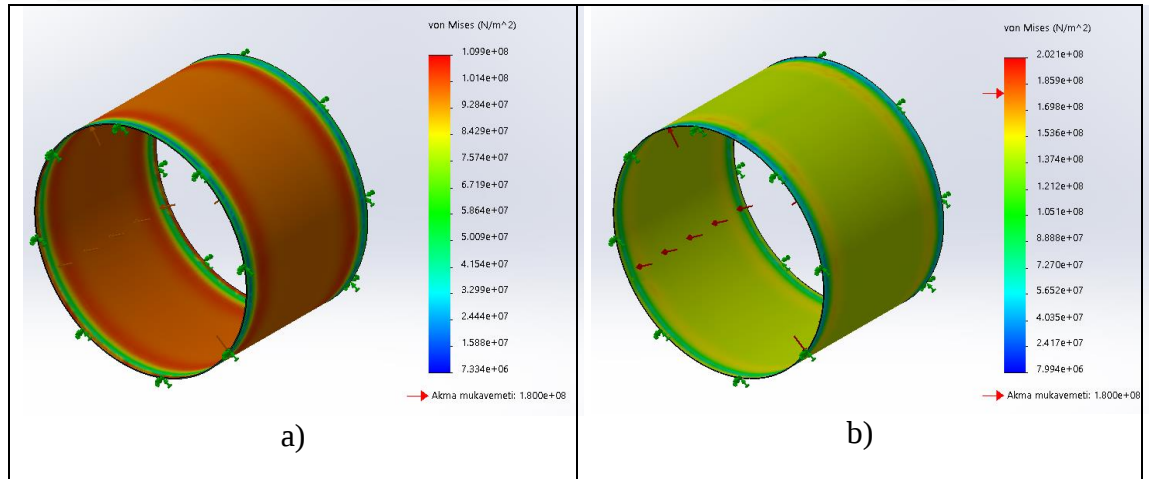
Şekil 4-16.Silindirik Çelik Malzeme

a) $s=6.8$ mm Hesaplanan Kalınlık b) $s=3.5$ mm Önerilen Kalınlık

Ampirik hesaplardaki kalınlık değeri alınarak oluşturulan analiz Şekil 4.16.a’da, aynı basınç değerinde çalışabilecek en ince sac kalınlığı alınarak oluşturulmuş analiz de Şekil 4.16.b’dedir. Şekil 4.16.a’daki analize bakıldığında parçaların hemen hemen her yerinde renk skalasına göre 141 MPa lık gerilme olduğu görülmektedir. Parçanın akma mukavemeti 355 MPa olduğu düşünüldüğünde ampirik formül ile yapılan hesaba göre

silindirik gövde genel olarak 2.51 kat emniyetlidir. Ancak, spesifik olarak parçanın yan kısımlarında gerilme 154 MPa civarında yükseldiği görülmüştür. Bunun sebebi silindirik gövdenin her iki yanından sabitlendiğinde kenara yakın bölgelerdeki gerilmelerdir. Böyle bir durumda parça 2.30 kat emniyetli gözüküyor olmasına rağmen, basınç değeri işleme basıncının 1.5 kat fazlası girildiğinden parçamız genel olarak 3.75 resme göre gerilmenin en yüksek olduğu bölgede 3.45 kat emniyetli olup tasarım için uygundur. Şekil 4.16.b'deki analize bakıldığında parçaların hemen hemen her yerinde renk skalasına göre 265 MPa lık gerilme olduğu görülür. Parçanın akma mukavemeti 355 MPa olduğu düşünüldüğünde analiz ile varılan sonuca göre silindirik gövde genel olarak 1.33 kat emniyetlidir. Ancak, spesifik olarak parçanın yan kısımlarında gerilme 291 MPa civarında yükseldiği görülmüştür. Bunun sebebi kalınlığın azalmasından dolayı yükün orta kısma kaymasıdır. Böyle bir durumda parça 1.21 kat emniyetli gözüküyor olmasına rağmen, basınç değeri işleme basıncının 1.5 kat fazlası girildiğinden parçamız genel olarak 2.resme göre resme göre en tehlikeli kesitte 1.81 kat emniyetli olup tasarım için öngörülen emniyet değerleri içindedir.

4.3.1.2. Alüminyum Malzeme İçin Karşılaştırmalı Analiz



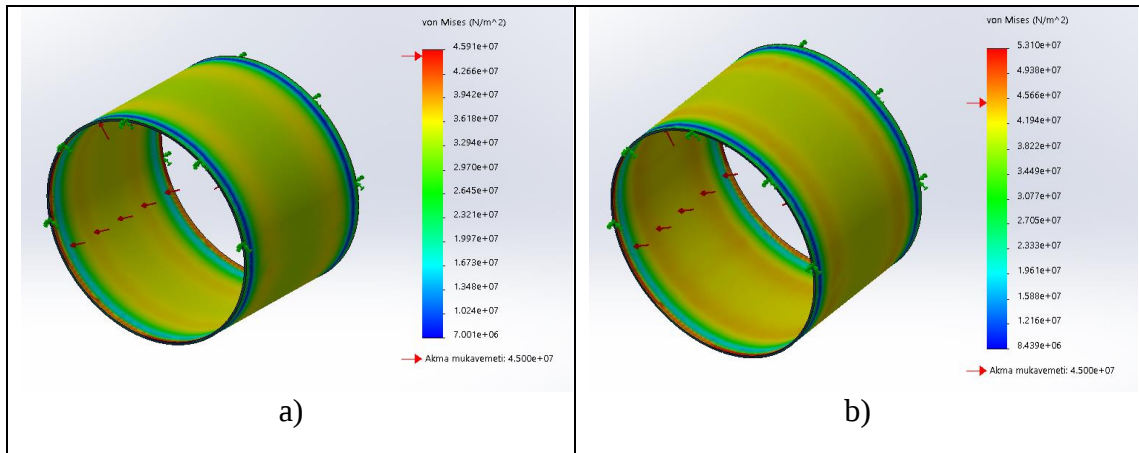
Şekil 4-17.Silindirik Alüminyum Malzeme

a) s=8.9 mm Hesaplanan Kalınlık b) s=6.0 mm Önerilen Kalınlık

Ampirik hesaplardaki kalınlık değeri alınarak oluşturulan analiz Şekil 4.17.a'da, aynı basınç değerinde çalışabilecek en ince sac kalınlığı alınarak oluşturulmuş analiz de 4.17.b'dedir. Şekil 4.17.a'daki analize bakıldığında parçaların hemen hemen her yerinde

renk skalasına göre 92 MPa lık gerilme olduğu görülmektedir. Parçanın akma mukavemeti 180 MPa olduğu düşünüldüğünde ampirik formül ile yapılan hesaba göre silindirik gövde genel olarak 1.95 kat emniyetlidir. Ancak parçanın yan kısımlarında bazı küçük bölgelerde gerilmenin 101 MPa civarında yükseldiği görülmüştür. Bunun sebebi yukarıda açıklandığı gibi silindir gövdenin her iki yanından sabitlendiğinde kenara yakın bölgelerdeki gerilmelerdir. Böyle bir durumda parça 1.78kat emniyetli gözüküyor olmasına rağmen, basınç değeri işleme basıncının 1.5 kat fazlası girildiğinden parçanın genelinde 2.92 ve en tehlikeli kesitte 2.67 kat emniyetli olup tasarım için uygundur. Şekil 4.17.b'deki analize bakıldığında parçaların hemen hemen her yerinde renk skalasına göre 137 MPa lık gerilme olduğu görülür. Parçanın akma mukavemeti 180 MPa olduğu düşünüldüğünde analiz ile varılan sonuca göre silindirik gövde genel olarak 1.31 kat emniyetlidir. Ancak, parçanın yan kısımlarında gerilme 160 MPa civarında yükseldiği görülmüştür. Bunun sebebi silindir gövdenin her iki yanından sabitlendiğinde kenara yakın bölgelerdeki gerilmelerdir. Böyle bir durumda parça 1.12 kat emniyetli gözüküyor olmasına rağmen, basınç değeri işleme basıncının 1.5 kat fazlası girildiğinden parça genelinde 1.97.gerilmenin en yüksek olduğu spesifik bölgede ise 1.68 kat emniyetli olup analiz ile belirlenen sac kalınlık değerinin tasarım için uygun olduğu söylenebilir.

4.3.1.3. Akrilik Malzeme İçin Karşılaştırmalı Analiz

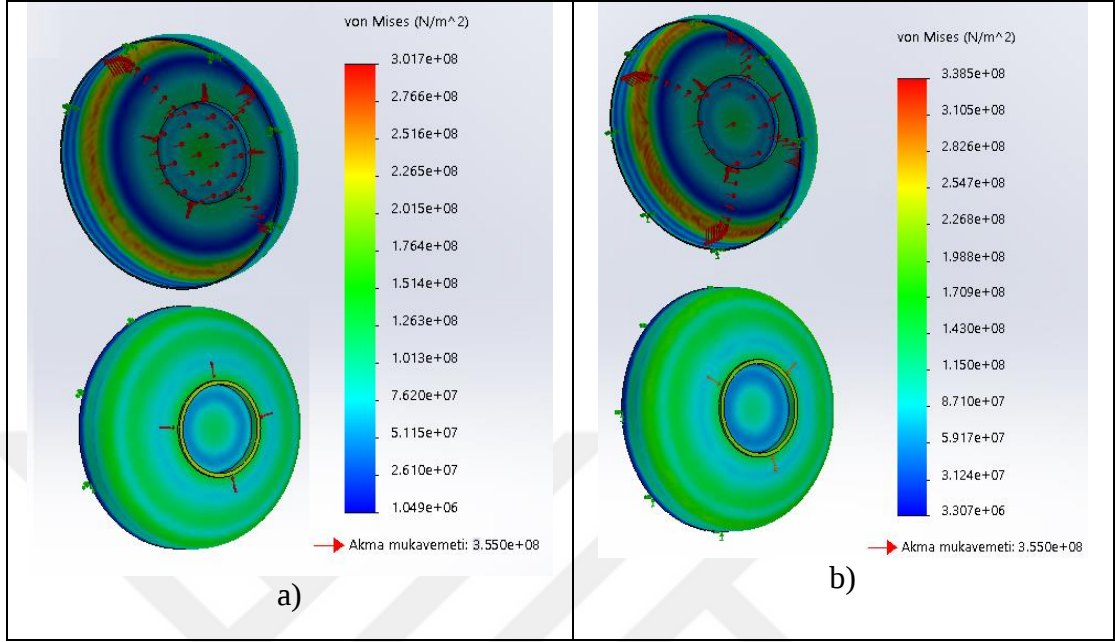


Şekil 4-18.Silindirik Akrilik Malzeme İçin

a) $s=25.3\text{mm}$ Hesaplanan Kalınlık b) $s=20.0\text{ mm}$ Önerilen Kalınlık

4.3.2. Bombeli Duvar Analizi

4.3.2.1. Çelik Malzeme İçin Karşılaştırmalı Analiz



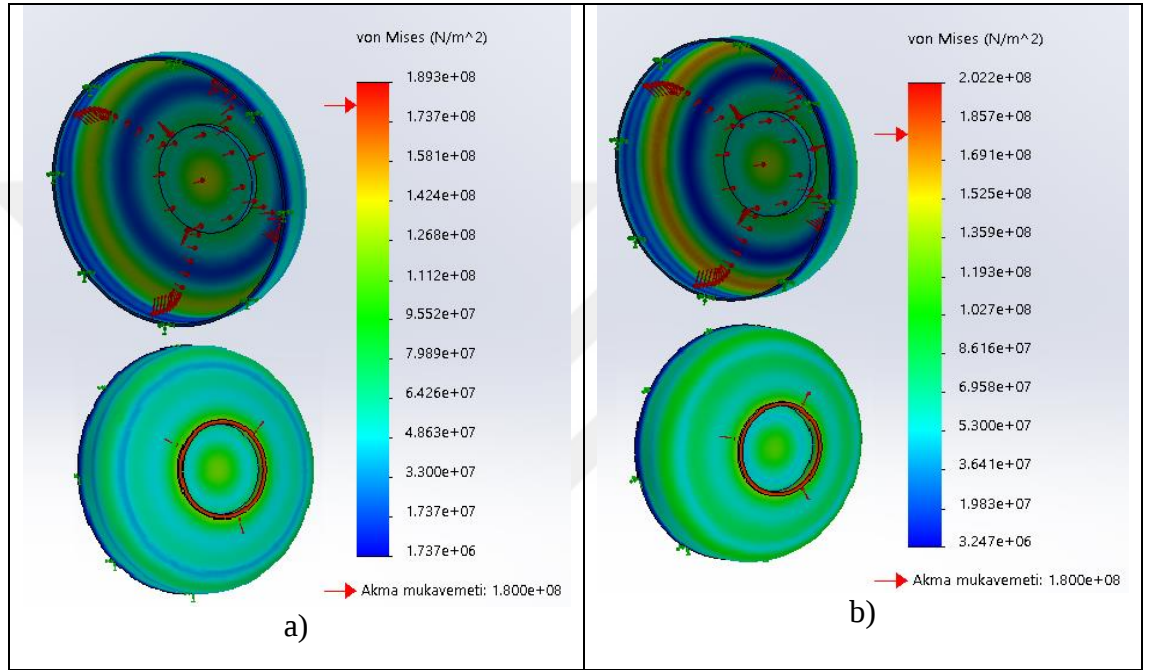
Şekil 4-19. Bombeli Duvar Çelik Malzeme İçin

a) $s=14.3$ mm Hesaplanan Kalınlık b) $s=12.0$ mm Önerilen Kalınlık

Ampirik hesaplardaki kalınlık değeri alınarak oluşturulan analiz Şekil 4.19.a'daki, aynı basınç değerinde çalışabilecek en ince sac kalınlığı alınarak oluşturulmuş analiz de Şekil 4.19.b'dedir. Şekil 4.16.a'daki analize bakıldığında parçaların hemen hemen her yerinde renk skalasına göre 126 MPa lık gerilme olduğu görülür. Parçanın akma mukavemeti 355 MPa olduğundan ampirik formül ile yapılan hesaba göre silindirik gövde genel olarak 2.81 kat emniyetlidir. Ancak parçanın yan kısımlarına yakın yerlerdeki gerilmenin 251 MPa civarında yükseldiği görülmüştür. Bunun sebebi bombelerin iç bükey yüzeylerinde daha çok gerilmenin olmasıdır. Böyle bir durumda parça 1.41 kat emniyetli gözüktüyor olmasına rağmen, basınç değeri işleme basıncının 1.5 kat fazlası girildiğinden parça genelinde 4.22 ve çok spesifik bir bölgede de 2.11 kat emniyet olup tasarım için uygundur. Şekil 4.19.b'deki analize bakıldığında parçaların hemen hemen her yerinde renk skalasına göre 143 MPa lık gerilme olduğu görülür. Parçanın akma mukavemeti 355 MPa olduğu düşünüldüğünde analiz ile varılan sonuca göre bombeli duvar genel olarak 2.48 kat emniyetlidir. Ancak parçanın yan kısımlarında

eşdeğer gerilmenin 310 MPa civarında yükseldiği görülmüştür. Bunun sebebi bombelerin iç bükey yüzeylerinde daha çok gerilmenin olmasıdır. Böyle bir durumda parça 1.14 kat emniyetli gözüküyor olmasına rağmen, basınç değeri işleme basıncının 1.5 kat fazlası girildiğinden parça genelinde 3.72 ve çok küçük bir bölgede de 1.71 kat emniyet olup SolidWorks analizi ile belirlenen sac kalınlığı tasarım için uygundur.

4.3.2.2. Alüminyum Malzeme İçin Karşılaştırmalı Analiz



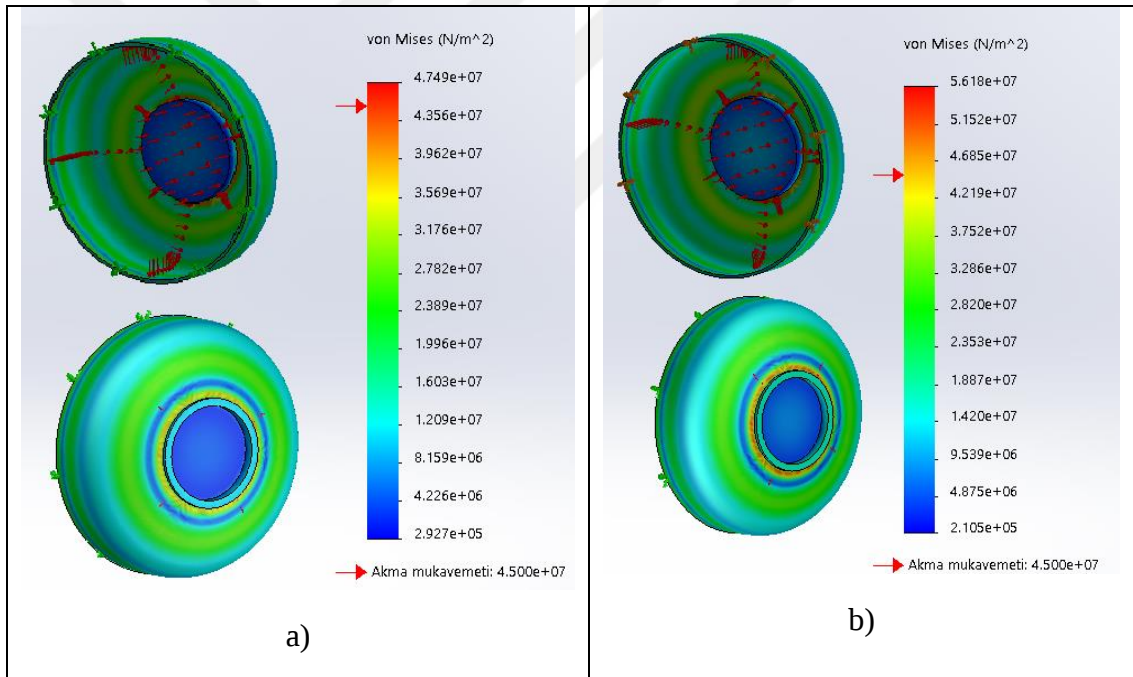
Şekil 4-20. Bombeli Duvar Alüminyum Malzeme İçin

a) $s=24.9$ mm Hesaplanan Kalınlık b) $s=20.8$ mm Önerilen Kalınlık

Bombeli duvarda alüminyum malzeme kullanılması halinde ampirik hesaplardaki kalınlık değeri alınarak oluşturulan analiz Şekil 4.20.a'da, aynı basınç değerinde çalışabilecek en ince sac kalınlığı alınarak oluşturulmuş analiz de Şekil 4.20.b'dedir. Şekil 4.20.a'daki analize bakıldığında parçaların hemen hemen her yerinde renk skalasına göre 64 MPa 'lık gerilme olduğu görülür. Parçanın akma mukavemeti 180 MPa olduğu düşünüldüğünde ampirik formül ile yapılan hesaba göre bombeli duvar genel olarak 2.81 kat emniyetlidir. Ancak, spesifik olarak parçanın yan kısımlarına yakın yerlerdeki gerilme 142 MPa civarında yükseldiği görülmüştür. Bunun sebebi yine bombelerin iç bükey yüzeylerinde daha çok gerilmenin olmasıdır. Böyle bir durumda parça 1.26 kat emniyetli

gözüküyor olmasına rağmen, basınç değeri işleme basıncının 1.5 kat fazlası girildiğinden parça genelinde 4.22 ve çok spesifik bir bölgede de 1.89 kat emniyet olup tasarım için uygundur. Şekil 4.20.b'deki analize bakıldığında parçaların hemen hemen her yerinde renk skalasına göre 86 MPa lık gerilme olduğu görülür. Parçanın akma mukavemeti 180 MPa olduğu düşünüldüğünde analiz ile varılan sonuca göre bombeli duvar genel olarak 2.09 kat emniyetlidir. Parçanın yan kısımlarındaki gerilmenin ise 160 MPa civarında yükseldiği görülmüştür. Böyle bir durumda parça 1.12 kat emniyetli gözüküyor olmasına rağmen, basınç değeri işleme basıncının 1.5 kat fazlası girildiğinden parça genelinde 2.09 ve en tehlikeli bölgede ise 1.68 kat emniyet olup önerilen sac kalınlığı tasarım için uygun kabul edilebilir.

4.3.2.3. Akrilik Malzeme İçin Karşılaştırmalı Analiz



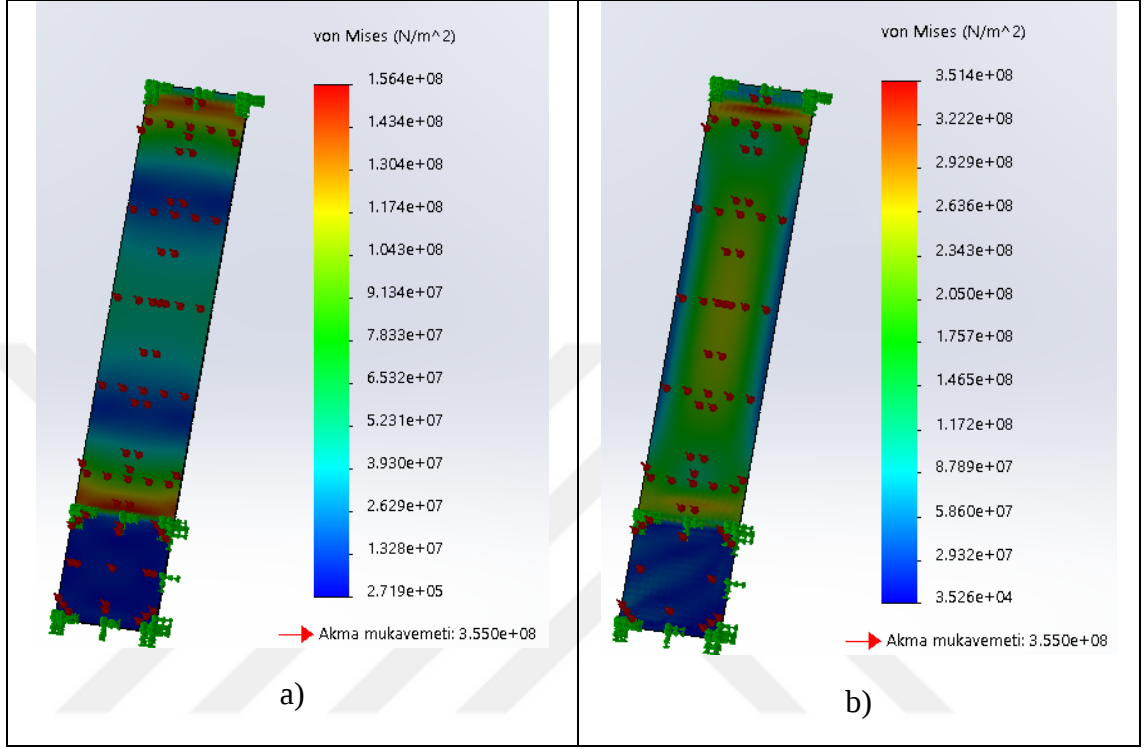
Şekil 4-21.Bombeli Duvar Akrilik Malzeme İçin

a) $s=62.9$ mm Hesaplanan Kalınlık b) $s=52.5$ mm Önerilen Kalınlık

Bombeli duvarda akrilik malzeme kullanımı halinde ampirik hesaplardaki kalınlık değeri alınarak oluşturulan analiz Şekil 4.21.a'da, aynı basınç değerinde çalışabilecek en ince malzeme kalınlığı alınarak oluşturulmuş analiz de Şekil 4.21.b'dedir. A'daki analize bakıldığında parçaların hemen hemen her yerinde renk skalasına göre 19 MPa lık gerilme olduğu görülür. Parçanın akma mukavemeti 45 MPa olduğu düşünüldüğünde ampirik formül ile yapılan hesaba göre silindirik gövde genel olarak 2.36 kat emniyetlidir. Yine parçanın yan kısımlarına yakın yerlerdeki gerilmenin 35 MPa civarında olduğu tespit edilmiştir. Bunun sebebi metal malzemelerden farklı olarak, akrilik malzemenin flanşa bağlandığı yerde esneyecek alan bulamamasıdır. Bombeli duvarımız 1.28 kat emniyetli gözüktüyor olmasına rağmen, basınç değeri işleme basıncının 1.5 kat fazlası girildiğinden parça genelinde 3.54 ve çok küçük bir bölgede de 1.92 kat emniyet olup tasarım için uygun olduğu söylenebilir. Şekil 4.21.b'deki analize bakıldığında parçaların hemen hemen her yerinde renk skalasına göre 37 MPa lık gerilme olduğu görülmektedir. Parçanın akma mukavemeti 45 MPa olduğu düşünüldüğünde analiz ile varılan sonuca göre bombeli duvar genel olarak 1.21 kat emniyetlidir. Parçanın yan kısımlarında gerilme 42 MPa civarında yükseldiği görülmüştür. Böyle bir durumda parça 1.07 kat emniyetli gözüktüyor olmasına rağmen, basınç değeri işleme basıncının 1.5 kat fazlası girildiğinden parça genelinde 1.82 ve iç kısımda dar bir aralıkta 1.60 kat emniyet olup tasarım için uygundur.

4.3.3. Taban Analizi

4.3.3.1. Çelik Malzeme İçin Karşılaştırmalı Analiz



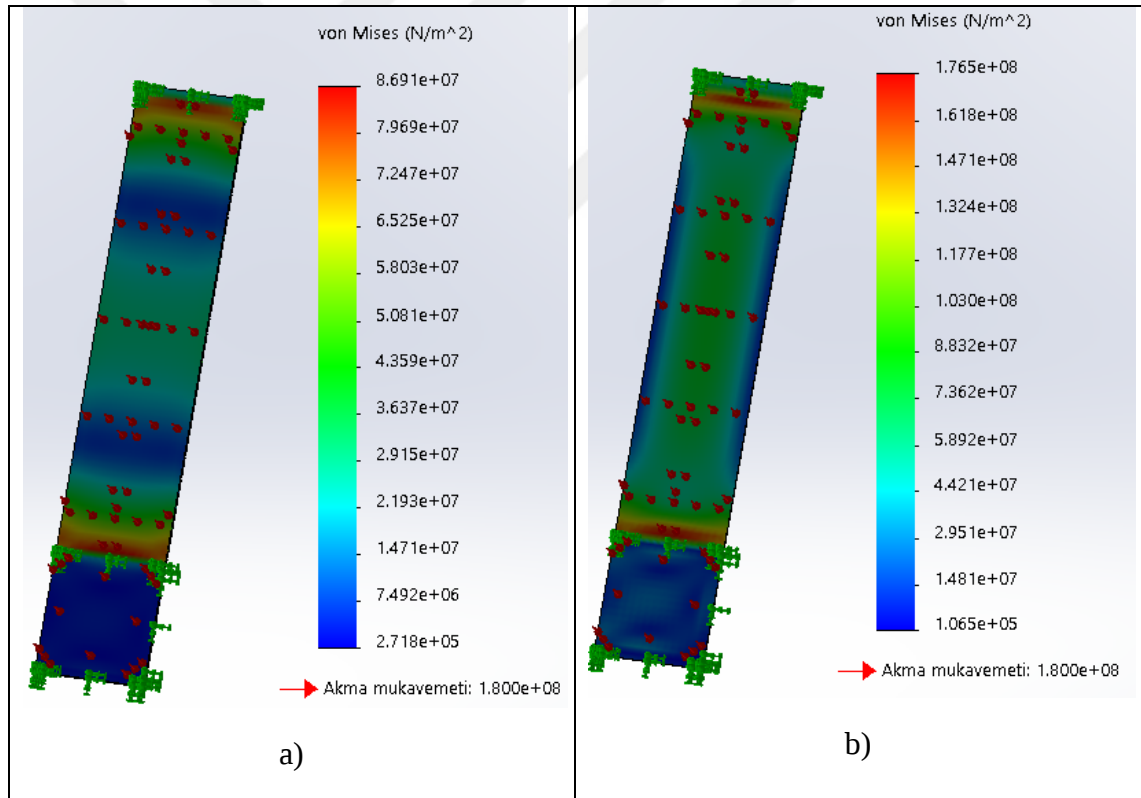
Şekil 4-22.Taban Çelik Malzeme İçin

a) s=47.6 mm Hesaplanan Kalınlık b) s=11.0 mm Önerilen Kalınlık

Çelik malzeme kullanılarak yapılan taban sacı için ampirik hesaplardaki kalınlık değerine göre yapılan SolidWorks analizi Şekil 4.22.a'da, aynı basınç değerinde çalışabilecek en ince sac kalınlığı göz önüne alınarak oluşturulmuş analiz de Şekil 4.22.b'dedir. Şekil 4.22.a'daki analize bakıldığında parçaların hemen hemen her yerinde renk skalasına göre 26 MPa değerinde bir eşdeğer gerilme olduğu görülür. Parçanın akma mukavemeti 355 MPa olduğu düşünüldüğünde ampirik formül ile yapılan hesaba göre silindirik gövde genel olarak 13.65 kat emniyetlidir. Ancak, spesifik olarak parçanın yan kısımlarında gerilme 143 MPa civarında yükseldiği görülmüştür. Bunun sebebi taban ile birleştirilen aynaların koyulduğu bölgelerdeki artık gerilmelerdir. Böyle bir durumda parça 2.48 kat emniyetli gözüküyor olmasına rağmen, basınç değeri işleme basıncının 1.5 kat fazlası girildiğinden parça genelinde 20.48 gibi oldukça yüksek bir emniyet katsayısı

değerine ulaşılmıştır. Ayna konan bölgelerde ise malzememiz 3.72 kat emniyetli olup yine uygundur. Şekil 4.22.b'deki analize bakıldığında parçaların hemen hemen her yerinde renk skalasına göre 234 MPa değerine eşdeğer gerilme olduğu görülür. Parçanın akma mukavemeti 355 MPa olduğundan analiz ile elde edilen sonuca göre taban genel olarak 1.51 kat emniyetlidir. Ancak, spesifik olarak parçanın yan kısımlarında gerilme 322 MPa civarında yükseldiği görülmüştür. Bunun sebebi taban ile birleştirilen aynaların koyulduğu bölgelerdeki artık gerilmelerdir. Böyle bir durumda parça 1.10 kat emniyetli gözüküyor olmasına rağmen, basınç değeri işleme basıncının 1.5 kat fazlası girildiğinden parça genelinde 2.27 ve dar bir bölgede 1.65 kat emniyet olup tasarım için uygun olduğu düşünülmektedir.

4.3.3.2. Alüminyum Malzeme İçin Karşılaştırmalı Analiz

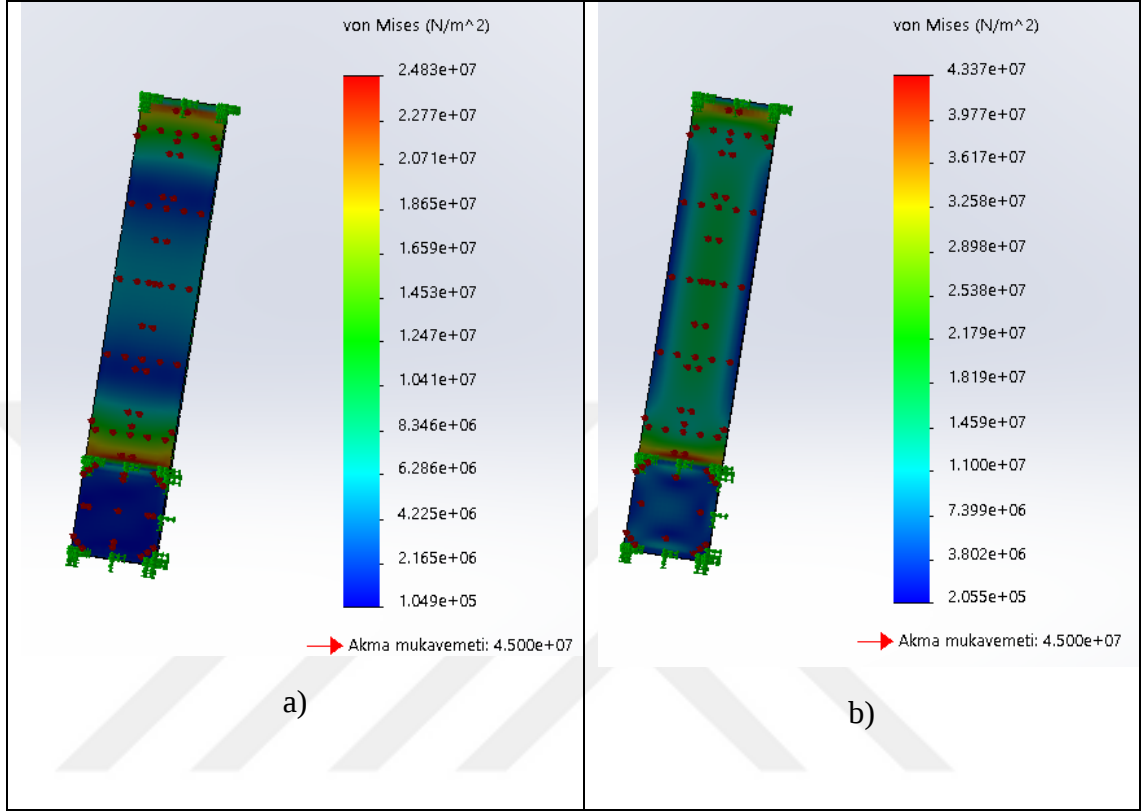


Şekil 4-23.Taban Alüminyum Malzeme İçin

a) s=65.5 mm Hesaplanan Kalınlık b) s=21.0 mm Önerilen Kalınlık

Taban sacında elik yerine alüminyum malzeme kullanılması durumunda ampirik hesaplardaki kalınlık değeri alınarak oluşturulan analiz şekil 4.23.a'da, aynı basınç değerinde çalışabilecek en ince sac kalınlığı alınarak oluşturulmuş analiz de şekil 4.23.b'dedir. şekil 4.23.a'daki analize bakıldığında parçaların hemen hemen her yerinde renk skalasına göre 29 MPa'lık eşdeğer gerilme olduğu görülür. Parçanın akma mukavemeti 180 MPa olduğu düşünüldüğünde ampirik formül ile yapılan hesaba göre silindirik gövde genel olarak 16.20 kat emniyetlidir. Ancak, spesifik olarak parçanın yan kısımlarında gerilme 79 MPa civarında yükseldiği görülmüştür. Bunun sebebi taban ile birleştirilen aynaların koyulduğu bölgelerdeki artık gerilmelerdir. Böyle bir durumda parça birleşme noktalarındaki bölge esas alınarak 2.27 kat emniyetlidir. İşletme basınç değerini hesaba kattığımız zaman ise parça geneli 24.3 kat ve gerilmenin en yüksek olduğu bölge 3.40 kat emniyetli olup tasarım için uygundur. şekil 4.23.b'deki analize bakıldığında parçaların hemen hemen her yerinde renk skalasına göre 117 MPa lık gerilme olduğu görülür. Parçanın akma mukavemeti 180 MPa olduğu düşünüldüğünde analiz ile varılan sonuca göre taban genel olarak 1.53 kat emniyetlidir. Ancak, spesifik olarak parçanın yan kısımlarında eşdeğer gerilmenin 161 MPa civarına yükseldiği görülmüştür. Bunun sebebi taban ile birleştirilen aynaların koyulduğu bölgelerdeki artık gerilmelerdir Böylece parçamız 1.11 kat emniyetli gözüküyor olmasına rağmen, basınç değeri işleme basıncının 1.5 kat fazlası girildiğinden parça genelinde 2.30 kat ve çok spesifik bir bölgede de 1.66 kat emniyet olup tasarım için uygundur.

4.3.3.3. Akrilik Malzeme İçin Karşılaştırmalı Analiz



Şekil 4-24.Taban Akrilik Malzeme İçin

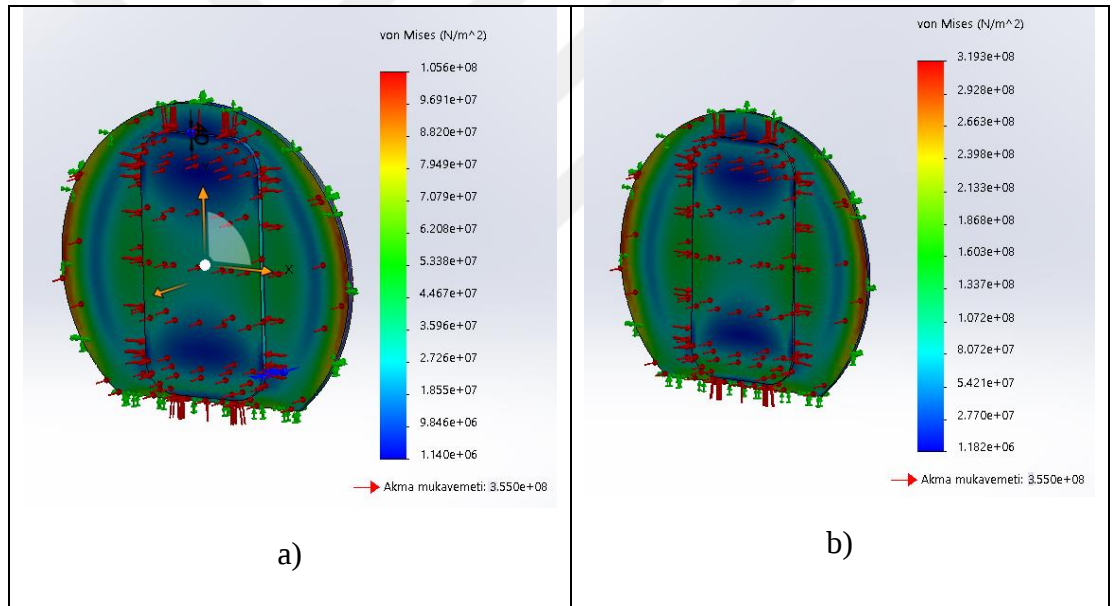
a) $s=127.5$ mm Hesaplanan Kalınlık b) $s=102.0$ mm Önerilen Kalınlık

Akrilik malzeme kullanılarak yapılan taban sacı için ampirik hesaplardaki kalınlık değerine göre oluşturulan SolidWorks analizi Şekil 4.241.a'da, aynı basınç değerinde çalışabilecek en ince sac kalınlığı alınarak oluşturulmuş analiz de Şekil 4.24.b'dedir. Şekil 4.24.a'daki analize bakıldığında parçaların hemen hemen her yerinde renk skalasına göre 8.3 MPa lık gerilme olduğu görülür. Parçanın akma mukavemeti 45 MPa olduğu düşünüldüğünde ampirik formül ile yapılan hesaba göre silindirik gövde genel olarak 5.42 kat emniyetlidir. Ancak, spesifik olarak parçanın yan kısımlarında gerilme 24 MPa civarında yükseldiği görülmüştür. Bunun sebebi taban ile birleştirilen aynaların koyulduğu bölgelerdeki artık gerilmelerdir. Böyle bir durumda parça 1.87 kat emniyetli gözüküyor olmasına rağmen, basınç değeri işleme basıncının 1.5 kat fazlası girildiğinden parça genelinde 8.13 ve gerilmenin en yüksek olduğu bölge 2.81 kat emniyetli olup

tasarım için uygundur. Şekil 4.24.b'deki analize bakıldığında parçaların hemen hemen her yerinde renk skalasına göre 28 MPa lık gerilme olduğu görülür. Parçanın akma mukavemeti 45 MPa olduğu düşünüldüğünde analiz ile elde edilen sonuca göre taban genel olarak 1.60 kat emniyetlidir. Ancak, spesifik olarak parçanın yan kısımlarında gerilme 40 MPa civarında yükseldiği görülmüştür. Bunun sebebi silindir gövdenin her iki yanından sabitlendiğinde kenara yakın bölgelerdeki gerilmelerdir. Böylece parçamız 1.12 kat emniyetli gözüküyor olmasına rağmen, basınç değeri işleme basıncının 1.5 kat fazlası girildiğinden parça genelinde 2.40 kat ve çok spesifik bir bölgede de 1.68 kat emniyet olup tasarım için uygundur.

4.3.4. Duvar Analizi

4.3.4.1. Çelik Malzeme İçin Karşılaştırmalı Analiz



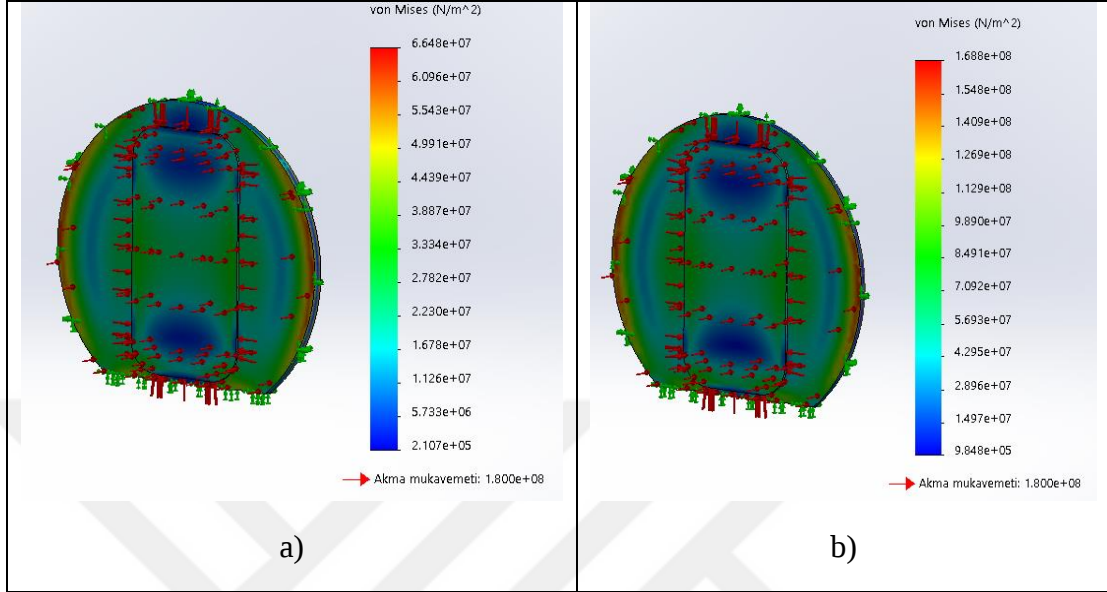
Şekil 4-25.Duvar Çelik Malzeme İçin

a) $s=55.3$ mm Hesaplanan Kalınlık b) $s=32.0$ mm Önerilen Kalınlık

Çelik malzeme kullanılarak yapılan duvar için ampirik hesaplardaki kalınlık değerine göre oluşturulan SolidWorks analizi Şekil 4.25.a'da, aynı basınç değerinde çalışabilecek en ince sac kalınlığı alınarak oluşturulmuş analiz de Şekil 4.25.b'dedir. Şekil 4.25.a'daki analize bakıldığında parçaların hemen hemen her yerinde renk skalasına göre 62 MPa lık gerilme olduğu görülür. Parçanın akma mukavemeti 355 MPa olduğu

düşünüldüğünde ampirik formül ile yapılan hesaba göre silindirik gövde genel olarak 5.72 kat emniyetlidir. Ancak, spesifik olarak parçanın yan kısımlarında gerilme 105 MPa civarında yükseldiği görülmüştür. Bunun sebebi duvarın merkezden en uzak olan köşelerinde oluşan gerilmelerdir. Böyle bir durumda parça 3.38 kat emniyetli gözüküyor olmasına rağmen, basınç değeri işleme basıncının 1.5 kat fazlası girildiğinden parça genelinde 8.58 resme göre totalde en çok etkilenen bölge 5.07 kat emniyetli olup tasarım için uygundur. Şekil 4.25.b'deki analize bakıldığında parçaların hemen hemen her yerinde renk skalasına göre 213 MPa lık gerilme olduğu görülür. Parçanın akma mukavemeti 355 MPa olduğu düşünüldüğünde analiz ile varılan sonuca göre taban genel olarak 1.66 kat emniyetlidir. Ancak, spesifik olarak parçanın yan kısımlarında gerilme 319 MPa civarında yükseldiği görülmüştür. Bunun sebebi duvarın merkezden en uzak olan köşelerinde oluşan gerilmelerdir. Böyle bir durumda parça 1.11 kat emniyetli gözüküyor olmasına rağmen, basınç değeri işleme basıncının 1.5 kat fazlası girildiğinden parça genelinde 2.50 kat ve çok spesifik bir bölgede de 1.66 kat emniyet olup tasarım için uygundur.

4.3.4.2. Alüminyum Malzeme İçin Karşılaştırmalı Analiz



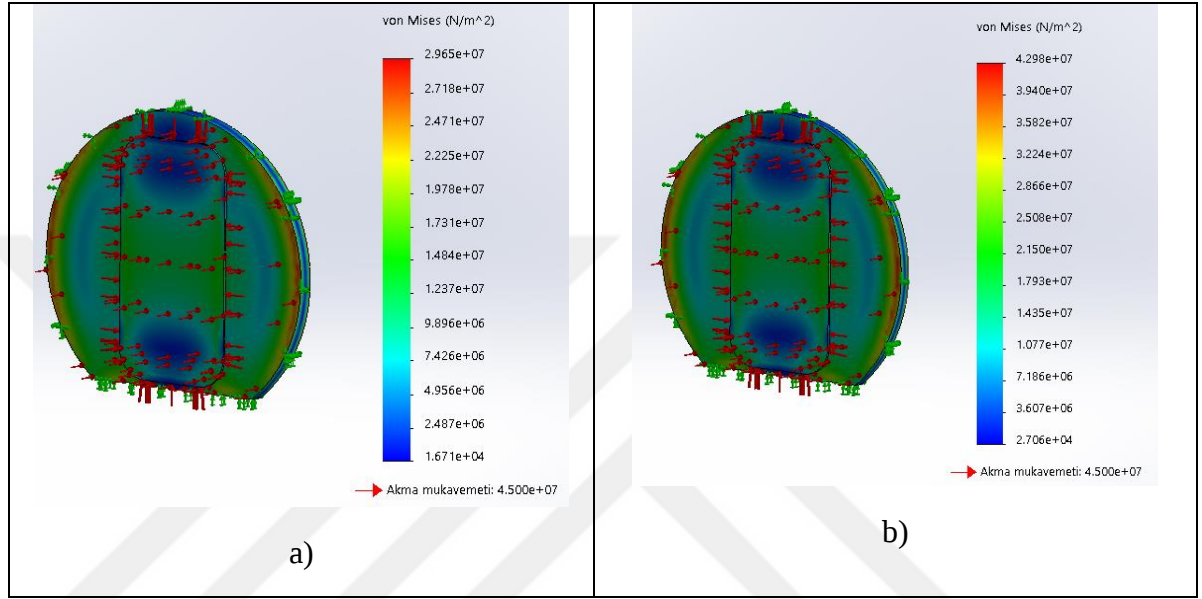
Şekil 4-26.Duvar Alüminyum Malzeme İçin

a) $s=76.29$ mm Hesaplanan Kalınlık b) $s=45.0$ mm Önerilen Kalınlık

Duvarda alimunyum malzeme kullanımı halinde ampirik hesaplardaki kalınlık değeri alınarak oluşturulan analiz Şekil 4.26.a’da, aynı basınç değerinde çalışabilecek en ince sac kalınlığı alınarak oluşturulmuş analiz de Şekil 4.26.b’dedir. Şekil 4.26.a’daki analize bakıldığında parçaların hemen hemen her yerinde renk skalasına göre 44 MPa lık gerilme olduğu görülür. Parçanın akma mukavemeti 180 MPa olduğu düşünüldüğünde ampirik formül ile yapılan hesaba göre silindirik gövde genel olarak 4.09 kat emniyetlidir. Ancak, spesifik olarak parçanın yan kısımlarında gerilme 66 MPa civarında yükseldiği görülmüştür. Bunun sebebi duvarın merkezden en uzak olan köşelerinde oluşan gerilmelerdir. Böyle bir durumda parça 2.72 kat emniyetli gözüküyor olmasına rağmen, basınç değeri işleme basıncının 1.5 kat fazlası girildiğinden parça genelinde 6.13 en çok etkilenen bölge 4.09 kat emniyetli olup tasarım için uygundur. Şekil 4.26.b’deki analize bakıldığında parçaların hemen hemen her yerinde renk skalasına göre 112 MPa lık gerilme olduğu görülür. Parçanın akma mukavemeti 180 MPa olduğu düşünüldüğünde analiz ile varılan sonuca göre taban genel olarak 1.60 kat emniyetlidir. Ancak, spesifik olarak parçanın yan kısımlarında gerilme 168 MPa civarında yükseldiği görülmüştür.

Bunun sebebi duvarın merkezden en uzak olan köşelerinde oluşan gerilmelerdir. Böyle bir durumda parça 1.07 kat emniyetli gözüküyor olmasına rağmen, basınç değeri işleme basıncının 1.5 kat fazlası girildiğinden parça genelinde 2.4 en çok etkilenen bölge 1.60 kat emniyetli olup tasarım için uygundur.

4.3.4.3. Akrilik Malzeme İçin Karşılaştırmalı Analiz



Şekil 4-27.Duvar Akrilik Malzeme İçin

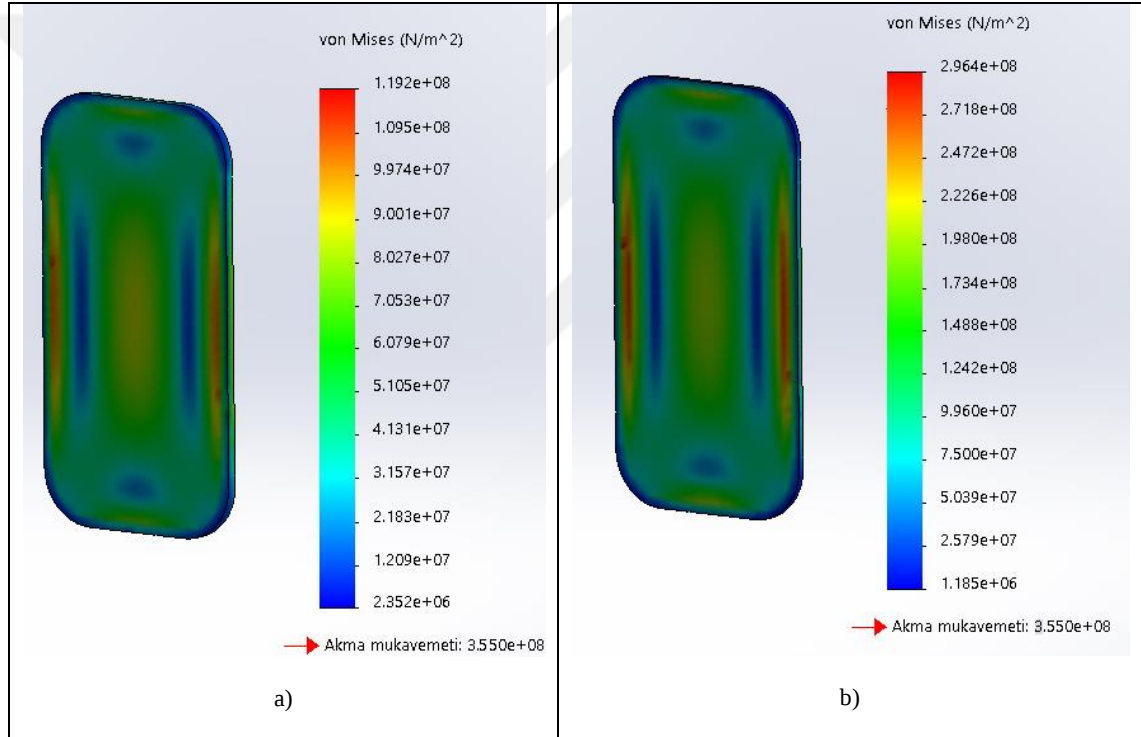
a) $s=119.3$ mm Hesaplanan Kalınlık b) $s=97.0$ mm Önerilen Kalınlık

Duvarda akrilik malzeme kullanımı halinde ampirik hesaplardaki kalınlık değeri alınarak oluşturulan analiz Şekil 4.27.a’da, aynı basınç değerinde çalışabilecek en ince sac kalınlığı alınarak oluşturulmuş analiz de Şekil 4.27.b’dedir. Şekil 4.27.a’daki analize bakıldığında parçaların hemen hemen her yerinde renk skalasına göre 14 MPa lık gerilme olduğu görülür. Parçanın akma mukavemeti 45 MPa olduğu düşünüldüğünde ampirik formül ile yapılan hesaba göre silindirik gövde genel olarak 3.21 kat emniyetlidir. Ancak, spesifik olarak parçanın yan kısımlarında gerilme 27 MPa civarında yükseldiği görülmüştür. Bunun sebebi duvarın merkezden en uzak olan köşelerinde oluşan gerilmelerdir. Böyle bir durumda parça 1.66 kat emniyetli gözüküyor olmasına rağmen, basınç değeri işleme basıncının 1.5 kat fazlası girildiğinden parça genelinde 4,28, resme göre en çok etkilenen bölge 2.5 kat emniyetli olup tasarım için uygundur. Şekil 4.27.b’deki analize bakıldığında parçaların hemen hemen her yerinde renk skalasına göre

25 MPa lık gerilme olduğu görülür. Parçanın akma mukavemeti 45 MPa olduğu düşünüldüğünde analiz ile varılan sonuca göre taban genel olarak 1.80 kat emniyetlidir. Ancak, spesifik olarak parçanın yan kısımlarında gerilme 39 MPa civarında yükseldiği görülmüştür. Bunun sebebi duvarın merkezden en uzak olan köşelerinde oluşan gerilmelerdir. Böyle bir durumda parça 1.15 kat emniyetli gözüküyor olmasına rağmen, basınç değeri işleme basıncının 1.5 kat fazlası girildiğinden parça genelinde 2.7 en çok etkilenen bölge 1.73 kat emniyetli olup tasarım için uygundur.

4.3.5. Kapı Analizi

4.3.5.1. Çelik Malzeme İçin Karşılaştırmalı Analiz



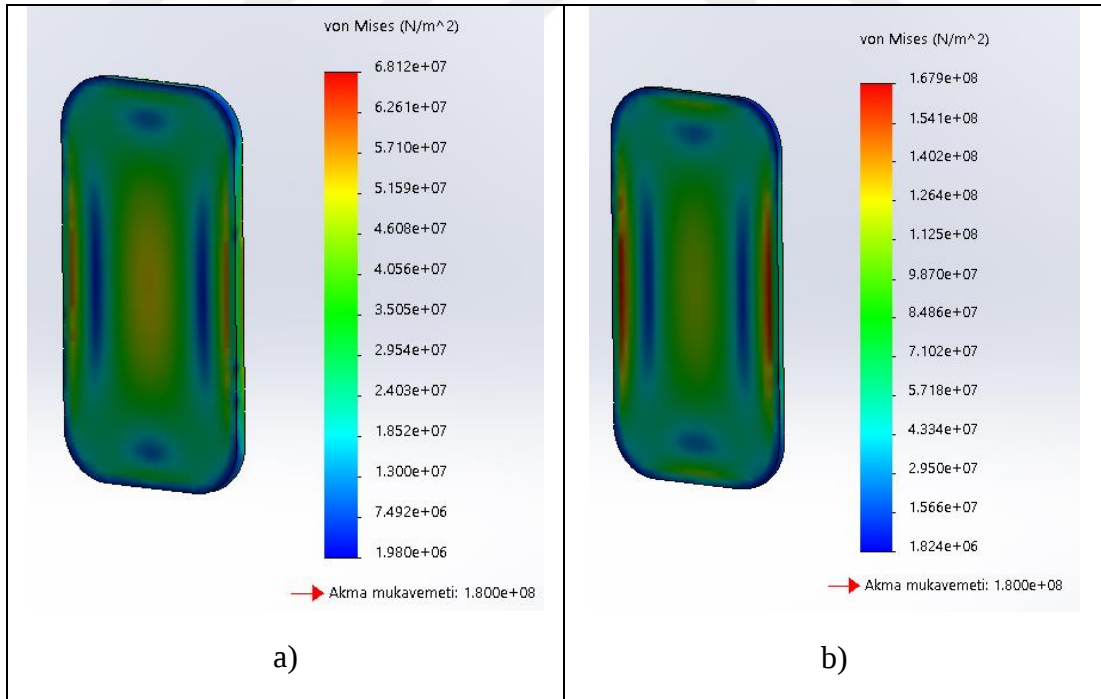
Şekil 4-28.Kapı Çelik Malzeme İçin

a) $s=44.8$ mm Hesaplanan Kalınlık b) $s=28.0$ mm Önerilen Kalınlık

Çelik malzeme kullanılarak yapılan kapı için ampirik hesaplardaki kalınlık değerine göre yapılan SolidWorks analizi Şekil 4.28.a'da, aynı basınç değerinde çalışabilecek en ince sac kalınlığı alınarak oluşturulmuş analiz de Şekil 4.28.b'dedir. Şekil 4.28.a'daki analize bakıldığında parçaların hemen hemen her yerinde renk skalasına göre 82 MPa lık gerilme olduğu görülür. Parçanın akma mukavemeti 355 MPa olduğu

düşünüldüğünde ampirik formül ile yapılan hesaba göre silindirik gövde genel olarak 4.32 kat emniyetlidir. Ancak, spesifik olarak parçanın yan kısımlarında gerilme 109 MPa civarında yükseldiği görülmüştür. Bunun sebebi kapının merkezden en uzak olan köşelerinde oluşan fazla gerilmelerdir. Böyle bir durumda parça 3.25 kat emniyetli gözüküyor olmasına rağmen, basınç değeri işleme basıncının 1.5 kat fazlası girildiğinden parça genelinde 6.48 en çok etkilenen bölge 4.88 kat emniyetli olup tasarım için uygundur. Şekil 4.28.b'deki analize bakıldığında parçaların hemen hemen her yerinde renk skalasına göre 198 MPa lık gerilme olduğu görülür. Parçanın akma mukavemeti 355 MPa olduğu düşünülüğünde analiz ile varılan sonuca göre taban genel olarak 1.79 kat emniyetlidir. Ancak, spesifik olarak parçanın yan kısımlarında gerilme 296 MPa civarında yükseldiği görülmüştür. Bunun sebebi duvarın merkezden en uzak olan köşelerinde oluşan gerilmelerdir. Böyle bir durumda parça 1.19 kat emniyetli gözüküyor olmasına rağmen, basınç değeri işleme basıncının 1.5 kat fazlası girildiğinden parça genelinde 2.6 en çok etkilenen bölge 1.78 kat emniyetli olup tasarım için uygundur.

4.3.5.2. Alüminyum Malzeme İçin Karşılaştırmalı Analiz

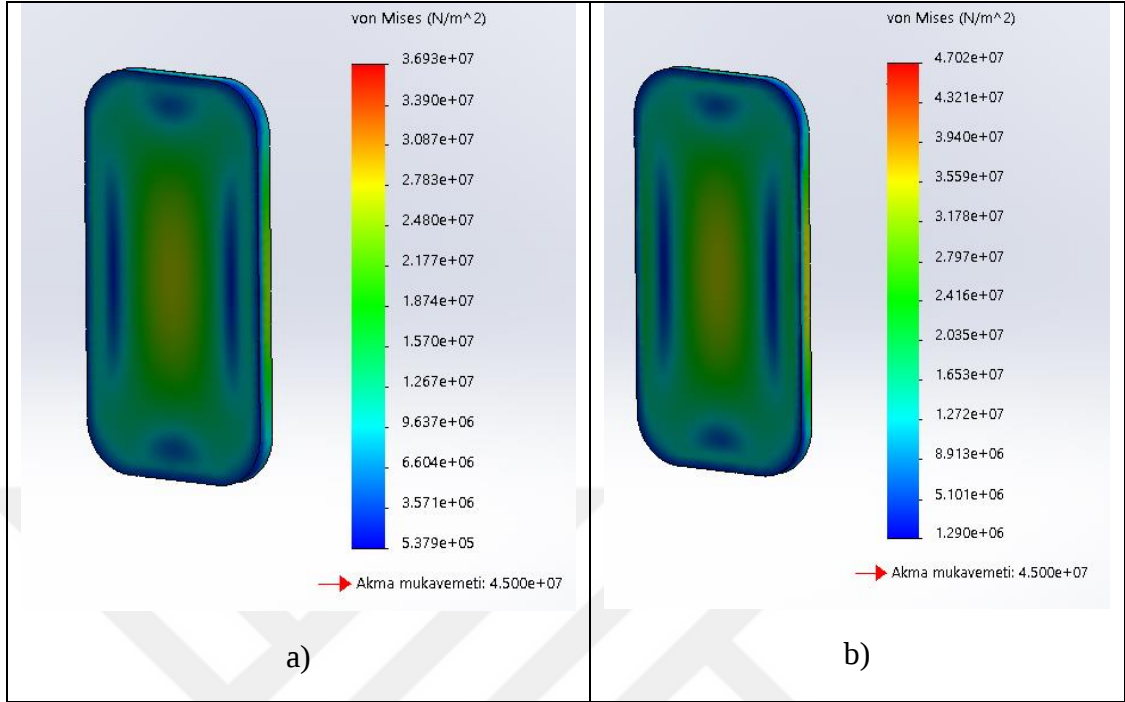


Şekil 4-29.Kapı Alüminyum Malzeme İçin

a) s=60.7 mm Hesaplanan Kalınlık b) s=38.0 mm Önerilen Kalınlık

Alüminyum malzeme kullanılarak yapılan kapı için ampirik hesaplardaki kalınlık değerine göre yapılan SolidWorks analizi Şekil 4.29.a'da, aynı basınç değerinde çalışabilecek en ince sac kalınlığı alınarak oluşturulmuş analiz de Şekil 4.29.b'dedir. Şekil 4.29.a'daki analize bakıldığında parçaların hemen hemen her yerinde renk skalasına göre 46 MPa lık gerilme olduğu görülür. Parçanın akma mukavemeti 180 MPa olduğu düşünüldüğünde ampirik formül ile yapılan hesaba göre silindirik gövde genel olarak 3.91 kat emniyetlidir. Ancak, spesifik olarak parçanın yan kısımlarında gerilme 62 MPa civarında yükseldiği görülmüştür. Bunun sebebi kapının merkezden en uzak olan köşelerinde oluşan fazla gerilmelerdir. Böyle bir durumda parça 2.90 kat emniyetli gözüküyor olmasına rağmen, basınç değeri işleme basıncının 1.5 kat fazlası girildiğinden parçanın genelinde 5.86 en çok etkilenen bölge 4.35 kat emniyetli olup tasarım için uygundur. Şekil 4.29.b'deki analize bakıldığında parçaların hemen hemen her yerinde renk skalasına göre 112 MPa lık gerilme olduğu görülür. Parçanın akma mukavemeti 180 MPa olduğu düşünüldüğünde analiz ile varılan sonuca göre taban genel olarak 1.60 kat emniyetlidir. Ancak, spesifik olarak parçanın yan kısımlarında gerilme 167 MPa civarında yükseldiği görülmüştür. Bunun sebebi duvarın merkezden en uzak olan köşelerinde oluşan gerilmelerdir. Böyle bir durumda parça 1.07 kat emniyetli gözüküyor olmasına rağmen, basınç değeri işleme basıncının 1.5 kat fazlası girildiğinden parça genelinde 2.4, totalde en çok etkilenen bölge 1.61 kat emniyetli olup tasarım için uygundur.

4.3.5.3. Akrilik Malzeme İçin Karşılaştırmalı Analiz



Şekil 4-30.Kapı Akrilik Malzeme İçin

a) $s=94.2$ mm Hesaplanan Kalınlık b) $s=80.0$ mm Önerilen Kalınlık

Akrilik malzeme kullanılarak yapılan kapı için ampirik hesaplardaki kalınlık değerine göre yapılan SolidWorks analizi Şekil 4.30.a'da, aynı basınç değerinde çalışabilecek en ince sac kalınlığı alınarak oluşturulmuş analiz de Şekil 4.30.b'dedir. Şekil 4.30.a'daki analize bakıldığında parçaların hemen hemen her yerinde renk skalasına göre 24 MPa lık gerilme olduğu görülür. Parçanın akma mukavemeti 45 MPa olduğu düşünüldüğünde ampirik formül ile yapılan hesaba göre silindirik gövde genel olarak 1.87 kat emniyetlidir. Ancak, spesifik olarak parçanın yan kısımlarında gerilme 27 MPa civarında yükseldiği görülmüştür. Bunun sebebi kapının merkezi sabitleme yüzeyinden uzak olmasındandır. Böyle bir durumda parça 1.66 kat emniyetli gözüküyor olmasına rağmen, basınç değeri işleme basıncının 1.5 kat fazlası girildiğinden parça genelinde 2.8 en çok etkilenen bölge 2.5 kat emniyetli olup tasarım için uygundur. Şekil 4.30.b'deki analize bakıldığında parçaların hemen hemen her yerinde renk skalasına göre 31 MPa lık gerilme olduğu görülür. Parçanın akma mukavemeti 45 MPa olduğu düşünüldüğünde analiz ile varılan sonuca göre taban genel olarak 1.45 kat emniyetlidir. Ancak, spesifik

olarak parçanın yan kısımlarında gerilme 42 MPa civarında yükseldiği görülmüştür. Bunun sebebi duvarın merkezden en uzak olan köşelerinde oluşan gerilmelerdir. Böyle bir durumda parça 1.07 kat emniyetli gözüktüyor olmasına rağmen, basınç değeri işleme basıncının 1.5 kat fazlası girildiğinden parça genelinde 2.17 en çok etkilenen bölge 1.60 kat emniyetli olup tasarım için uygundur.



BÖLÜM 5

SONUÇLAR

Herhangi bir parçanın üretiminden önce yapılması gereken mühendislik hesapları genelde iki temele dayanmaktadır. Bunlar formül ile tasarım (DBF-Design by Formula) ve analiz (DBA-Design by Analysis) ile tasarımıdır. Formül ile tasarım standartlarda verilen ve oldukça yüksek emniyet katsayıları içeren ampirik ifadelerle dayanmaktadır. Analiz ile tasarım ise daha güncel ve yeni olup ticari katı modelleme programları ışığında parça üzerindeki maksimum gerilme yerlerinin tespit edilmesi ve bu gerilme değerlerinin parça malzemesine ne kadar uygun olduğunun yorumlanmasıdır.

Hesaplarla elde edilen kalınlık değerleri ile pratik uygulamada seçilen kalınlık değerleri birbirine eşit değildir. Pratik uygulamalarda genellikle hesaplanan değerden daha yüksek sac kalınlık değerleri kullanılır. Ancak hesaplanan değerler zaten yüksek emniyet katsayıları içerdiğinden bir de o değerlerden daha büyük kalınlık değerlerinin seçilmesi ağırlık ve maliyet bakımından ciddi artışlara sebep olmaktadır. Hesaplamalar yapıldıktan sonra bulunan değerler ile hiperbarik kabin sektöründe ülkemizin önde gelen 2 firmasının bu hesaplamalar ışığında seçtiği kalınlık değerleri aynı tabloda gösterilmiştir. Ardından yine 2 farklı kabin geometrisi ve 3 farklı malzeme için toplam 6 farklı opsiyon olmak üzere tüm hesaplar SolidWorks katı modelleme programı kullanılarak yeniden

yapılmış ve analiz ile tasarım mantalitesine uygun sac kalınlık değerleri belirlenmiştir. Bu değerler de aynı tabloda sunulmuştur.

Çok kişilik hiperbarik kabinlerde bombeli tip ve düz tip olmak üzere iki türlü geometri vardır. Bombeli tip kabinlerde kabin aynası olarak torisferik bombe kullanılırken düz tip olan kabinlerde düz ayna kullanılmaktadır



5.1. Çelik Malzeme Kalınlık Karşılaştırmaları

Çelik malzeme için seçilen parçaların ampirik hesap ve Solidworks analizinde ortaya koyulan et kalınlıkları, maliyetleri ve ağırlık farklarını gösteren tablo aşağıdadır.

Çizelge 5-1.Çelik Malzeme İçin Karşılaştırmalı Kalınlık Tablosu

PARÇA ADI	FORMÜL/AĞIRLIK	SOLIDWORKS/AĞIRLIK	ADET	BİRİM FİYAT	BİRİM AĞIRLIK FARKI	MALİYET FARKI
Bombeli Duvar Et Kalınlığı	14.364mm; 788.26 kg	12 mm; 643.87 kg	3	6 TL; KG	144.39 KG	2599,02 TL
Silindirik Gövde Et Kalınlığı	6.28 mm; 2946.91 kg	3.5 mm; 1644.30 kg	1	6 TL; KG	1302.61 KG	7815,66 TL
Taban Et Kalınlığı Hesabı	47.67 mm; 4374.14 kg	11 mm; 1030.97 kg	1	6 TL; KG	3343.17 KG	20059,02 TL
Ön, Orta Ve Arka Duvar Et Kalınlığı Hesabı	55.33 mm; 1151.18 kg	32 mm; 665.78 kg	3	6 TL; KG	485.4 KG	8737,2 TL
Kapı Et Kalınlığı Hesabı	44.87 mm; 627.51 kg	28 mm; 391.58 kg	3	6 TL; KG	235,93 KG	4246,74 TL

5.1.1. Çelik Malzeme Ağırlık Analizi

Seçilen 12 kişilik hiperbarik kabinin toplam ağırlığı ortalama 17500 kg'dır. Toplam ağırlığın 14500 kg kadarını basınçlı kap oluştururken, geriye kalan 3000 kg'ı da donanımlardan oluşmaktadır. Bu donanımlar, koltuklar, sedyeler, hasta başı monitörü, maskeler, elektrik ve mekanik tesisatlardır. Donanımlar kabine hazır alınarak montajlandığından bu parçaların ağırlıkları sabittir ve parçalardan ağırlık açısından tasarruf edilemez. Ancak basınçlı kabı oluşturan karkas et kalınlıkları inceltirilerek kabin ağırlığı değiştirilebilir.

AD2000 MB standartlarına göre ampirik hesaplar ile bulunan ve Solidworks analizindeki sonuçlara göre önerilen malzeme kalınlıklarının ağırlık değerleri Tablo 4.13 'de verilmiştir. Bir hiperbarik kabinde ağırlığı en çok etkileyecek parçalar, seçtiğimiz emniyet katsayı değerlerine göre Solidworks Analizi ile hesaplandığında, ampirik hesaplara nazaran daha avantajlı olduğu açıkça görülmektedir. Seçilen parçaların ampirik hesaplar ile bulunan kalınlık değerleri baz alındığında toplam ağırlıkları bombeli tipte 7194,22 kg /düz tipte 12657,12 kg gelmektedir. Ancak analiz ile bulunan değerlere bakıldığında kabin ağırlığı bombeli tipte 4750,65 kg; düz tipte 5847,35 kg'a düşmektedir. Böylece bombeli tipte 2443,57 kg; düz tipte 6809,77 kg malzeme tasarruf edilir ve seçilen parçalardaki karkas ağırlığı bombeli tipte %34; düz tipte %54 oranında azalmaktadır. Sonuç olarak analiz ile elde edilen kalınlıklar seçildiğinde ağırlık açısından bir avantaj sağladığı görülmüştür.

Tezde incelenen parçalar bir kabinin toplam ağırlığını en çok etkileyecek olan karkas parçalarıdır. Karkas sadece bu parçalardan meydana gelmemektedir. Tezin konusu olmayan ve incelemeye alınmayan, hava nozülleri, gözetleme nozülleri, paneller, stoperler, koltuk profilleri, kapama profilleri ve kapı kolları da kaskasın parçalarıdır. 14500 kg ağırlığında karkastan bombeli tipte 2443,57 kg; düz tipte 6809,77 kg tasarruf edilmiş ve bu da kaskasın toplam ağırlığında bombeli tipte %20; düz tipte %47 hafifleme meydana getirmiştir. Buna ek olarak donanımlar da eklendiğinde, toplam kabin ağırlığı 17000 kg'dan, bombeli tipte 2443,57 kg; düz tipte 6809,77 kg' kadar düşmektedir. Sonuç olarak kabin ağırlığından bombeli tipte %14; düz tipte %39 tasarruf edilmiştir.

5.1.2. Çelik Malzeme Maliyet Analizi

Bir çelik malzemeden imal edilen hiperbarik kabinin ortalama toplam maliyeti 300.000 TL'dir. Bu maliyetin 100.000 TL kadarı karkas geriye kalan 200.000 TL'si de diğer donanımlara aittir. Kaskas maliyetleri, malzeme maliyeti ve diğer maliyetler olarak ikiye ayrılır. Malzeme maliyeti, basınçlı kabı oluşturan malzemenin kendi maliyetidir. Diğer maliyetler ise kaynak, tahribatsız muayene, test işlemleri ve işçiliktir. Tezin konusu olan parçalar karkasın hemen hemen ağırlık yönünden tamamını oluşturmaktadır. Bu parçalar üzerinde yapılan tasarruflar karkasın toplam maliyetini yüksek oranda etkiler.

Ampirik hesaplar ile bulunan ve Solidworks analizindeki sonuçlara göre önerilen malzeme kalınlıkları, ağırlık değerleri, malzeme birim fiyatları ve tasarruf edilen miktar Tablo 4.13 te görülmektedir. Seçilen parçaların ampirik hesaplamalar ile ortaya konan toplam maliyeti bombeli tipte 43.165,32 TL; düz tipte 75.942,72 TL, iken analiz ile elde edilen sonuçlarda maliyet bombeli tipte 28.503,90 TL; düz tipte 35.084,10 TL'dir. Bu değerlere göre seçilen malzemelerde bombeli tipte 14.661,42 TL; düz tipte 40.858,62 TL, tasarruf edilmiş ve karkas maliyeti bombeli tipte %34; düz tipte %54 oranında azalmıştır. Sonuç olarak analiz ile elde edilen kalınlıklar seçildiğinde maliyet açısından bir avantaj sağladığı görülmüştür. Karkasa ait diğer parçalar hesaba katıldığında, bombeli tipte 14.661,42 TL; düz tipte 40.858,62 TL değerinde tasarruf toplam karkas maliyetini bombeli tipte %15; düz tipte %41 oranında azaltmaktadır.

Çelikten imal edilen hiperbarik kabin maliyetlerinin ortalama %33'ü, karkasa, %66'sı de diğer donanımlara aittir. Kabinde, sadece karkasa ait seçilen malzemelerde analiz ile önerilen kalınlık değerleri kullanıldığında kabin genelinde de oldukça tatmin edici maliyet düşüşü görülmektedir. 300.000 TL değerinde kabinden bombeli tipte 14.661,42 TL; düz tipte 40.858,62 TL değerinde tasarruf edilmiş ve kabin toplamda bombeli tipte %5; düz tipte %14 oranında tasarruf edilmiştir.

Sonuç olarak 300.000 TL değerinde bir kabin bombeli tipte 285.338,58 TL; düz tipte 259.141,38 TL'ye rahatlıkla üretilebilmektedir. Bombeli tip kabinlerde maliyet çok fazla düşmemiştir; fakat düz tip kabindeki %14 oranında maliyet farkı büyük bir avantajdır. Kabinin maliyetini %14 kadar azaltmak bunu kullanacak firmalara ticari üstünlük sağlayacaktır. Piyasada düz tip kabinler, bombeli tip kabinlere kıyasla, iç hacimlerinin daha verimli kullanılmasından dolayı daha çok tercih edilmektedir. Bu

maliyet avantajının, daha çok tercih sebebi olan düz kabinlerde sağlanmış olması da bir diğer kazançtır.



5.2.Alüminyum Malzeme Kalınlık Karşılaştırmaları

Alüminyum malzeme için seçilen parçaların ampirik hesap ve Solidworks analizinde ortaya koyulan et kalınlıkları, maliyetleri ve ağırlık farklarını gösteren tablo aşağıdadır

Çizelge 5-2.Alüminyum Malzeme İçin Karşılaştırmalı Kalınlık Tablosu

PARÇA ADI	FORMÜL/AĞIRLIK	SOLIDWORKS/AĞIRLIK	ADET	BİRİM FİYAT	BİRİM AĞIRLIK FARKI	MALİYET FARKI
Bombeli Duvar Et Kalınlığı	24.95 mm; 480.81 kg	20.84 mm; 396.55 mm	3	27 TL; KG	84.26	6825.06 TL
Silindirik Gövde Et Kalınlığı	8.98 mm; 1451.62 kg	6 mm; 971.11 kg	1	27 TL; KG	480.51	12973.77 TL
Taban Et Kalınlığı Hesabı	65.52 mm; 2117.81 kg	21 mm; 678.78 kg	1	27 TL; KG	1439.03	38853.81 TL
Ön, Orta Ve Arka Duvar Et Kalınlığı Hesabı	76.29 mm; 547.4 kg	45 mm; 322.89 kg	3	27 TL; KG	224.51	18185.31 TL
Kapı Et Kalınlığı Hesabı	60.77 mm; 392.10 kg	38 mm; 183.28 kg	1	27 TL; KG	208.82	5638.14 TL

5.2.1. Alüminyum Malzeme Ağırlık Analizi

Tezde ele alınan 12 kişilik alüminyum malzemeden imal edilen hiperbarik kabinin toplam ağırlığı ortalama 11000 kg'dır. Toplam ağırlığın 8000 kg kadarını basınçlı kap oluştururken, geriye kalan 3000 kg'ı da diğer donanımlardan oluşmaktadır. Kabine ait olan bu donanımlar, koltuklar, sedyeler, hasta başı monitörü, maskeler, elektrik ve mekanik tesisatlardır. Bu parçalar kabine hazır alınarak montajlandığından parçaların ağırlıkları sabittir ve ağırlık açısından tasarruf edilemez. Basınçlı kabı oluşturan karkas kalınlıkları değiştirilerek kabin ağırlığı hafifletilir.

Solidworks analizindeki sonuçlara göre önerilen malzeme kalınlıkları ve ampirik hesaplar ile bulunan ağırlık değerleri Tablo 4.14 'de verilmiştir. Bir hiperbarik kabinde ağırlığı en çok etkileyecek parçalar, seçtiğimiz emniyet katsayı değerlerine göre Solidworks Analizi ile hesaplandığında, ampirik hesaplara kıyasla daha avantajlı olduğu açıkça görülmektedir. Seçilen parçaların ampirik hesaplar ile bulunan kalınlık değerleri baz alındığında toplam ağırlıkları bombeli tipte 4070,35 kg /düz tipte 6387,93kg gelmektedir. Ancak analiz ile bulunan değerlere bakıldığında kabin ağırlığı bombeli tipte 3191,11 kg; düz tipte 3168,4 kg'a düşmektedir. Böylece bombeli tipte 879,24 kg; düz tipte 3219,53kg malzeme tasarruf edilir ve seçilen parçalardaki karkas ağırlığı bombeli tipte %22; düz tipte %50 oranında azalmaktadır. Sonuç olarak analiz ile elde edilen kalınlıklar seçildiğinde ağırlık açısından bir avantaj sağlamaktadır.

Analiz ve ampirik hesaplar ile incelenen parçalar bir kabinin toplam ağırlığını en çok etkileyecek olan karkas parçalarıdır. Karkas sadece bu parçalardan meydana gelmemektedir. Tezde incelemeye alınmayan, hava nozülleri, gözetleme nozülleri, paneller, stoperler, koltuk profilleri, kapama profilleri ve kapı kolları da kaskasın parçalarıdır. 8000 kg ağırlığında karkastan bombeli tipte 879,24 kg; düz tipte 3219,53 kg tasarruf edilmiş ve bu da kaskasın toplam ağırlığında bombeli tipte %11; düz tipte %40 oranında hafifleme meydana getirmiştir. Buna ek olarak donanımlar da eklendiğinde, toplam kabin ağırlığı 11000 kg'dan, bombeli tipte 879,24 kg; düz tipte 3219,53 kg'a düşmektedir. Sonuç olarak kabin ağırlığından bombeli tipte %8;düz tipte %29 oranında tasarruf edilmiştir.

5.2.2. Alüminyum Malzeme Maliyet Analizi

Alüminyum malzemeden üretilen hiperbarik kabinlerini ortalama toplam maliyeti 280.000 TL'dir. Bu maliyetin 180.000 TL kadarı karkas geriye kalan 100.000 TL'si de diğer donanımlara aittir. Karkas maliyetleri, malzeme maliyeti ve diğer maliyetler olarak ikiye ayrılır. Malzeme maliyeti, basınçlı kabı oluşturan malzemenin kendi maliyetidir. Diğer maliyetler ise kaynak, tahribatsız muayene, test işlemleri ve işçiliktir. Tezin konusu olan parçalar karkasın hemen hemen ağırlık yönünden tamamını oluşturmaktadır. Bu parçalar üzerinde yapılan tasarruflar karkasın toplam maliyetini yüksek oranda etkiler.

Ampirik hesaplar ile bulunan ve Solidworks analizindeki sonuçlara göre önerilen malzeme kalınlıkları, ağırlık değerleri, malzeme birim fiyatları ve tasarruf edilen miktar Tablo 4.14 te görülmektedir. Seçilen parçaların ampirik hesaplamalar ile ortaya konan toplam maliyeti bombeli tipte 109.899,45 TL; düz tipte 172.474,11 TL, iken analiz ile elde edilen sonuçlarda maliyet bombeli tipte 86.159,97 TL; düz tipte 85.546,80 TL'dir. Bu değerlere göre seçilen malzemelerde bombeli tipte 23.739,48 TL; düz tipte 86.927,31 TL, tasarruf edilmiş ve karkas maliyeti bombeli tipte %22%; düz tipte 50 oranında azalmıştır. Sonuç olarak analiz ile elde edilen kalınlıklar seçildiğinde maliyet açısından bir avantaj sağladığı görülmüştür. Karkasa ait diğer parçalar hesaba katıldığında, bombeli tipte 23.739,48 TL; düz tipte 86.927,31 TL değerinde tasarruf toplam karkas maliyetini bombeli tipte %11; düz tipte %40 oranında azaltmaktadır.

Alüminyum hiperbarik kabin maliyetlerinin ortalama %64 kadarı karkasa, %36'sı da diğer donanımlara aittir. Kabinde, sadece karkasa ait seçilen malzemelerde analiz ile önerilen kalınlık değerleri kullanıldığında kabin genelinde de oldukça tatmin edici maliyet düşüşü görülmektedir. 280.000 TL değerinde kabinden bombeli tipte 23.739,48 TL; düz tipte 86.927,31 TL değerinde tasarruf edilmiş ve toplamda düz tipte %8; bombeli tipte %29 oranında tasarruf edilmiştir.

Sonuç olarak 280.000 TL değerinde bir kabin bombeli tipte 256.260,52 TL; düz tipte 193.072,69 TL'ye rahatlıkla üretilabilmektedir. Bombeli tip alüminyum kabinlerde yapılan değişiklikler maliyeti çok etkilememiştir; fakat düz tip kabindeki %29 oranında maliyet farkı oldukça fazladır. Kabinin maliyetini %29 azaltmak bunu kullanacak firmalara ciddi bir ticari üstünlük sağlayacaktır. Piyasada düz tip kabinler, bombeli tip kabinlere kıyasla, iç hacimlerinin daha verimli kullanılmasından dolayı daha çok tercih

edilmektedir. Bu maliyet avantajının daha çok tercih sebebi olan düz kabinlerde sağlanmış olması da bir diğer kazançtır.



5.3. Akrilik Malzeme Kalınlık Karşılaştırmaları

Akrilik malzeme için seçilen parçaların ampirik hesap ve Solidworks analizinde ortaya koyulan et kalınlıkları, maliyetleri ve ağırlık farklarını gösteren tablo aşağıdadır.

Çizelge 5-3.Akrilik Malzeme İçin Karşılaştırmalı Kalınlık Tablosu

PARÇA ADI	FORMÜL/AĞIRLIK	SOLIDWORKS/AĞIRLIK	ADET	BİRİM FİYAT	BİRİM AĞIRLIK FARKI	MALİYET FARKI
Bombeli Duvar Et Kalınlığı	62.9 mm; 602.55 kg	52.55 mm; 486.46 kg	3	52 TL; kg	116.09 kg	18110.04 TL
Silindirik Gövde Et Kalınlığı	25.3 mm; 1811.97 kg	20 mm; 1435.58 kg	1	52 TL; kg	376.39 kg	71572.28 TL
Taban Et Kalınlığı Hesabı	127.55 mm; 1839.17 kg	102 mm; 1470.76 kg	1	52 TL; kg	368.41 kg	19157.32 TL
Ön, Orta Ve Arka Duvar Et Kalınlığı Hesabı	119.39 mm; 382.15 kg	97 mm; 310.49 kg	3	52 TL; kg	71.66 kg	11178.96 TL
Kapı Et Kalınlığı Hesabı	94.23 mm; 202.74 kg	80 mm; 172.12 kg	1	52 TL; kg	30.62 kg	1592.24 TL

5.3.1. Akrilik Malzeme Ağırlık Analizi

Seçilen 12 kişilik hiperbarik kabinin toplam ağırlığı ortalama 10000 kg'dır. Toplam ağırlığın 8000 kg kadarını basınçlı kap oluştururken, geriye kalan 2000 kg da donanımlardan oluşmaktadır. Bu donanımlar, koltuklar, sedyeler, hasta başı monitörü, maskeler, elektrik ve mekanik tesisatlardır. Donanımlar kabine hazır alınarak montajlandığından bu parçaların ağırlıkları sabittir ve parçalardan ağırlık açısından tasarruf edilemez. Ancak basınçlı kabı oluşturan karkas et kalınlıkları inceltirilerek kabin ağırlığı değiştirilebilir.

AD2000 MB standartlarına göre ampirik hesaplar ile bulunan ve Solidworks analizindeki sonuçlara göre önerilen malzeme kalınlıklarının ağırlık değerleri Tablo 4.13 'de verilmiştir. Bir hiperbarik kabinde ağırlığı en çok etkileyecek parçalar, seçtiğimiz emniyet katsayı değerlerine göre Solidworks Analizi ile hesaplandığında, ampirik hesaplara nazaran daha avantajlı olduğu açıkça görülmektedir. Seçilen parçaların ampirik hesaplar ile bulunan kalınlık değerleri baz alındığında toplam ağırlıkları bombeli tipte 4227,84 kg /düz tipte 5405,81 kg gelmektedir. Ancak analiz ile bulunan değerlere bakıldığında kabin ağırlığı bombeli tipte 3427,36 kg; düz tipte 4354,17 kg'a düşmektedir. Böylece bombeli tipte 800,48 kg; düz tipte 1051,64 kg malzeme tasarruf edilir ve seçilen parçalardaki karkas ağırlığı bombeli tipte %19; düz tipte %19 oranında azalmaktadır. Sonuç olarak analiz ile elde edilen kalınlıklar seçildiğinde ağırlık açısından bir avantaj sağladığı görülmüştür.

Tezde incelenen parçalar bir kabinin toplam ağırlığını en çok etkileyecek olan karkas parçalarıdır. Karkas sadece bu parçalardan meydana gelmemektedir. Tezin konusu olmayan ve incelemeye alınmayan, hava nozülleri, gözetleme nozülleri, paneller, stoperler, koltuk profilleri, kapama profilleri ve kapı kolları da kaskasın parçalarıdır. 8000 kg ağırlığında karkastan bombeli tipte 800,48 kg; düz tipte 1051,64 kg tasarruf edilmiş ve bu da kaskasın toplam ağırlığında bombeli tipte %10; düz tipte %13 hafifleme meydana getirmiştir. Buna ek olarak donanımlar da eklendiğinde, toplam kabin ağırlığı 10000 kg dan, bombeli tipte 800,48 kg; düz tipte 1051,64 kg'a düşmektedir. Sonuç olarak kabin ağırlığından bombeli tipte %8; düz tipte %11 tasarruf edilmiştir

5.3.2. Akrilik Malzeme Maliyet Analizi

Bir akrilik malzemeden imal edilen hiperbarik kabinin ortalama toplam maliyeti 400.000 TL'dir. Bu maliyetin 150.000 TL kadarı karkas geriye kalan 250.000 TL'si de diğer donanımlara aittir. Kaskas maliyetleri, malzeme maliyeti ve diğer maliyetler olarak ikiye ayrılır. Malzeme maliyeti, basınçlı kabı oluşturan malzemenin kendi maliyetidir. Diğer maliyetler ise kaynak, tahribatsız muayene, test işlemleri ve işçiliktir. Tezin konusu olan parçalar karkasın hemen hemen ağırlık yönünden tamamını oluşturmaktadır. Bu parçalar üzerinde yapılan tasarruflar karkasın toplam maliyetini yüksek oranda etkiler.

Ampirik hesaplar ile bulunan ve Solidworks analizindeki sonuçlara göre önerilen malzeme kalınlıkları, ağırlık değerleri, malzeme birim fiyatları ve tasarruf edilen miktar Tablo 4.13'te görülmektedir. Seçilen parçaların ampirik hesaplamalar ile ortaya konan toplam maliyeti bombeli tipte 219.847,68 TL; düz tipte 281.102,12 TL, iken analiz ile elde edilen sonuçlarda maliyet bombeli tipte 178.222,72 TL; düz tipte 226.416,84 TL'dir. Bu değerlere göre seçilen malzemelerde bombeli tipte 41.624,96 TL; düz tipte 54.685,28 TL, tasarruf edilmiş ve karkas maliyeti bombeli tipte %19; düz tipte %19 oranında azalmıştır. Sonuç olarak analiz ile elde edilen kalınlıklar seçildiğinde maliyet açısından bir avantaj sağladığı görülmüştür. Karkasa ait diğer parçalar hesaba katıldığında, bombeli tipte 41.624,96 TL; düz tipte 54.685,28 TL tasarruf edilmiş ve toplama bombeli tipte %28; düz tipte %36 oranında azaltmaktadır.

Akrilikten imal edilen hiperbarik kabin maliyetlerinin ortalama %37 kadarı, karkasa, %63'ü de diğer donanımlara aittir. Kabinde, sadece karkasa ait seçilen malzemelerde analiz ile önerilen kalınlık değerleri kullanıldığında kabin genelinde de oldukça tatmin edici maliyet düşüşü görülmektedir. 400.000 TL değerinde kabin bombeli tipte 41.624,96 TL; düz tipte 54.685,28 TL değerinde tasarruf edilmiş ve kabin toplamda bombeli tipte %10; düz tipte %14 oranında tasarruf edilmiştir.

Sonuç olarak 400.000 TL'lik bir kabin bombeli tipte 358.375,04 TL; düz tipte 345.314,72 TL'ye de rahatlıkla üretilebilmektedir. Bunu yapacak firma ciddi bir ticari rekabet üstünlüğü sağlamış olacaktır.

Sonuç olarak 400.000 TL değerinde bir kabin bombeli tipte 358.375,04 TL; düz tipte 345.314,72 TL'ye rahatlıkla üretilebilmektedir. Akrilikten üretilen kabinlerde hem bombeli tip hem de düz tip için tatmin edici bir maliyet düşüşü sağlanmaktadır. Bombeli

akrilik kabinlerde maliyeti %10; düz kabinlerde %14 oranında azaltmak bunu kullanacak firmalara ciddi bir ticari üstünlük sağlayacaktır. Çelik ve alüminyum kabinlerin sadece düz tiplerinde maliyet kazancı sağlanırken, akrilik kabinlerde her iki tipteki ürünlerde maliyet avantajı sağlanmaktadır.

5.4. Tartışma

Bu tezde 3 farklı malzeme ve 2 farklı tasarım kullanılıp ampirik hesaplar sonucu elde edilen sac kalınlıkları ve güvenilir bir ticari katı modelleme programından analiz ile elde edilen sac kalınlık değerleri kıyaslanmış ve 12 kişilik bir multiplace hiperbarik kabin tasarımıdaki avantajlar ortaya konulmuştur.

Sonuçlar kısmında verilen rakamlar incelendiğinde çelik malzeme kullanılarak imal edilen bir multiplace kabinin düz tip tasarımıda yaklaşık olarak 6810 kg ağırlıktan ve 40860 TL maliyetten; bombeli tip tasarımıda 2450 kg ve 14600 TL tasarruf edilebileceği ortaya konmuştur. Ağırlıktan tasarruf etmenin iki önemli avantajı vardır. Kabinlerin imalat sahasından, son kullanıcının talep ettiği nihai konumuna kadar, hafif kabinler ağır olanlardan daha az maliyet ile taşınmaktadır. Bombeli tip tasarımıda elde edilen ağırlık tasarrufu düz tipteki ağırlık tasarrufundan oldukça düşüktür. Bombeli tipteki ağırlık farkı önemli ölçüde bir tasarruf sağlamamaktadır. Düz tip tasarımıdaki çelik malzemeden imal edilen toplam kabin ağırlığı yaklaşık 17000 kg'dan 10200 kg'a düşmesi nakliye masrafında ortalama %5'lik tasarruf anlamına gelmektedir. Bir hiperbarik kabinin hafif olmasının ikinci önemli avantajı da, koyulması planlanan yerin statik durumu ile ilgilidir. Çok kişilik hiperbarik kabinler ağırlıklarının fazla olmasından dolayı, tüm dünyada, hastaneler ve kliniklerin zemin katlarına konulur. Bunun sebebi, 17000 kg gibi ağır bir ürünün binaya verebileceği zarardan kaynaklanmaktadır. Bu derece ağır bir ürünün binaların üst katlarına konulması deprem anında tehlikeli durumlar oluşturur. Bu gibi durumlarda büyük statik önlemlerin, fazla maliyetle gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Nadir de olsa multiplace hiperbarik kabinler, güçlendirilmiş binalarda üst katlara konulmaktadır. Fakat bunun için firmalar çok büyük bina güçlendirme maliyetlerine katlanmaktadır. Düz tip kabinlerdeki %39 ağırlık avantajı yapılacak güçlendirme maliyetlerini de önemli oranda azalacaktır.

Çelik kabindeki maliyet avantajı ise bir diğer önemli parametredir. Çelik kabinlerin bombeli tip tasarımlarında rekabette üstünlük sağlayabilecek kadar büyük bir

kazanç sağlanmamaktadır. Bir hiobarik kabin üreten firma ortalama yıllık 6 adet kabin üretebilmektedir. Böylece tek bir üründe 41000 TL maliyet avantajı sağlandığında yaklaşık yıllık 250.0000 TL kadar tasarruf edilebilmektedir. Bu avantaj firmalara hem rekabette mali üstünlük kazandıracak gibi hem de yılda yaklaşık bir kabin maliyeti kadar tasarruf etmesini sağlayacaktır. Elde edilen kazanç AR-GE faaliyetlerinde ve diğer kazançların teşvik edilmesinde kullanılabilir

Alüminyum malzeme kullanılarak imal edilen bir multiplace kabinin düz tip tasarımı yaklaşık olarak 3220 kg ağırlıktan ve 87000 TL maliyetten; bombeli tip tasarımı 880 kg ve 23700 TL tasarruf edilebileceği ortaya konmuştur. Ağırlıkların azalmasının iki önemli avantaj sağlamaktadır. Kabinlerin tüm nakliye ömürleri süresince, hafif kabinler ağır olanlardan daha az maliyet ile taşınmaktadır. Bombeli tip tasarımı elde edilen ağırlık tasarrufu düz tipteki ağırlık tasarrufundan çok düşüktür. Bombeli tipteki ağırlık farkı önemli ölçüde bir tasarruf sağlamamaktadır. Düz tip tasarımdaki alüminyum malzemeden imal edilen toplam kabin ağırlığı yaklaşık 11000 kg'dan 7780 kg'a düşmesi nakliye masrafında ortalama %2,5'luk tasarruf anlamına gelmektedir. Bu tasarruf ta fark yaratabilecek bir kazanç değildir. Hiperbarik kabinlerin hafif olmasının ikinci önemli avantajı da, koyulması planlanan yerin statik durumu ile ilgilidir. Çok kişilik alüminyum hiperbarik kabinler çelik kabinlere nazaran daha hafif olmalarına rağmen ağırlıklarının fazla olmasından dolayı, hastaneler ve kliniklerin zemin katlarına konulur. Bunun sebebi, 10 tonu aşan bir ürünün binaya verebileceği zarardan kaynaklanmaktadır. Bu derece ağır bir ürünün binaların üst katlarına konulması deprem anında tehlikeli durumlar oluşturur. Bu gibi durumlarda büyük statik önlemlerin, fazla maliyetle gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Nadir de olsa alüminyum kabinler, güçlendirilmiş binalarda üst katlara konulmaktadır. Fakat bunun için firmalar çok büyük bina güçlendirme maliyetlerine katlanmaktadır. Düz tip kabinlerdeki %29 ağırlık avantajı güçlendirme maliyetlerini de önemli oranda azalacaktır.

Alüminyum kabindeki bir diğer konu ise maliyet avantajıdır. Alüminyumdan imal edilen bombeli tip tasarımı rekabette üstünlük sağlayabilecek kadar büyük bir kazanç sağlanmamaktadır. Bir hiperbarik firması ortalama yıllık 6 adet düz tip alüminyum kabin üretebilmektedir. Ürettiği kabinlerde kabin başına ortalama 87000 TL kadar maliyet avantajı sağladığında, yıllık ürettiği kabinlere 522000 TL kadar daha az harcama

yapacaktır. Bu avantaj hem rekabette firmaya mali üstünlük kazandıracağı gibi hem de bir yılda yaklaşık 2 kabin maliyeti kadar tasarruf edecektir.

Son olarak, akrilik malzeme kullanılarak üretilen multiplace kabinin düz tip tasarımı yaklaşık olarak 1051 kg ağırlıktan ve 54500 TL maliyetten; bombeli tip tasarımı 800 kg ve 41600 TL tasarruf edilebileceği ortaya konmuştur. Ağırlık tasarrufu iki önemli avantaj sağlamaktadır. Bunlardan birincisi, kabinlerin nakliye süreçlerinde hafif olanın ağır olandan daha az maliyet ile taşınmasıdır. Bombeli tip tasarımı elde edilen ağırlık tasarrufu ile düz tip tasarımıdaki ağırlık farkları oransal değer açısından kayda değer bir fark olsa da, her iki tasarımıdaki ağırlık avantajları üreticilere rekabet açısından değer kazandırmayacak kadar azdır. Bir hiperbarik kabinin hafif olmasının ikinci önemli avantajı da, koyulması planlanan yerin statik durumu ile ilgilidir. Çok kişilik hiperbarik kabinler ağırlıklarının fazla olmasından dolayı, tüm dünyada, hastaneler ve kliniklerin zemin katlarına konulur. Fakat akrilik kabinler alüminyum ve çelikteki gibi büyük bir ağırlık avantajı sağlamadığından dolayı binaların zemin katlarında bulundurulmalı daha uygun olacaktır. Eğer kabin üst katlara koyulacak ise ağırlığına uygun statik önlemlerin alınması gerekmektedir.

Akrilik kabinlerin maliyet avantajı bir diğer parametredir. Bir hiperbarik kabin firması ortalama yıllık 6 adet akrilik kabin üretebilmektedir. Böylece tek bir üründe 41000 TL maliyet avantajı sağlandığında yaklaşık yıllık 250.0000 TL kadar tasarruf edilebilmektedir. Bu avantaj firmalara hem rekabette mali üstünlük kazandıracağı gibi hem de yılda yaklaşık bir kabin maliyeti kadar tasarruf etmesini sağlayacaktır. Elde edilen kazanç AR-GE faaliyetlerinde ve diğer kazançların teşvik edilmesinde kullanılabilir

Alüminyum malzeme kullanılarak imal edilen bir multiplace kabinin düz tip tasarımı yaklaşık olarak 3220 kg ağırlıktan ve 87000 TL maliyetten; bombeli tip tasarımı 880 kg ve 23700 TL tasarruf edilebileceği ortaya konmuştur. Ağırlıkların azalmasının iki önemli avantaj sağlamaktadır. Kabinlerin tüm nakliye ömürleri süresince, hafif kabinler ağır olanlardan daha az maliyet ile taşınmaktadır. Bombeli tip tasarımı elde edilen ağırlık tasarrufu düz tipteki ağırlık tasarrufundan çok düşüktür. Bombeli tipteki ağırlık farkı önemli ölçüde bir tasarruf sağlamamaktadır. Düz tip tasarımıdaki alüminyum malzemeden imal edilen toplam kabin ağırlığı yaklaşık 11000 kg'dan 7780

kg'a düşmesi nakliye masrafında ortalama %2,5'luk tasarruf anlamına gelmektedir. Bu tasarruf ta fark yaratabilecek bir kazanç değildir. Hiperbarik kabinlerin hafif olmasının ikinci önemli avantajı da, koyulması planlanan yerin statik durumu ile ilgilidir. Çok kişilik alüminyum hiperbarik kabinler çelik kabinlere nazaran daha hafif olmalarına rağmen ağırlıklarının fazla olmasından dolayı, hastaneler ve kliniklerin zemin katlarına konulur. Bunun sebebi, 10 tonu aşan bir ürünün binaya verebileceği zarardan kaynaklanmaktadır. Bu derece ağır bir ürünün binaların üst katlarına konulması deprem anında tehlikeli durumlar oluşturur. Bu gibi durumlarda büyük statik önlemlerin, fazla maliyetle gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Nadir de olsa alüminyum kabinler, güçlendirilmiş binalarda üst katlara konulmaktadır. Fakat bunun için firmalar çok büyük bina güçlendirme maliyetlerine katlanmaktadırlar. Düz tip kabinlerdeki %29 ağırlık avantajı güçlendirme maliyetlerini de önemli oranda azalacaktır.

Alüminyum kabindeki bir diğer konu ise maliyet avantajıdır. Bir hiperbarik firması ortalama yıllık 7 adet alüminyum kabin üretebilmektedir. Bombeli tip tasarımda rekabette üstünlük sağlayabilecek kadar büyük bir kazanç sağlanmamaktadır. Fakat düz tip tasarıma ait ürettiği kabinlerde kabin başına ortalama 54700 TL kadar maliyet avantajı sağladığında, yıllık ürettiği kabinlerde 383000 TL kadar daha az harcama yapacaktır. Bu avantaj hem rekabette firmaya mali üstünlük kazandıracak gibi hem de bir yılda yaklaşık 1 kabin maliyeti kadar tasarruf edecektir.

KAYNAKÇA

- Akçar, E. (1980). Basınçlı Kaplar: Dizayn, İmalat, Montaj, Test, İşletme ve Kazanlardan Korunma Talimatı. Ankara: Büro Aşama IBM Dizgi ve Ofset Baskı Tesisleri.
- Altıbalık, & Kabak. (2017). Comparison of DBA vs. DBF by Explanation of Design Characteristics of Hyperbaric Oxygen Chamber. Journal of Scientific and Engineering Research, 4(9):319-330.
- Altınbalık, & Kabak. (2015). Strength and cost analysis of stainless steel uses in the multiplace hyperbaric chambers. Proc. of 15th Int Scientific Conf. UNITECH'15, (s. 137-143). Gabrovo: Unitech.
- Altınbalık, & Kabak. (2016). Penetrators Design Characteristics Of A Multiplace Hyperbaric Chamber For Divers. International Scientific Conference (s. 1-6). Gabrovo: Unitech 2016 Gabrovo.
- Altınbalık, & Kabak. (2016). PMMA Usage in a Hyperbaric Pet Chamber: A Contribution to Design and Comparative Cost Analysis for Different Materials. International Journal of Research in Engineering and Applied Sciences, 57-69.
- Aquino, I. L. (2012, Şubat 7). Buceo Recreativo y Deportivo. Centro Integral De Buceo Mar Del Plata: <http://www.cibuceo.com.ar/historia.htm> adresinden alındı
- Aslan, U. (2015, Şubat 2). 2019 T.C. Sağlık Bakanlığı. Copyright © 2019 T.C. Sağlık Bakanlığı web sitesi: <https://konyaeah.saglik.gov.tr/TR,278796/hiperbarik-oksijen-tedavi-merkezi.html> adresinden alındı
- Besleme, M. (2007). Pratik Kimya Mühendisliği El Kılavuzu. İstanbul: Bileşim Yayıncılık.
- Brabin ve diğ. (2010). Finite element analysis of cylindrical pressure vessels having a misalignment in a circumferential joint. International Journal of Pressure Vessels and Piping 87, 197e201.

- Diamantoudis, A., & Kermanidis, T. (2005). Design by analysis versus design by formula of high strength steel pressure vessels: a comparative study. *International Journal of Pressure Vessels and Piping* 82, 43–50.
- Famiyesin ve diğ. (2002). Semi-empirical equations for pipeline design by the finite element method. B. H. K. J. Bathe içinde, *Computers and Structures* (s. 1369–1382). İngiltere: Elsevier.
- Genceli, O. F. (1995). Ölçme Tekniği. İstanbul: Birsen Yayınevi.
- Gopalan ve diğ. (2015). Fracture toughness evaluation of 20MnMoNi55 pressure vessel steel in the ductile to brittle transition regime Experiment & numerical simulations. *Journal of Nuclear Materials*, 424e432.
- GÜLBARAN, E. (1979). Kimya Mühendisliği Ünit Operasyonlar. Ankara: Maya Yayıncılık.
- Güven, U. (2007). A comparison on failure pressures of cylindrical pressure vessels. *Mechanics Research Communications* 34, 466–471.
- Hyder , & Murtaza. (2015). Design by Analysis versus Design by Formula of a PWR Reactor Pressure Vessel. *Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2015* (s. Vol II). Hong Kong: IMECS 2015.
- Mayera ve diğ. (2000). Review of fatigue design procedures for pressure vessels. *International Journal of Pressure Vessels and Piping* 77, 775-781.
- Ravinder ve diğ. (2013). Design and Analysis of pressure vessel asseby for testingof missile canister sections under differantial pressures. *Procedia Engineering* 64, 1040 – 1047.
- Sağlık Bakanlığı. (2018, Eylül 3). T.C. Sağlık Bakanlığı. Copyright © 2019 T.C. Sağlık Bakanlığı Web sitesi:
<https://bozyakaeah.saglik.gov.tr/TR,167783/hiperbarik.html> adresinden alındı
- Uztuğ, H. E. (1987). Basınçlı Kaplar El Kitabı. Ankara: Maya Yayıncılık.

ÖZGEÇMİŞ

İş Hayatıma Şantiye Mühendisi olarak başladım. Yaklaşık 6 ay Mekanik Tesisat Projeleri, Isıtma - Soğutma Sistemleri ve Yangın Söndürme Sistemlerinin teknik çizim ve saha uygulamalarında çalıştım. Ardından, 1 yıl süreyle Dizayn Mühendisi olarak Endüstriyel Mutfak çizimleri ve Ar-Ge Mühendisi olarak Brülör Sistemlerinin geliştirilmesi projelerinde görev aldım. Aynı süre zarfında, CE Belgelendirme süreçlerini yönettim. Hiperbarik Basınç Odası (Basıncılı Kaplar) Dizayn ve imalat Yönetimi çerçevesinde Proje Yöneticisi olarak 2 yıllık zaman diliminde 10 farklı projenin içerisinde yer aldım. Koordinatörlüğünü yaptığım Askeri, Uluslararası ve Endüstriyel tüm projelerin başarılı bir şekilde teslimatını bitirdim. NATO, SSM (Savunma Sanayi Müsteşarlığı), BM (Birleşmiş Milletler), HUDUTLAR ve Tersane Projelerinde 2 yıl Proje Koordinatör Yöneticisi olarak görev yaptım. Bu projelerin Planlama, dizayn, üretim, kalite ve eğitim aşamalarında çalışmalara dahil oldum. 20 kişilik ana kadro ve farklı taşeron yönetimleriyle bu süreçleri yürüttük. Proje Müdürü olarak devam ettiğim 1,5 yıllık sürede 7 farklı projeyi yönettim. Özel Klinikler, Hudut-Sahil ve Askeri Bakım Onarım projelerini 15 kişilik ekibimizle başarı ile nihayetlendirdik. Son 3 aydır, Enerji Sektöründe, Çamur Kurutma Tesisi Kurulumunda Proje Yöneticisi olarak görev alıyorum. Yönettiğim projelerin bir kısmında C Sınıfı İş Güvenliği Uzmanı ve İSG Sorumlusu olarak çalıştım. Kalite çalışmaları kapsamında İSO 9001 , EN 13485 ve CE sertifika çalışmalarını yaptım. Yurt dışı, askeri, devlet ve Endüstriyel projelerin Teknik ve Ürün Teslimat eğitimlerini verdim.

Yurt Dışı Çalışmalarımı Yürüttüğüm Ülkeler; Malta, Bulgaristan, Güney Sudan

Proje Yürüttüğüm Ülkeler; ABD, Azerbaycan, Güney Sudan, Polonya, Bulgaristan, Malta, Güney Kore, Irak.