



AKUSTİK SERBEST BIRAKMA SİSTEMİ TASARIMI

Erkan HELVACILAR

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ENDÜSTRİYEL TASARIM MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

GAZİ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

EYLÜL 2019

Erkan HELVACILAR tarafından hazırlanan “AKUSTİK SERBEST BIRAKMA SİSTEMİ TASARIMI” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Endüstriyel Tasarım Mühendisliği Ana Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Prof. Dr. Veysel ÖZDEMİR

Endüstriyel Tasarım Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Başkan: Prof. Dr. Hüseyin Rıza BÖRKLÜ

Endüstriyel Tasarım Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Üye: Doç. Dr. Şener KARABULUT

Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, Hacettepe Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

Tez Savunma Tarihi: 16/09/2019

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....
Prof. Dr. Sena YAŞYERLİ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Erkan HELVACILAR

16/09/2019

AKUSTİK SERBEST BIRAKMA SİSTEMİ TASARIMI
(Yüksek Lisans Tezi)

Erkan HELVACILAR

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Eylül 2019

ÖZET

Bu çalışmada, sualtında ya da su yüzeyinde tonoz yardımıyla sabitlenen ekipman ve cihazların, geri kazanımı için kullanılan sualtı akustik serbest bırakma sisteminin yerli olarak geliştirilmesine yönelik sistem gereksinimleri oluşturulmuş ve tasarım kararları verilmiştir. Çalışmada, sualtı akustiği teknolojileri kullanılarak akustik serbest bırakma sistemi olarak adlandırılan alıcı birim ve bu sistemi harekete geçirecek olan kontrol istasyonu olarak adlandırılan verici birim tasarlanmıştır. Birimler için mekanik yapılar oluşturulmuş, arayüzler tanımlanmıştır. Gereksinimlere yönelik alınan tasarım kararları analizler ile desteklenmiştir. Üretim için alternatif malzemeler tanımlanmıştır. Çalışma sonunda, zamana ve mekana bağlı olan akustik ortam parametrelerinin akustik iletişimde etkili olduğu, sistem alıcı biriminin basınca karşı dayanıklı ve belirlenen yükü taşıyacak mekanik yapıda olması gerektiği değerlendirilmiştir.

Bilim Kodu : 91419
Anahtar Kelimeler : Sualtı Akustiği, Akustik İletişim, Akustik Serbest Bırakma Sistemi
Sayfa Adedi : 58
Danışman : Prof. Dr. Veysel ÖZDEMİR

DESIGN OF ACOUSTIC RELEASE SYSTEM

(M. Sc. Thesis)

Erkan HELVACILAR

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

September 2019

ABSTRACT

In this study, system requirements were developed and design decisions were made for the domestic development of the underwater acoustic release system used for the recovery of the equipment and devices fixed with the help of vaults underwater or on the surface of the water. In this study, a receiver unit called an acoustic release system and a transmitter unit that will activate this system are designed by using underwater acoustics technologies. Mechanical structures were created for the units and interfaces were defined. The design decisions made for the requirements were supported by analysis. Alternative materials for production have been identified. At the end of the study, it was evaluated that the acoustic environment parameters, which are dependent on time and place, are effective in acoustic communication, and that the system receiving unit should be resistant to pressure and mechanical structure to carry the determined load.

Science Code : 91419

Key Words : Underwater Acoustic, Acoustic Communication, Acoustic Release System

Page Number : 58

Supervisor : Prof. Dr. Veysel ÖZDEMİR

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım sürecinde bana destek olan, değerli yardım ve katkılarıyla beni yönlendiren kıymetli tecrübelerinden faydalandığım danışmanım Prof. Dr. Veysel ÖZDEMİR' e, çalışmalarına verdikleri destekten dolayı ARMELSAN Savunma Teknolojileri'ne, manevi destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan aileme ve çalışmalarım sırasında sabır gösteren, zamanından çaldığım Can Ediz oğluma teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca eğitimim boyunca sağladığı karşılıksız olanaklar için Türkiye Cumhuriyeti'ne şükranlarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	x
RESİMLERİN LİSTESİ	xii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. SİSTEM TASARIMI.....	11
2.1. Kontrol İstasyonu.....	12
2.1.1. Kullanıcı arayüzü birimi.....	14
2.1.2. Sinyal işleme birimi.....	15
2.1.3. Yükselteç birimi	15
2.1.4. Transdüser birimi.....	16
2.1.5. Güç birimi.....	19
2.1.6. Mekanik birim	19
2.2. Akustik Serbest Bırakma Sistemi (ASBS).....	21
2.2.1. Hidrofon birimi.....	22
2.2.2. Yükselteç birimi	23
2.2.3. Sinyal işleme birimi.....	24
2.2.4. Güç birimi.....	25
2.2.5. Kilit mekanizması ve gövde.....	25

Sayfa

3. SİSTEM ANALİZLERİ	29
3.1. Karar Analizleri	29
3.1.1. Malzeme seçimi	29
3.1.2. Batarya seçimi.....	30
3.2. Performans Analizleri	35
3.2.1. Akustik yayın kapsama alanı anlızi	35
3.3. Yapısal Analizler	40
3.3.1. Gövde dış basınç analizi	40
3.3.2. Taşıma mapası kaldırma kuvveti analizi.....	45
3.3.3. Kilit mekanizması çekme kuvveti analizi	48
4. SONUÇ VE ÖNERİLER	53
KAYNAKLAR	55
ÖZGEÇMİŞ	57

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 1.1. Şamandıra sistemleriyle kullanılan sualtı serbest bırakma sistemleri	5
Çizelge 1.2. Kilit mekanizmaları karşılaştırma çizelgesi.....	8
Çizelge 2.1. Transdüser birimi teknik özellikleri.....	18
Çizelge 2.2. Hidrofon birimi teknik özellikleri	23
Çizelge 3.1. AL 5083 mekanik karakteristikleri.....	29
Çizelge 3.2. Kurşun-Asit bataryalar.....	31
Çizelge 3.3. Nikel-Kadmiyum bataryalar	31
Çizelge 3.4. Nikel-Metal-Hidrür bataryalar	32
Çizelge 3.5. Lityum-İyon bataryalar	33
Çizelge 3.6. Lityum-Demir-Fosfat bataryalar.....	34
Çizelge 3.7. Yeniden doldurulabilir batarya karşılaştırması.....	35
Çizelge 3.8. Ayrılmış eleman sayısı analizi karşılaştırma	40
Çizelge 3.9. Taşıma mapası elemanlara ayırma işlemi için parametreler.....	45
Çizelge 3.10. Kilit mekanizması elemanlara ayırma işleme için parametreler.....	48

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 1.1. Dalgaboyu grafiksel gösterim	3
Şekil 1.2. Derinliğe bağlı ses hızı ölçüm değerleri	4
Şekil 1.3. ASBS seçim kriterleri	5
Şekil 1.4. Tipik bir ASBS	6
Şekil 1.5. ASBS çalışma yöntemi	7
Şekil 2.1. Sualtı haberleşme sistemi	12
Şekil 2.2. Kontrol istasyonu mimarisi	13
Şekil 2.3. “Benthowave BII-7514” marka/model transdüser TVR grafiği	17
Şekil 2.4. Mekanik birim görünüş.....	20
Şekil 2.5. Mekanik birim konnektörler	20
Şekil 2.6. Batarya ve kart tutucu yerleşimi	21
Şekil 2.7. ASBS mimarisi	25
Şekil 2.8. Sinyal işleme birimi işlevsel mimarisi.....	22
Şekil 2.9. Güç birimi mimarisi.....	25
Şekil 2.10. Kilit mekanizması şematik gösterim	26
Şekil 2.11. Kilit mekanizması çalışma prensibi.....	27
Şekil 2.12. ASBS tasarımı genel görünümü	27
Şekil 2.13. ASBS tasarımının üst ve alt görünümleri	28
Şekil 3.1. LYBIN sonar performans belirleme aracı	36
Şekil 3.2. Kaynak seviyesi	36
Şekil 3.3. Ortam şartları	37
Şekil 3.4. Ses hızı profili.....	37
Şekil 3.5. Hedef derinlik	37

Şekil	Sayfa
Şekil 3.6. En uzak yatay akustik yayılım mesafesi	38
Şekil 3.7. Sonlu elemanlar yöntemi ile problem çözümü	39
Şekil 3.8. Gövde mekanik tasarımın farklı sayıdaki elemanlara ayrılmış görüntüsü	41
Şekil 3.9. Elemanlara ayırma işlemi bağımsızlık testi	41
Şekil 3.10. Dış gövde eşdeğer gerilim değerleri	42
Şekil 3.11. İç gövde eşdeğer gerilim değerleri	42
Şekil 3.12. Destek gövde eşdeğer gerilim değerleri	43
Şekil 3.13. Dış gövde statik yer değiştirme değerleri	43
Şekil 3.14. İç gövde statik yer değiştirme değerleri.....	44
Şekil 3.15. Destek gövde statik yer değiştirme değerleri.....	44
Şekil 3.16. Gövde eşdeğer gerilim değerleri.....	45
Şekil 3.17. Taşıma mapası elemanlara ayrılmış görüntüsü.....	46
Şekil 3.18. Taşıma mapası eşdeğer gerilim değerleri	47
Şekil 3.19. Taşıma mapası statik yer değiştirme değerleri	47
Şekil 3.20. Taşıma mapası eşdeğer gerilim değerleri	48
Şekil 3.21. Kilit mekanizması elemanlara ayrılmış görüntüsü	49
Şekil 3.22. Kilit mekanizması eşdeğer gerilim değerleri.....	50
Şekil 3.23. Kilit mekanizması statik yer değiştirme değerleri	50
Şekil 3.24. Kilit mekanizması eşdeğer gerilim değerleri	51

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. “K-TEK-A134KP-LCD-DWP” marka/model ASBS seçim arayüzü.....	14
Resim 2.2. “Benthowave BII-7514” marka/model serbest asılı transdüser.....	17
Resim 2.3. “RESON TC0347” marka/model hidrofon birimi	23
Resim 2.4. “Xilinx Artix-7 35T FPGA” marka/model sinyal işleme kartı.....	24

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler

Açıklamalar

c	Sudaki ses hızı
$1/sn$	Frekans (1 bölü saniye)
D	Metre cinsinden derinlik
Db	Desibel
f	Frekans
Hz	Hertz
kHz	Kilohertz
m	Metre
km	Kilometre
m/sn	Metre/Saniye
Pa	Pascal
MPa	Mega Pascal
S	Binde olarak tuzluluk
T	Santigrat derece sıcaklık
λ	Dalga boyu
μ	Micro
V_{RMS}	Efektif Gerilim

Kısaltmalar

Açıklamalar

ASBS	Akustik serbest bırakma sistemi
CTD	İletkenlik sıcaklık yoğunluk
EMI/EMC	Elektromanyetik girişim/Elektromanyetik uyumluluk
FPGA	Alanda programlanabilir kapı dizileri
MIL-DTL	Askeri detay özellikler
MOSFET	Metal oksit yarıiletkenli alan etkili transistör
PWM	Darbe genişlik modülasyonu

Kısaltmalar**Açıklamalar****SNR**

Sinyal gürültü oranı

TVR

İletim voltaj cevabı

1. GİRİŞ

Çalışma, sualtı ortam davranışlarına genel bir bakış ile akustik performansı etkileyen faktörlere vurgu yaparak, sualtı akustik haberleşme alıcı-verici mimarisini içeren, sualtı akustik serbest bırakma sistemine ilişkin bir tasarım sunmaktadır.

Çalışma kapsamında, sualtında yayınlanan akustik sinyaller ile harekete geçirilen, akustik serbest bırakma cihazına ilişkin sistemin tasarımı gerçekleştirilecek ve sistem bileşenleri ortaya konularak yapılan çalışmalar değerlendirilecektir.

Bu çalışmanın, ön araştırmasında sualtı serbest bırakma sistemleri, çalışma prensipleri, kullanım alanları ve mevcut ürünler hakkında literatür gözden geçirilmiştir. Araştırmaya göre yerli bir muadil ürün olmamasından dolayı üzerinde çalışma yapılması kararlaştırılmıştır.

Çalışmanın ilk kısmında, sualtı akustiği ve akustik serbest bırakma sistemleri hakkında temel bilgiler verilmiştir.

Çalışmanın ikinci kısmında, tasarım gereksinimleri belirlenerek, tasarım kararları verilmiş ve geliştirmede kullanabilecek alternatif malzemeler sunulmuştur.

Çalışmanın analiz kısmında, ortam şartlarına bağlı olarak değişen akustik sinyal yayılım mesafesinin analizi ve mekanik birimlerin SOLIDWORKS Simulation yazılımı yardımıyla yapısal analizler gerçekleştirilmiş, elde edilen sonuçları paylaşılmıştır.

Akustik kelimesi, Yunanca “dinlemek” anlamına gelen sözcükten kaynaklanmaktadır. Başlangıçta sadece işitme ve ses algısı ile ilgili bu kelime geniş bir anlam kazanmış, günümüzde yaygın olarak değişen mekanik titreşimlerle, gürültüden sismik ve sonar sistemlerine, tıbbi teşhis ve malzeme teknolojisindeki ultrasonlara kadar hemen hemen her şey için kullanılmaktadır.

Sualtı Akustiği; sudaki ses bilimidir. Sesin sualtındaki yayılımını, ortamla etkileşimini ve sinyal işleme ile ses sinyalini algılamayı kapsar [1]. Sualtı akustiğiyle ilgili ilk ölçümler

1826 yılında İsviçreli fizikçi Daniel Colladon ve Fransız matematikçi Charles Sturm tarafından Cenevre Gölü'nde, bir sualtı dinleyicisini kullanılarak batık bir geminin ziline sesi ile sudaki ses hızının ilk kantitatif ölçümü ile yapılmıştır. 17 km'lik bir mesafe boyunca 1.435 m/s'lik bir ses hızı ölçülmüş ve değerler, şu anda kabul edilen değerlerin yaklaşık %2' sinde olacak kadar iyi netice vermiştir. 1877'de Lord Rayleigh, Ses Teorisi'ni yazmış ve modern akustik teorisinin temelini oluşturmuştur [2].

Sualtı akustiğindeki neredeyse tüm önemli kavramlar, II. Dünya Savaşı sırasında yapılan iletim kaybı, soğurma, yankılama ve hedef gücü gibi bilimsel keşiflere dayanmaktadır. II. Dünya Savaşı'ndan sonra, bilgisayar tabanlı tekniklerin de yardımıyla sualtı akustiğinin teorik ve pratik anlayışında gelişmeler kaydedilmiştir.

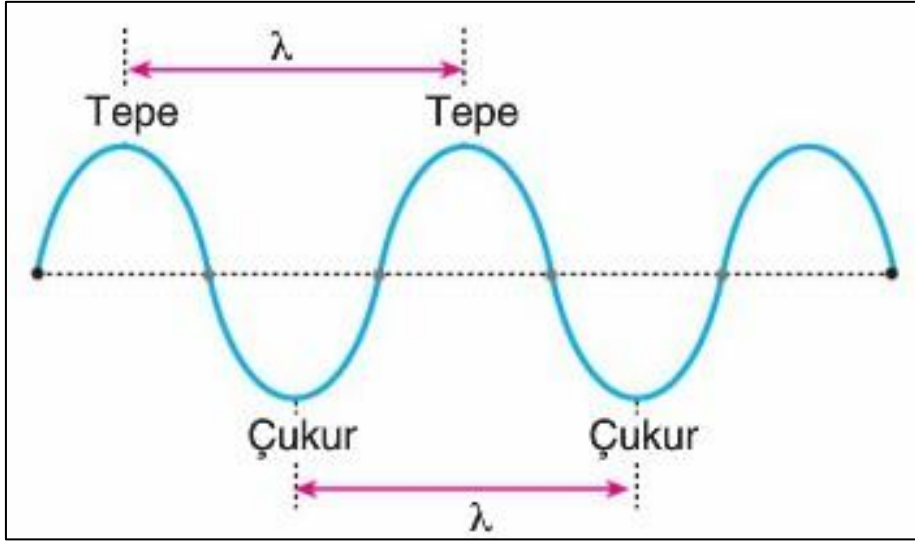
Son yıllarda sualtı akustik iletişim teknolojileri ve uygulamaları hızla büyümektedir. Sualtı akustik iletişim teknolojileri, deniz canlılarının, biyolojik kirlenmenin ya da platform trafiğinin gözlemlenmesi, arama-kurtarma faaliyetleri ve deniz dip haritasının çıkarılması vb. uygulamalarda kullanılır. Ses dalgalarının su içindeki yayılımı günümüz deniz bilim çalışmalarında yararlanılan en önemli araçlardan biri haline almıştır.

Bu çalışmada tasarımı yapılan Akustik Serbest Bırakma Sistemi (ASBS)'ni harekete geçiren akustik sinyaller, zamana ve mekana bağlı olarak değişen sıcaklık, tuzluluk ve derinliğe göre farklı davranışlar sergilerler.

Sualtı akustik sinyalleri, bir cismin (gemi pervanesi ve motoru, gemideki metal cisimler, deniz canlıları, dalgalar, vb.) hareketinin (titreşim, çarpma, vb.) oluşturduğu ses dalgalarıdır. Ses dalgaları, oluşturdukları basınçla su moleküllerini hareket ettirerek sualtında çok uzak mesafelere yayılırlar [3].

Ses dalgaları sinüs dalgası şeklindedir. Art arda gelen iki dalganın en üst (tepe) noktaları veya en alt (çukur) noktaları arasında kalan uzaklık “dalga boyu” olarak tanımlanır ve simgesel olarak “ λ ” ile gösterilir (Şekil 1.1.).

Dalga jeneratörünün birim zaman süresince ürettiği dalgaların sayısına ise “dalganın frekansı” adı verilir. Frekans 1/s veya Hz olarak ifade edilir ve f ile gösterilir.



Şekil 1.1. Dalgaboyu grafiksel gösterim

Bir ses dalgasının dalga boyu (Eş. 1.1) denklemindeki gibi, sesin frekansı ve yayılma hızı (c) cinsinden ifade edilebilir [3].

$$\lambda = \frac{c(m/sn)}{f(Hz)} (m) \quad (1.1)$$

Sualtı ortamında ses hızı, üç ana temel nicelik olan tuzluluk, sıcaklık ve basınç parametrelerine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Bu temel niceliklerin aksine diğer fiziksel özelliklerin sualtı ortamında ses hızını etkilemediği belirlenmiştir [4].

Bu temel etkiler göz önünde bulundurularak, literatürde sualtı ortamında ses hızının hesaplanmasına yönelik farklı hesaplama yöntemleri sunulmuştur. Medwin [4], Leroy [5] ve Mackenzie [6] denklemleri en çok kullanılan denklemlerdir. (Eş. 1.2) denklemi Mackenzie'ye ait eşitliktir.

$$\begin{aligned} c = & 1448,96 + 4,591T - 5,304 \times 10^{-2}T^2 + 2,374 \times 10^{-4}T^2 \\ & + 1,340(S - 35) + 1,63 \times 10^{-2}D + 1,675 \times 10^{-7}D^2 - 1,025 \\ & \times 10^{-4}T(S - 35) - 7,139 \times 10^{-13}TD^3 \end{aligned} \quad (1.2)$$

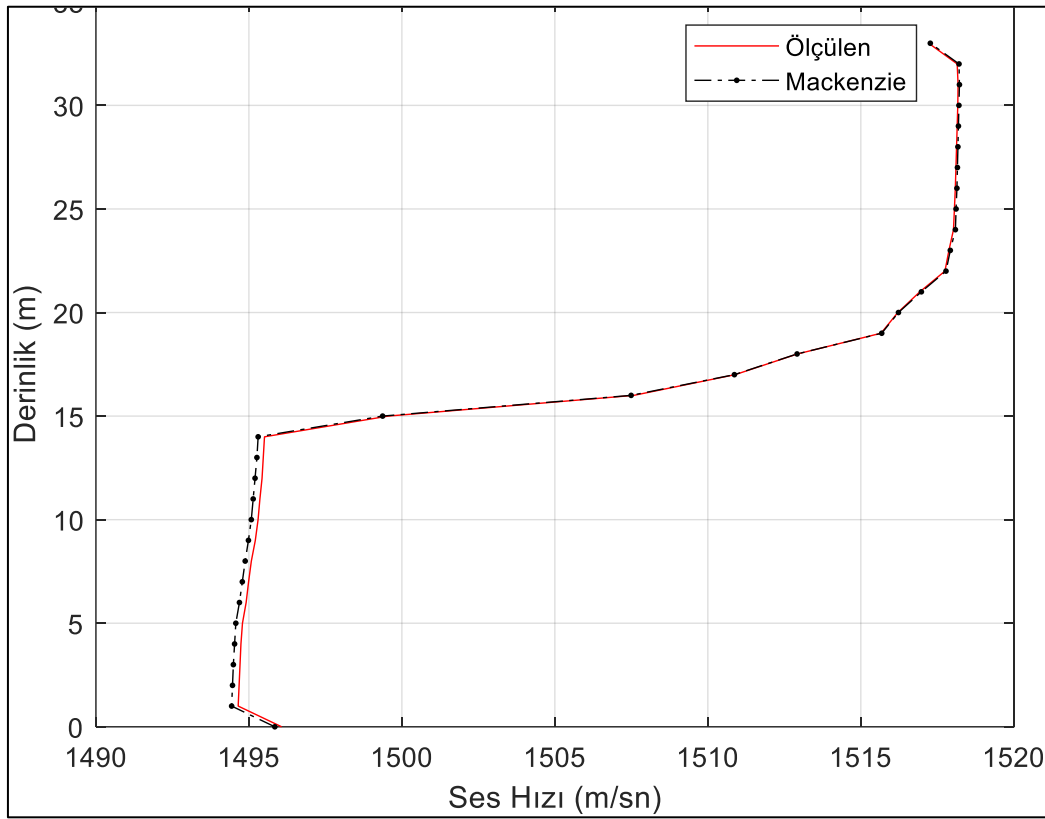
T = Santigrat derece sıcaklık

S = Binde olarak tuzluluk

D = Metre cinsinden derinlik

Bu formül, sıcaklığın 2 ila 30 °C olduğu, tuzluluk oranının binde 25 ila 40 olduğu, derinliğin 0 ila 8000m olduğu aralıkta geçerlidir.

Şekil 1.2. ile 28 Kasım 2018 tarihinde Marmara denizinde CTD (İletkenlik-Sıcaklık-Yoğunluk) ses hızı ölçer cihazı kullanılarak gerçekleştirilen ölçümlerde elde edilen derinliğe bağlı ses hızı değeri ile birlikte ölçümlerde alınan tuzluluk ve sıcaklık verileri kullanılarak, Mackenzie hesaplama yöntemi sonucunda elde edilen ses hızı değerleri gösterilmiştir.



Şekil 1.2. Derinliğe bağlı ses hızı ölçüm değerleri

Akustik Serbest Bırakma Sistemleri; herhangi bir ekipmanı tonozla, deniz yüzeyinde ya da deniz tabanından belli bir yükseklikte sabitleyen ve sonrasında geri kazanımın uzaktan bir akustik komut sinyali tarafından tetiklenerek yapıldığı oşinografik cihazdır.

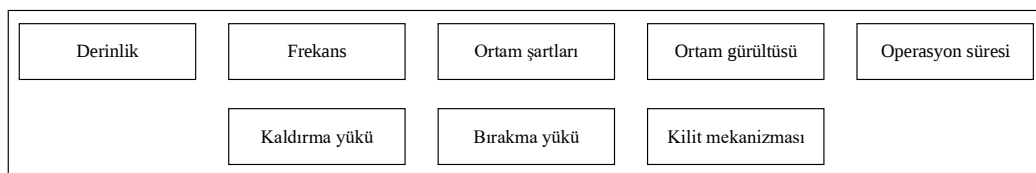
Tonoz yardımıyla, sabitlenmiş ekipmanın geri kazanımı için ASBS'nin ekipmanı tonozdan ayırmasıyla birlikte ekipmanın su içinde yükseliyor olması gerekmektedir. Ekipmanın su içinde yükselebilmesi için, ekipmanın içinde gerekli hava boşlukları olacak şekilde tasarlanması, bir balon sistemin ekipmana entegre edilmesi ya da ekipmanın bir şamandıra

ile birlikte kullanılması gerekmektedir [7]. Genelde ekipmanların kompakt yapıda olması talep edileceğinden, ASBS ve ekipmanın şamandıra ile birlikte kullanımı yaygındır. Yaygın olarak şamandıra ile birlikte kullanılan kullanılan bu cihazlar Çizelge 1.1. ile verilmiştir [8].

Çizelge 1.1. Şamandıra sistemleriyle kullanılan sualtı serbest bırakma sistemleri

Sistem	Uzunluk	Ağırlık	Deniz Suyunda Islak Ağırlığı (N)	Serbest Bırakma Yüğü (N)	Kaldırma Yüğü (N)	Derinlik Derecesi
Benthos						
875-TD	0,53	4,5	14	1.766	4.464	500
867-A	0,63	9	36	2.207	4.464	305
866-A	0,66	18	128	21.582	21.582	2.000
865A	0,96	33	245	49.050	49.050	12.000
865-H	1,26	154	1.265	221.706	260.946	12.000
Sonardyne						
ORT (Type 7409)	0,70	22	167	16.667	12.508	2.000
DORT (Type 7710)	0,70	22	167	16.667	12.508	6.000
EdgeTech						
SPORT MFE	0,63	4,2	9	2.453	6.377	400
SPORT LF	0,72	4,72	13	2.453	6.377	400
PORT MFE	0,69	9,1	35	2,453	9.810	3.500
PORT LF-SD	0,72	7,2	25	2.453	9.810	3.500
PORT LF	0,66	11,3	47	3.434	9.810	3,500
8242 XS	0,95	36	275	53.955	73.575	6.000

ASBS seçimi, Şekil 1.3. ile verildiği gibi su derinliği, frekans, serbest bırakma yükü, kaldırma yükü, kilit mekanizması, operasyon süresi, ortam gürültüsü ve ortam şartları (biyolojik kirlenme, çamur vb.) gibi birçok faktöre bağlıdır.



Şekil 1.3. ASBS seçim kriterleri

Örneğin, 5000-6000m derin suda konumlandırılacak, ortalama 2 yıl boyunca kullanılacak bir ASBS istenirse, büyük bir tonozu (1000kg veya daha fazla) kaldırabilen, güçlü bir alıcı-verici birimine sahip, batarya ömür süresi yüksek ASBS tercih edilmelidir. Derinliğe, kullanılacak halatın yüzdürme ve sürüklemesine bağlı olarak, ekipmanın yüzeye ulaşmasının bir saat kadar sürebileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca sualtı akıntıları var ise ekipman yüzeye ulaştığında, demirleme işleminin yapıldığı yerden 1-2km uzakta olabilir [9].

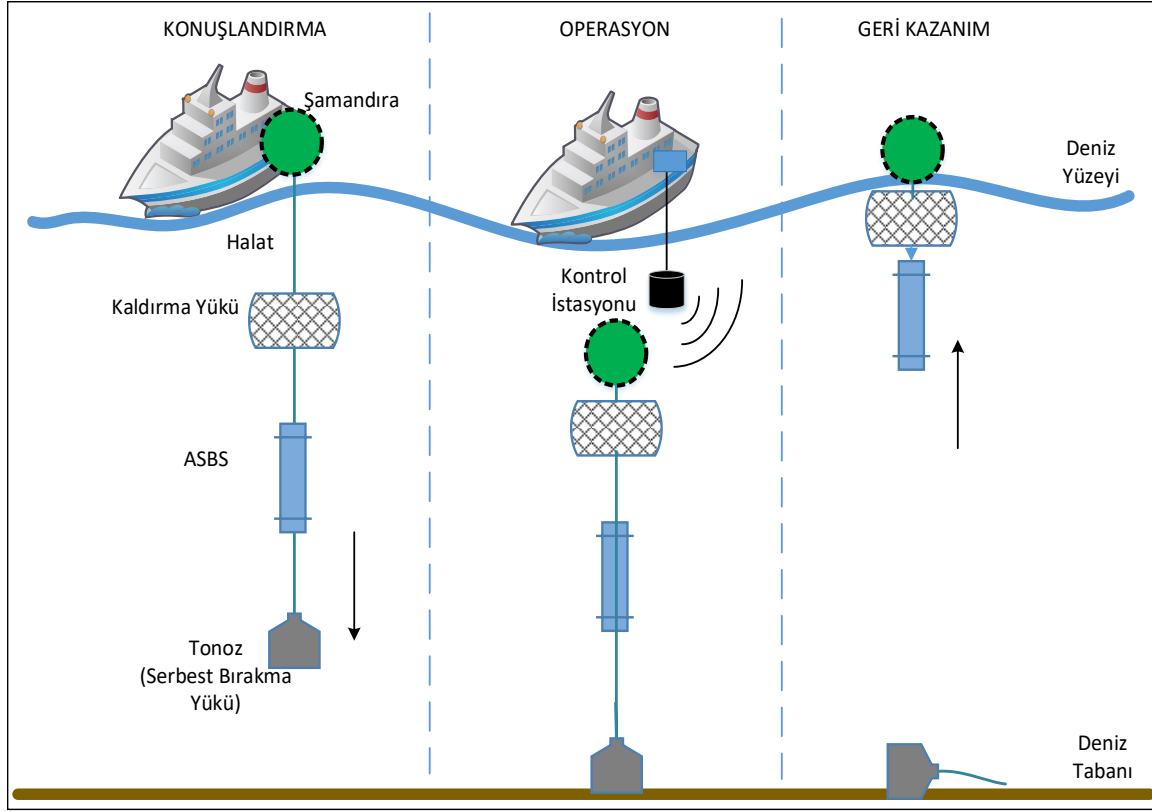
Şekil 1.4. ile verildiği gibi tipik bir ASBS; verici, alıcı, güç ünitesi ve tonozu serbest bırakmak için açılan bir mekanizmadan oluşur.



Şekil 1.4. Tipik bir ASBS

Şekil 1.5. ile verildiği gibi tipik bir ASBS'nin çalışma yöntemi aşağıda açıklanmıştır:

- Konuşlandırma aşaması: ASBS, ekipman ile birlikte deniz tabanına bırakılır. Ekipmanın batmasına ve ardından deniz tabanında sağlam bir şekilde kalmasına izin veren tonoz ağırlığıdır. ASBS'nin bir ucunda tonoz , diğer ucunda ekipman bağlıdır. Ekipmanın diğer ucuna, eğer ekipman serbest kaldığında su yüzeyine yükselemeyecek yapıda ise ekipmanı deniz tabanına dik tutan ve geri kazanım sonunda yüzeye dönmesini sağlayan şamandıra bağlanabilir. Uygun tonoz seçimi yapılarak, şamandıra su yüzeyinde ya da gizlilik amacıyla sualtında bırakılabilir.
- Operasyon aşaması: Ekipman ve tonoz deniz tabanındadır. Bu aşama, uygulamaya bağlı olarak dakikalar ile birkaç yıl arasında sürebilir.
- Geri kazanım aşaması: Bu aşama sırasında, kontrol istasyonu tarafından sesli bir komut verilir. Kontrol istasyonu genel olarak yüzer platform üzerinde konuşlandırılır. Komut, ASBS tarafından alındıktan ve doğrulandıktan sonra, ASBS tonoz ağırlığını düşüren bir kilit mekanizmasını harekete geçirir. Ekipman, artık şamandıra tarafından ya da kendi yapısı nedeniyle geri kazanım için yüzeye doğru yükselecektir.



Şekil 1.5. ASBS çalışma yöntemi

ASBS'ler 1960'larda derin okyanus akıntılarını, daha doğru gözlemlemek amacıyla ölçüm araçlarını gemi yerine deniz tabanına monte etmek için kullanılmıştır.

Ölçüm araçlarının ya da benzer cihazların geri kazanımı, yüzeyde bir şamandıra yardımıyla mümkündür, fakat gemi trafiğinin yoğun olduğu bölgelerde, şamandırayı gizlemek için ASBS kullanımı bir yöntemdir.

Günümüzde ASBS, oşinografi ve deniz aşırı çalışmalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Uygulamalar çeşitli enstrüman kurtarma işlemlerinden, kurtarma operasyonlarına kadar çeşitlilik gösterir. Daha yeni teknolojik gelişmeler, artık çok sayıda daha küçük cihazların kullanılmasına imkan vermektedir. Örneğin, Pflieger Çevre Araştırmaları Enstitüsü, Kaliforniya Kanal Adaları'ndaki balık göçlerinin izlenmesi için yerleştirilen 96 akustik alıcıdan oluşan dizinlerin geri kazanımı için ASBS kullanılmıştır [10].

Herhangi bir ASBS'nin en önemli bileşeni, kilit mekanizmasıdır. Tonoz hattına bağlı, kilit mekanizmasının işlevi, ekipmanı sualtında sabitleyen tonozu serbest bırakmak ve ekipmanın su yüzeyine hareket etmesini sağlamaktır. Kilit mekanizmalarının tasarım

amacı, yüksek güvenilirlikte, uygun bir yük kapasitesi sunmaktır. Kilit mekanizmaları, bileşenlerinin hareketini bozabilecek biyo-kirlenme veya korozyon nedeniyle başarısız olabilir. Tasarımcıların hareketli parçaların sayısını en aza indirmeleri gerekmektedir. Çizelge 1.2. ile farklı yöntemlerle açılan kilit mekanizmalarını karşılaştırma çizelgesi verilmiştir.

Çizelge 1.2. Kilit mekanizmaları karşılaştırma çizelgesi

Kilit Mekanizmaları	Avantajları	Dezavantajları	Örnek Ürünler
Motor Kilit mekanik hareketle açılır.	• Yük limit yüksektir. • Binlerce kilo ağırlık kaldırabilirler, • Az hareketli parça içerirler.	• Karmaşıktırlar, • Hacimlidirler.	• Benthos 865, • IXBLUE Acoustic Releases, • Sonardyne ORT, DORT ve LRT, ORE CART, ORE 8242
Eriyebilir Bağlantı Kilit bir telin eritilmesiyle açılır.	• Hızlı ve etkili • Basit	• Yük limiti vardır.	• Desert Star Systems ARC-1
Elektro Erozyon DC akım ile tel elektrolit olarak aşındırılır.	• Hareketli parça yoktur.	• Yük limit vardır, • İşlem uzun sürer, • Ortam koşullarına bağlıdır.	• Sub Sea Sonics AR-60

ASBS, uygulamalara özel seçilmelidir. Seçimde dikkat edilecek hususlar aşağıdaki gibidir:

- Akustik haberleşme menzili ve güvenilirliği: Akustik komut iletimleri, ASBS'lere akustik komut vermek için yapılır. Haberleşme menzili, ekipmana ulaşmak için yeterli olmalıdır. Konumlandırılan ASBS'lerin sayısı, güvenliği nedeniyle akustik komutlar, benzersiz tanımlayıcı kodlarla tanımlanır. Özellikle, ASBS, sığ su kullanımları için komut iletim sistemi, bir sinyali bozabilecek çok yollu yayılmaya (yankılar veya yankılar) karşı dayanıklı olmalıdır.
- Pil ömrü: ASBS'leri genellikle şarj edilebilir veya değiştirilebilir pillerle çalışır. Pil ömrü, öngörülen kullanım süresini karşılamak için yeterli olmalıdır. Uygulamaya bağlı olarak, pil ömrü birkaç hafta ile birkaç yıl arasında değişebilir.

- Kontrol istasyonu: ASBS'ler genellikle bir sonar transdüserinin bağı olduğu bir kontrol istasyonu tarafından kontrol edilir. Kontrol istasyonu, sonar transdüseri ile birlikte, transdüseri sürmek için transdüser elektroniği, güç kaynağı ve kullanıcı arayüzünden oluşur.
- Derinlik: ASBS, çalışma alanındaki su basıncına dayanmalıdır.
- Yük katsayısı: ASBS'ler, belirli bir azami yükü taşıyacak şekilde tasarlanmıştır. Daha büyük cihazların kullanımı genellikle daha büyük yükleri/ekipmanlar içindir.
- Arıza direnci: ASBS'ler için arıza modları hem uygulamaya hem de sahaya özgüdür. Örneğin paslanmaz çelik bileşenler, anoksik sularda çatlak korozyonuna maruz kalır. Sığ su alanlarında kullanılan ASBS'ler, tatlı veya derin suda kullanılanlardan daha fazla mekanizmaya engel olabilecek biyo-kirlenmeye maruz kalır. Sığ su bölgeleri de dalgalanma nedeniyle demirleme üzerinde mekanik kuvvetlere daha fazla maruz kalır.
- Değişken ve durum raporlama özelliği: Bazı ASBS'ler, uzak mesafe ve durum raporlama özelliği sunar. Tesise vardıktan sonra, belirli bir sürüm sorgulanabilir ve mesafesi belirlenebilir. Kalan pil kapasitesi veya ASBS'nin durumu gibi operasyonel parametreler de rapor edilebilir.

2. SİSTEM TASARIMI

Sualtı sistemlerinin, sualtı ya da su yüzeyinde sabitlenmesi ve gerektiğinde toplanması amacıyla, sağlam bir akustik serbest bırakma sistemi tasarlanmıştır.

Örneğin; gemi trafiğini dinlemek için bir sualtı dinleme cihazını, biyolojik kirlenmeyi ölçmek için algılayıcılarla donatılmış bir sistemi ya da sualtındaki doğal hayatı izlemek için bir kamera sistemini sualtında sabitlemek ya da gizlemek için kullanılabilir.

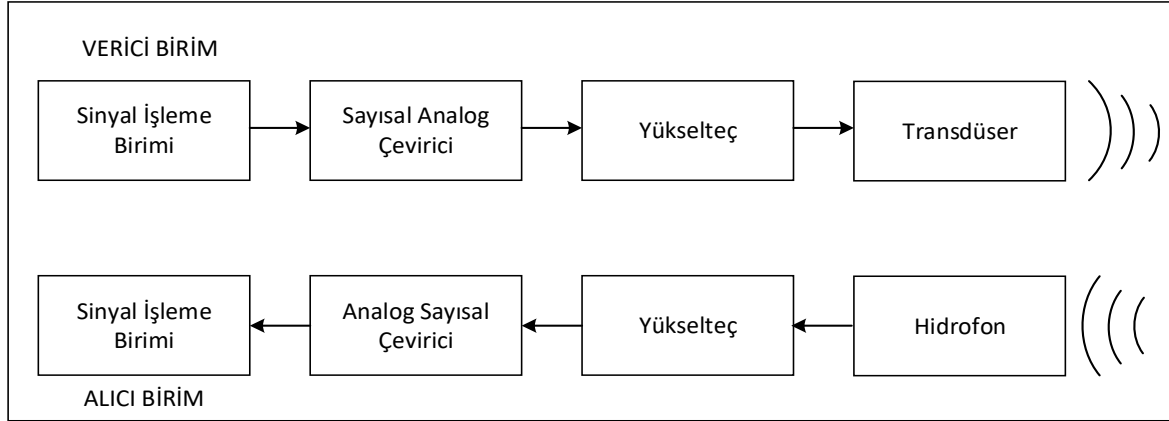
Bu çalışmada, piyasada ki ürünlerden farklı olarak herhangi motor sistemi kullanmadan, en az mekanik parça kullanarak, düşük güç tüketimine sahip bir selenoid yardımıyla, harekete geçirme kuvvetlerinin, selenoid armatürünün eksenine olan bir çizgi boyunca çalışmasını sağlayan bir tasarım gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada, ayrıca yeni sonar teknolojilerinde kullanılan, bir modülasyon tekniği olan darbe genişliği modülasyonu, iletim bilgilerini kodlamak için kullanılmıştır. Bu modülasyon türünün avantajı, açık veya kapalı şekilde anahtarlama esnasında güç kaybının çok düşük olmasıdır. Anahtar kapalı olduğunda pratik olarak hiç akım akıyor iken, anahtar açık olduğunda anahtar üzerindeki gerilim düşümü yok denecek kadar azdır.

ASBS, harici bir cihazdan belirli akustik sinyaller yayınlanarak aktive edilir. Serbest bırakma sistemi belirli akustik sinyali algılayarak, yüzeye yükselmek için bağlı olduğu tonu serbest bırakır. Bu yöntemde, serbest bırakma mekanizması için akustik sinyallerin kararlı bir şekilde algılanması esastır.

Bu çalışma temelinde sualtı haberleşme sistemini barındırmaktadır. Çalışma kapsamında alıcı ve verici birimlerin elektronik ve mekanik tasarımları, çizgi, şekil, renk, biçim, doku ve malzeme özellikleri dikkate alınarak gerçekleştirilecektir.

Şekil 2.1. ile bir sualtı haberleşme sisteminin genel blok şeması verilmiştir.



Şekil 2.1. Sualtı haberleşme sistemi

Bu çalışmada, ASBS alıcı birim, onu harekete geçiren Kontrol İstasyonu verici birim görevi görmektedir. Tasarlanacak ASBS ve Kontrol İstasyonu için üst seviye tasarım gereksinimleri aşağıda verilmiştir:

- Kontrol İstasyonu, ASBS'leri kontrol edebilmelidir.
- Kontrol İstasyonu, taşınabilir olmalıdır.
- ASBS, Kontrol İstasyonu'ndan gönderilen akustik sinyalleri algılayabilmelidir
- ASBS, taşınabilir olmalıdır.
- ASBS, 500m derinliğine kadar çalışabilmelidir.
- ASBS, 1000kg' a kadar yükü serbest bırakabilmelidir.

2.1. Kontrol İstasyonu

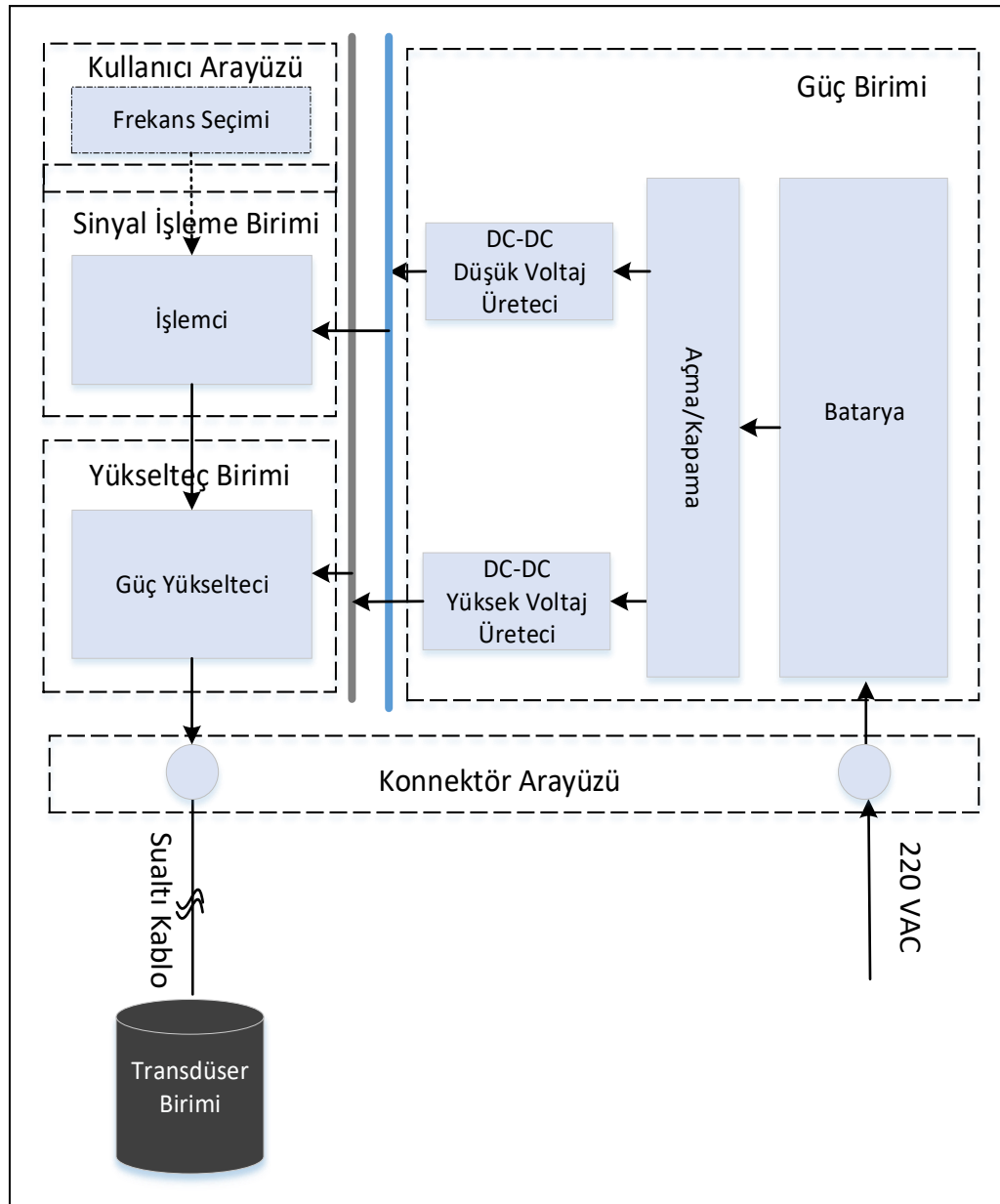
Kontrol İstasyonu, mekanik paketlenmesi yapılmış kullanıcı arayüzü, akustik olarak belirli bir formda sayısal sinyal üreten sinyal işleme birimi, sinyali kuvvetlendiren yükselteç birimi ile sayısal sinyalleri, analog ses dalgası şeklinde yayan transdüserden oluşmaktadır.

Kontrol İstasyonu aşağıdaki gereksinimleri sağlayacak tasarıma sahip olmalıdır:

- Kullanıcı Arayüzü, geri kazanımı planlanan ASBS'lerin seçimine imkan vermelidir.
- Kullanıcı Arayüzü, gösterge ve veri girişi sağlayan bir tuş takımına sahip olmalıdır.
- Sinyal İşleme Birimi, belirlenen frekanslarda sinyal üretebilmelidir.
- Sinyal İşleme Birimi tarafından üretilen sinyal, Kullanıcı Arayüzü Birimi'nden aldığı bilgiyi içermelidir.

- e) Yükselteç Birimi, üretilen sayısal sinyali kuvvetlendirebilmelidir.
- f) Transdüser Birimi, gelen sinyali akustik olarak yayınlatabilmelidir.
- g) Transdüser Birimi, 360 derece akustik yayılım yapabilmelidir.
- h) Transdüser Birimi, en az 3km mesafeden algılanabilecek ses sinyali üretebilmelidir.
- i) Güç Birimi, Kontrol İstasyonu'nu besleyecek enerjiye sahip olmalıdır.
- j) Güç Birimi, şarj edilebilir bataryaya sahip olmalıdır.
- k) Mekanik Birim, toz geçirmez ve güçlü su püskürtmesine karşı korumalı olmalıdır.

Kontrol İstasyonu'na ilişkin sistem mimarisi Şekil 2.2 ile verilmiştir.



Şekil 2.2. Kontrol istasyonu mimarisi

2.1.1. Kullanıcı arayüzü birimi

Kullanıcı arayüzü birimi, kontrolü sağlanacak ASBS'nin seçimi için kullanılacaktır. Kullanıcı arayüzü birimi gereksinimleri aşağıdaki verilmiştir:

- a) En az IP67 korumalı olmalıdır.
- b) Veri girişi ve gösterimine izin vermelidir.
- c) Mekanik kutuya monte edilebilir olmalıdır.

Kullanıcı arayüzü birimi için göstergesi olan bir tuş takımı seçilmiştir. Tuş takımı yardımı ile ASBS'ye ait biricik kimlik girişi yapılacaktır. Üretilebilecek kimlik adeti kadar ASBS kontrol edilebilir. Tek bir frekansla yayın yapılarak, üzerinde ASBS'yi belirleyecek kimlik bilgisi taşınabilir. Bu kimlik, üretilen sinyale sinyal işleme biriminde kodlanarak, transdüser birimi tarafından yayınlanacaktır. Bu çalışma kapsamında, tuş takımı olarak Resim 2.1. ile verilen donanım seçilmiştir [11].



Resim 2.1. “K-TEK-A134KP-LCD-DWP” marka/model ASBS seçim arayüzü

Alternatif tasarım olarak, geniş frekans bandı aralığına sahip transdüser seçilmesi durumunda, aynı transdüser ile farklı frekanslarda yayın yapabilir. Önceden belirlenmiş frekanslarda yayın için frekans seçici bir anahtar kullanılabilir. Bu durumda, ASBS tarafında, bant geçiren filtreler kullanılmalıdır. Bu filtreler sinyaller sayısala çevrildikten sonra uygulanmalıdır.

2.1.2. Sinyal işleme birimi

Bütün kontrol işlemlerinin yapıldığı ve sinyallerin üretildiği alt birimdir. Bu birimde bir mikroişlemci ya da tek kartlı bilgisayar kullanılabilir. Sinyal İşleme Birimi, gereksinimleri aşağıda verilmiştir:

- a) Sinyal İşleme Birimi'nin programlanabilme özelliği olmalıdır.
- b) Sinyal İşleme Birimi'nin PWM modülü olmalıdır.

Bu çalışma kapsamında, Sinyal İşleme Birimi olarak Microchip Technology firmasının PIC16F1788 28-Pin 8-Bit Advanced Analog Flash Microcontroller entegresi kullanılmıştır [12].

PWM, üretilecek olan darbelerin genişlikleri kontrol ederek, çıkışta üretilmek istenen analog elektriksel sinyalin elde edilmesi tekniğidir. Darbe genişlik modülasyonu, gerilimin sürekli ya da kesik olduğu sürelerin ayarlanmasıyla yapılır. PWM tekniğinde belirli frekansta üretilen sinyallerin “1” değerinde kalma süresi ile etkin değerleri de değişmektedir.

Sinyali kodlamak için kısa ve uzun işaretlerden oluşan MORS alfabesi kullanılacaktır. Tuş takımı ile girilen her bir karakter kısa ve uzun işaretler ile sembolize edilecektir. Tuş takımı ile girilen karakter dizini, harekete geçirilecek olan ASBS'nin kimlik bilgisidir. Bu bilgi MORS alfabesinde kodlanarak, PWM ile akustik sinyaller üretilcektir [13].

Alternatif tasarım olarak, Windows işletim sistemi üzerinde çalışan, Intel işlemciye ve Arduino yardımcı işlemcisi sahip bir geliştirme kartı olan, LattePanda tek kartlı bilgisayar donanımı tercih edilebilir [14]. Ardunio yardımcı işlemcisinde de PWM tekniği kullanılabilmektedir.

2.1.3. Yükselteç birimi

Yükselteç Birimi, Sinyal İşleme Birimi'nden aldığı akustik sinyallerini yükselterek transdüser tarafından ortama yayılmaya uygun hale getirir. Yükselteç Birimi, güç çevrim veriminin yüksek olması açısından tam köprü mimarisinde olmalıdır.

Tam köprü güç yükselticileri kare dalga ve/veya PWM için uygun olan anahtarlamalı güç yükselteçlerdir. Tam Köprü yükselteci uygun fazlarda sürülerek aynı anda anahtarlanan, anahtar görevi gören MOSFET ve onların sürücülerinden oluşur. Sürücülerin ve MOSFET'lerin PWM taşıyıcı frekansında çalışabilecek şekilde seçilmesi gerekir.

Bu çalışma kapsamında üreticisi INFINEON olan, IR2302SPBF [15] parça numaralı yüksek voltajlı, yüksek hızlı sürücüler ve üreticisi STMicroelectronics olan STD5N20LT4 parça numaralı [16] MOSFET'ler kullanılacaktır.

Tam köprü güç yükselticiler dikkatli tasarlandıklarında çok verimli çalışabilirler. Başlangıç olarak güç tahmini yapabilmek için %90 verimlilik değeri kullanılacaktır.

Yükselteç birimi ile transdüser birimi arasında empedans uyumlandırması amacı ile bir empedans uyumlandırıcı kullanılabilir. Empedans uyumlandırıcı pasif komponentlerden oluştuğu için anlamlı bir güç tüketimi olmaz. Empedans uyumlandırıcı aşağıdaki fonksiyonları içermelidir:

- a) PWM için bant geçiren filtre olma özelliği,
- b) Transdüser giden voltajı daha da arttırmak için bir transformatör,
- c) Transdüser kapasitansını gidermek için bir endüktans.

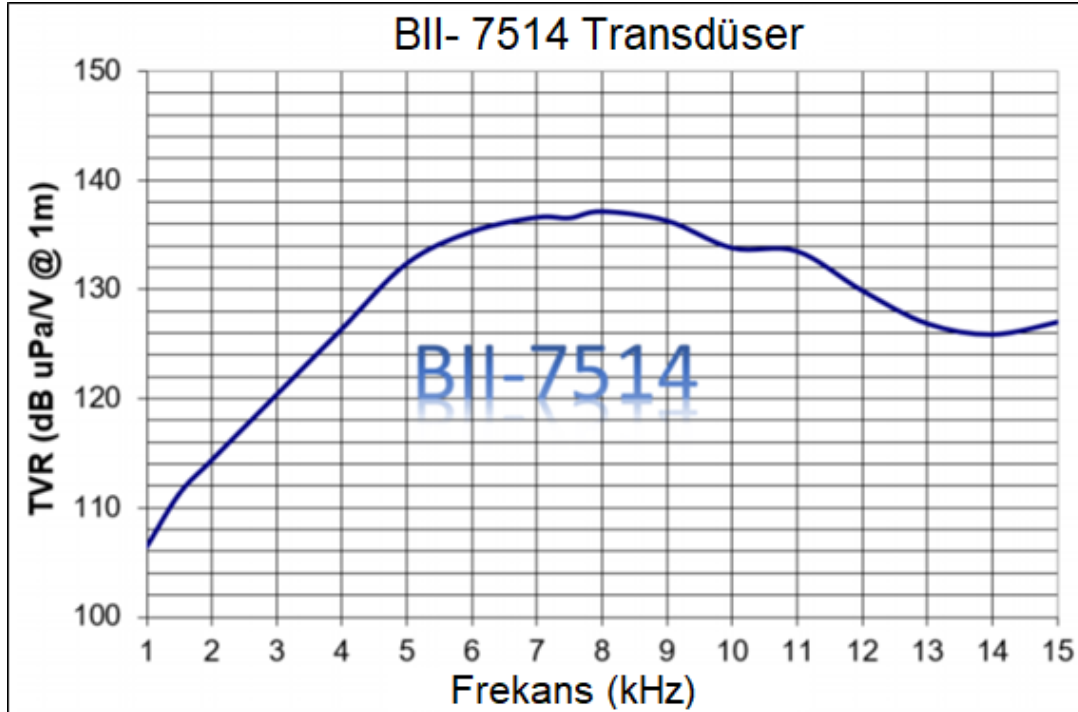
2.1.4. Transdüser birimi

Trandüser Birimi, aldığı elektrik enerjisini akustik enerjiye yani ses dalgasına dönüştüren birimdir. Çalışma kapsamında, transdüser biriminin temel gereksinimleri aşağıdaki gibi olmalıdır:

- a) Akustik yayını 8-15 kHz arasında yapılabilmelidir.
- b) Transdüser, en az 50 m derinlikte çalışabilmelidir..
- c) Transdüserin TVR değeri, 140 dB re 1 μ PA / 1V @ 1m değerinden yüksek olmalıdır.

Bu gereksinimleri karşılayan transdüserler Benthowave, Teledyne Reson, Neptun vb. üretici firmalardan tedarik edilebilir. Çalışma kapsamında Benthowave firmasının BII-

7514 parça numaralı ürünü seçilmiştir. Ürüne ilişkin TVR grafiği Şekil 2.3. ile görsel Resim 2.2. ile verilmiştir [17].



Şekil 2.3. “Benthowave BII-7514” marka/model transdüser TVR grafiği.

Şekil 2.3. ile verildiği gibi transdüser en iyi performansını yaklaşık olarak 138 dB’de 8kHz seviyesinde göstermektedir. 5kHz altında transdüser performansı düşmektedir. Transdüserin verimli çalışma frekansları, Şekil 2.3.’ e göre 5kHz-11kHz arasındadır. Çalışma kapsamında, en iyi performans seviyesi olan 8kHz frekansında yayın yapılacaktır.



Resim 2.2. “Benthowave BII-7514” marka/model serbest asılı transdüser

Transdüser Birimi'ne ilişkin teknik özellikler Çizelge 2.1. ile verilmiştir [17].

Çizelge 2.1. Transdüser birimi teknik özellikleri

Teknik Özellikler	Bilgi
Parça Numarası	BII-7514
Rezonans Frekansı	8 kHz
Kalite Faktörü	1,2
TVR (İletim Voltaj Cevabı)	137,0 dB $\mu\text{Pa}/\text{V}@1\text{m} @ \text{fs}$
Serbest Alan Voltaj Hassasiyeti	-180,0 dB $\text{V}/\mu\text{Pa} @ \text{fs}$
-3dB Işın Genişliği	YatayxDikey = Tüm x Tüm.
Işın Örüntü	Silindirik
Empedans	G = 0,485 mS at 8 kHz, B = 3,213 mS at 8 kHz
Maksimum Giriş Darbe Gücü	240 Watt
Maksimum Darbe Genişliği	120 Saniye
Maksimum Sürekli Giriş Gücü	130 Watt
Kablo	1. Korumalı Kablo 2. Tel / Kablo Demeti
Kablo Uzunluğu	Talep üzerine hazırlanıyor
Konnektör	1. Varsayılan: Açık Uçlu Kablo 2. Sualtı Eşleşebilir Konnektör 3. MIL-5015 Konnektör 4. Özel Tasarım
Montaj Opsiyonları	1. Varsayılan: Serbest Asılı 2. Tek O-ring ile Delikten Montaj 3. Çift O-ringli Delikli Montaj 4. Civata Bağlantı Elemanı (paslanmaz çelik) 5. Son Yüze Montaj 6. Delikten Montaj + Serbest Asılı
Maksimum Çalışma Derinliği	400m (Kablo uzunluğu ile sınırlıdır.)
Çalışma Sıcaklığı	-10 ila +60°C
Depolama Sıcaklığı	-20 ila +60°C
Boyut (çap × yükseklik)	Ø114 × 53mm

Çalışma kapsamında, Transdüser Birimi'nde kullanılan konnektörün karşılığı ile sonlandırılmış serbest asılı, yaklaşık 50 m kablo uzunluğunda bir transdüser birimi seçilmiştir.

2.1.5. Güç birimi

Kontrol İstasyonu'nda yer alan birimlere enerji sağlayan birimdir. Birime ilişkin gereksinimler aşağıda verilmiştir:

- a) Güç Birimi, şarj edilebilir bir bataryaya sahip olmalıdır.
- b) Güç Birimi, şarj edilebilmesi için batarya şarj arayüzüne sahip olmalıdır.
- c) Güç Birimi, Kontrol İstasyonu'na regüle edilmiş düşük voltaj sağlamalıdır.
- d) Güç Birimi, Yükselteç Birimi'ne yüksek voltaj sağlamalıdır.

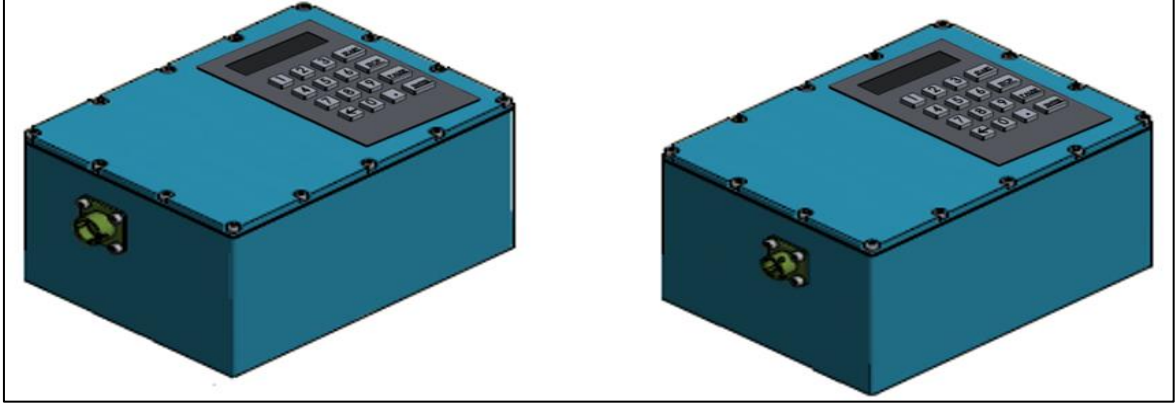
Güç Birimi, aşağıdaki alt birimlerden oluşmaktadır:

- Şarj Edilebilir Batarya: Kontrol İstasyonu şarj edilebilen bir batarya içerecektir. Batarya kapasitesi Kontrol İstasyonu tarafından çekilecek toplam enerjiye göre hesaplanacaktır. Batarya kimyası olarak Lityum Demir Fosfat bir batarya kullanılması uygun bulunmuştur. Kontrol istasyonunda bataryayı elektroniğe bağlayan açma/kapama anahtarı olacaktır.
- Batarya Şarj Arayüzü: Şarj arayüzü, şarj konnektörü ile batarya arasında yer alır. Bataryanın şarj devresi, şarj cihazı içinde olacaktır.
- DC-DC Düşük Voltaj Regülatörü: Batarya voltajından sistem elektroniklerinin ihtiyaç duyduğu 5V ve/veya 3.3V regüle edilmiş voltajları üretir. Çalışma kapsamında, düşük voltaj regülatörü olarak Texas Instruments firmasının LMR23630 parça kodlu entegresi kullanılabilecektir [18].
- DC-DC Yüksek Voltaj Regülatörü: Yükselteç Birimi'nin ihtiyaç duyduğu yüksek voltajı üretecektir. Çalışma kapsamında, Texas Instruments firmasının LM5002 parça numaralı “switch mode“ regülatörü, ihtiyaç duyulan yüksek gerilimi batarya geriliminden üretmek için seçilmiştir [19].

2.1.6. Mekanik birim

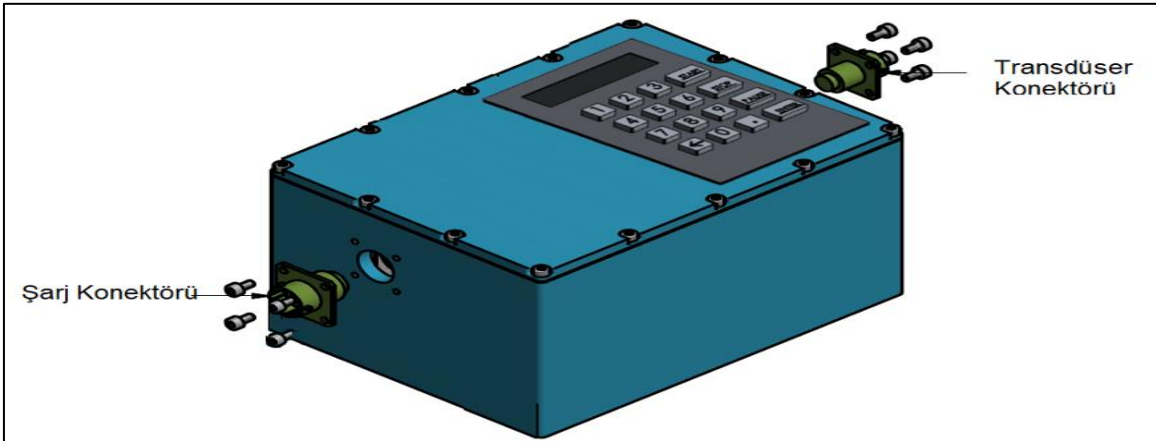
Kontrol İstasyonu'nu taşıyacak mekanik birim Şekil 2.4. ile gösterilmiştir. Çalışma kapsamında, mekanik üretim için malzeme alüminyum olarak seçilmiştir. Kutu gövdesi ile kapak arasında EMI/EMC contası bulunacaktır. Kutu üzerindeki konnektörler yanlış

bağlantıya imkan vermeyecek şekilde seçilecektir. Kontrol İstasyonu kutusu konnektörleri, MIL-DTL-38999 Seri II tip konnektörlerden seçilecektir.



Şekil 2.4. Mekanik birim görünüş

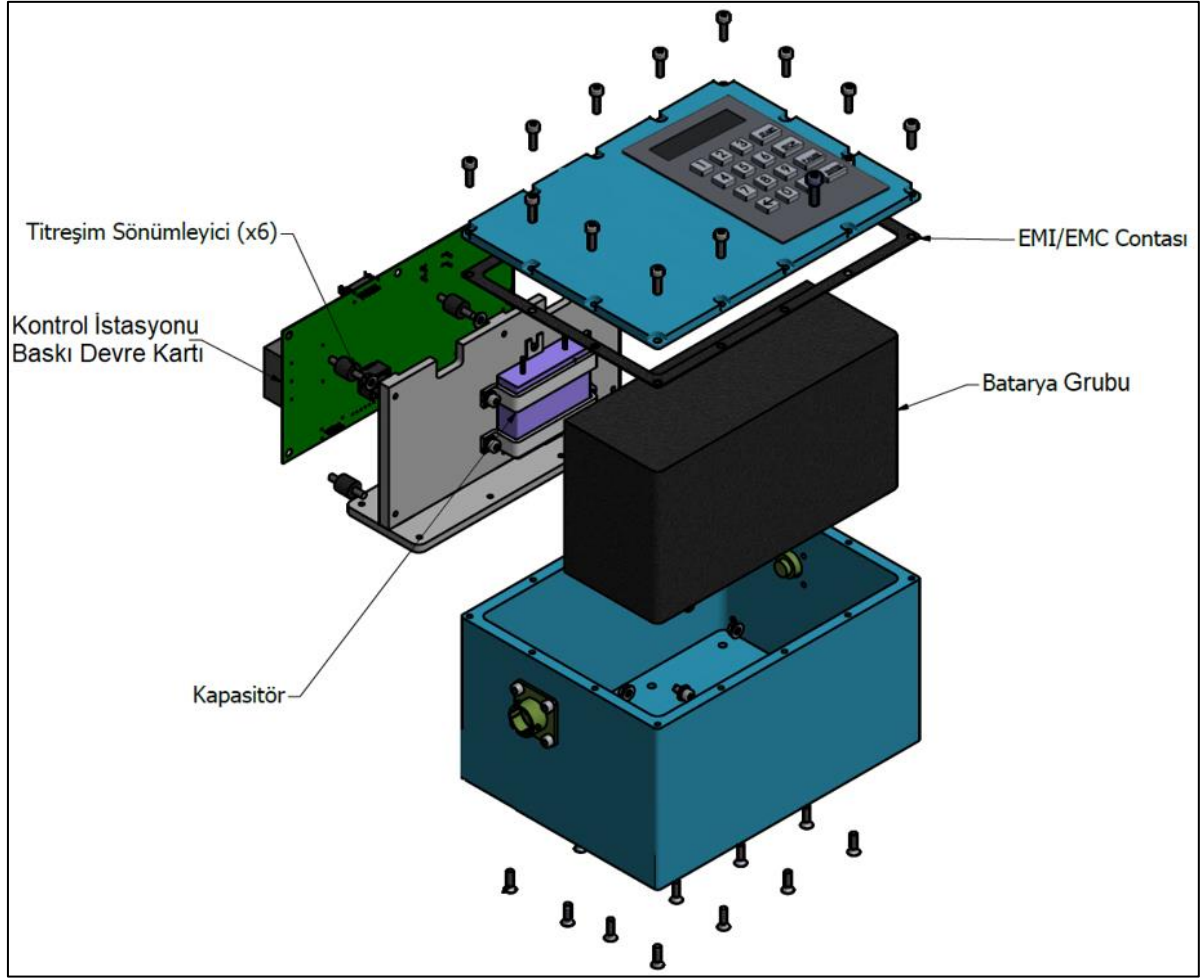
Kutu üzerindeki konnektörler, Şekil 2.5. ile verilmiştir.



Şekil 2.5. Mekanik birim konnektörler

Kutu üzerinde 1 adet transdüser konnektörü, 1 adet şarj konnektörü olmak üzere 2 adet konnektör bulunacaktır. Kutunun üst yüzeyinde kullanıcı arayüzü için tuş takımı ve gösterge yer alacaktır.

Kutu içerisine yerleştirilecek elektronikler (baskı devre kartı ve kapasitör) kart tutucu üzerinde bulunacaktır. Kart tutucunun yanında batarya grubu yer alacaktır. Baskı devre kartının tutucuya montajı titreşim sönümleyiciler ile yapılmalıdır. Kart tutucunun diğer tarafına kapasitör bağlanacaktır. Kapasitör kart tutucuya 2 adet braket ile bağlanacaktır. Kart tutucu ve batarya grubu bağlantıları Şekil 2.6. ile verilmiştir.



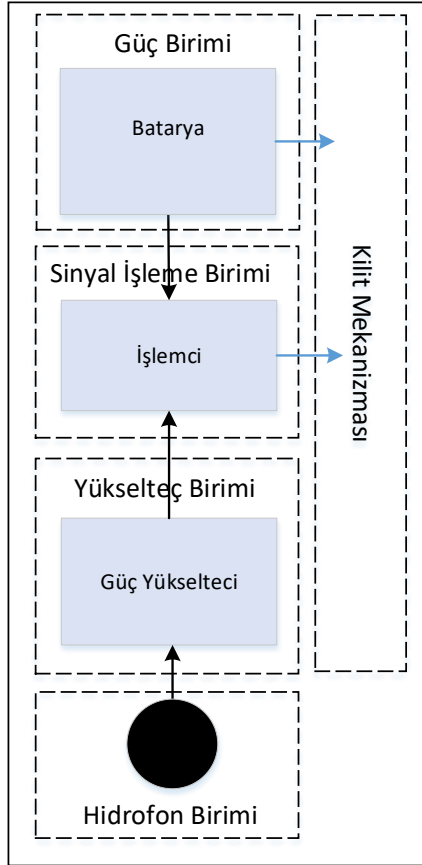
Şekil 2.6. Batarya ve kart tutucu yerleşimi

2.2. Akustik Serbest Bırakma Sistemi (ASBS)

Kontrol İstasyonu tarafından yayılan akustik sinyallerin karakteristiğine uygun akustik dinleme yapan, doğru sinyalde kilit mekanizmasını harekete geçiren birimdir. ASBS, aşağıdaki gereksinimleri sağlamalıdır:

- ASBS, Kontrol İstasyonu'nun yayın yaptığı frekansı dinlemelidir.
- Her bir ASBS, biricik kimlik numarasına sahip olmalıdır.
- ASBS, dinlediği frekanstaki gelen bilgiden kimlik numarasını ayrıştırabilmelidir.
- ASBS, gelen bilgi, kendi kimlik numarası ile eş ise kilit mekanizmasını harekete geçirebilmelidir.

ASBS, Şekil 2.7. ile verildiği gibi hidrofon, sinyal işleme birimi, güç birimi, kilit mekanizması ve bütün bunları taşıyan gövdeden oluşur.



Şekil 2.7. ASBS Mimarisi

2.2.1. Hidrofon birimi

Kontrol İstasyonu'nun yayınladığı akustik sinyalleri almak için kullanılır. Her ASBS, 1 adet hidrofona sahip olacaktır. Hidrofon, ses (basınç) dalgalarını, elektriksel uyarılar haline dönüştürür. Hidrofon Birimi'ne ilişkin gereksinimler aşağıda verilmiştir:

- Hidrofon, takılıp sökülebilir özellikte olmalıdır.
- Hidrofonun bağlantı noktası sızdırmaz olmalıdır.
- Hidrofon, akustik olarak her yönden eşit alış yapabilmelidir.
- Hidrofon, Kontrol İstasyonunun yayın frekansında dinleme yapabilmelidir.
- Hidrofon, en az 60 bar basınca dayanıklı olmalıdır.

Bu gereksinimleri karşılayan hidrofonlar Teledyne Reson, Benthowave , Neptun vb. üretici firmalardan tedarik edilebilir. Çalışma kapsamında, Teledyne Reson firmasının TC4037 parça numaralı ürünü önerilmiştir. Ürün teknik özellikleri ve sağladığı sızdırmaz montaj desteği ile öne çıkmaktadır. Ürünün görseli Resim 2.3. ile verilmiştir [20].



Resim 2.3. “RESON TC0347” marka/model hidrofon birimi

Ürüne ilişkin teknik özellikler Çizelge 2.2. ile verilmiştir [20].

Çizelge 2.2. Hidrofon birimi teknik özellikleri

Teknik Özellikler	Bilgi
Parça Numarası	TC047
Kullanılabilir Frekans Aralığı	1Hz - 100kHz
Doğrusal Frekans Aralığı	1Hz - 50kHz $\pm$ 3dB
Nominal Alma Hassasiyeti	-193dB 250Hz'de 1V / μ Pa (0dB ön yükselteç ile) 137.0 dB μ Pa/V@1m @ fs
Yönlülük, Yatay Düzlem	Çok yönlü 40kHz'de $\pm$ 2dB
Dikey Düzlem	40kHz'de 270 ° $\pm$ 3dB
Nominal Kapasitans	2 x 4,5 nF
Kaçak Direnç	$\geq$ 1G ohm
Maksimum Çalışma Derinliği	1500m
Çalışma Sıcaklığı	-2 ila +55°C (ön yükselteç ile)
Depolama Sıcaklığı	-40 ila +80°C

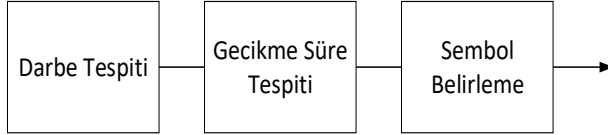
2.2.2. Yükselteç birimi

Yükselteç birimi hidrofon tarafından alınan sinyallerin yükseltilmesi işlemini gerçekleştirmektedir. Çalışma kapsamında, yükseltme işlemi için 1-2-4-8-16-32-64-128-256-512-1024-2048-4096 kat kazançlarını uygulayabilen LTC6915 entegresi

kullanılacaktır [21]. Bu şekilde hidrofon tarafından algılanan çok düşük seviyelerdeki sinyallerinde analog sayısal çevirici tarafından örneklenebilmesi sağlanabilecektir.

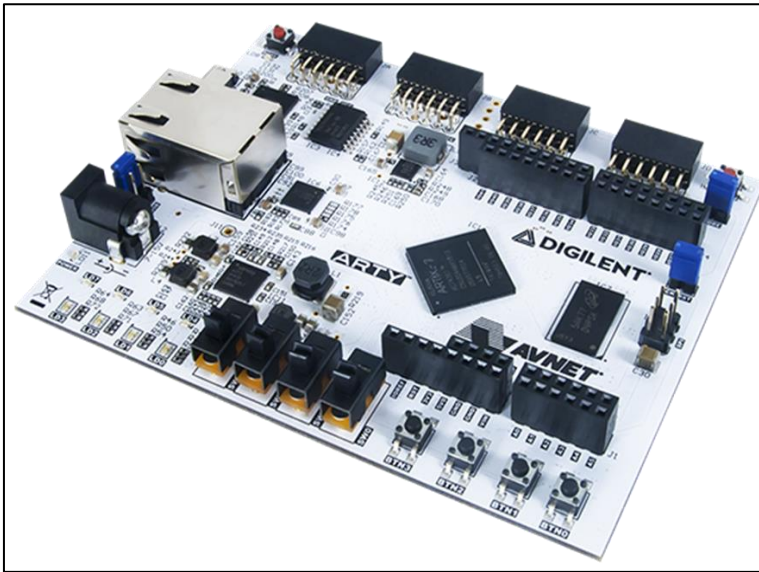
2.2.3. Sinyal işleme birimi

Sinyal İşleme Birimi işlevsel mimarisi Şekil 2.8. ile verilmiştir. Hidrofon tarafından algılanan sinyaller Sinyal İşleme Birimi'nde ilgili akustik sinyal frekansına ait darbe tespiti işlemlerini gerçekleştirir. 1 sn içerisindeki toplam darbe tespitleri arasındaki gecikmeler hesaplanır. Hesaplar sonucunda elde edilen veriler kullanılarak verici tarafından gönderilen sembol tespiti gerçekleştirilir.



Şekil 2.8. Sinyal işleme birimi işlevsel mimarisi

Sinyal İşleme Birimi olarak akustik sinyal işleme yazılımlarının çalıştığı FPGA donanımı kullanılabilir. Çalışma kapsamında, Sinyal İşleme Birimi olarak, maliyeti düşük, hızlı, enerji tüketimi çok az, yoğun hesaplama gerektiren Linux tabanlı sistemlerden, hafif mikrodenetleyici uygulamalara kadar kullanım sahası olan Resim 2.4. ile verilen Xilinx Artix-7 35T FPGA seçilmiştir [22].



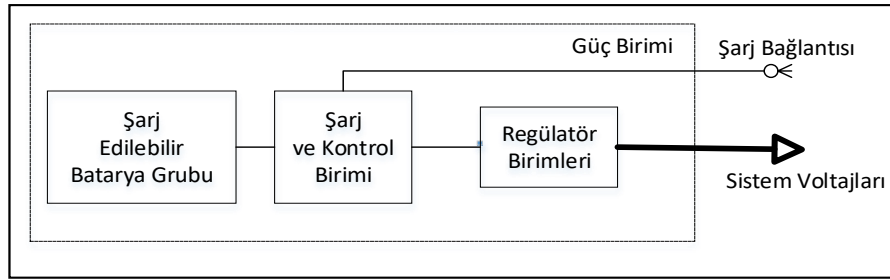
Resim 2.4. “Xilinx Artix-7 35T FPGA” marka/model sinyal işleme birimi FPGA kartı.

2.2.4. Güç birimi

Güç Birimi, ASBS'nin güç ihtiyacını karşılayacaktır. Güç Birimi, Sinyal İşleme Birimi'ni, Yükselteç Birimi'ni ve Kilit Mekanizması'ndaki bobin sarımı olan selenoidi besleyecektir. Güç Birimi'ne ilişkin gereksinimler aşağıda verilmiştir:

- Güç Birimi, şarj edilebilir bir bataryaya sahip olmalıdır.
- Güç Birimi, şarj edilebilmesi için batarya şarj arayüzüne sahip olmalıdır.
- Güç Birimi, ASBS'ye regüle edilmiş düşük voltaj sağlamalıdır.

Şekil 2.9. ile Güç Birimi mimarisi verilmiştir.



Şekil 2.9. Güç birimi mimarisi

Bataryalar, şarj edilebilir tipte bataryalardır. Bataryalar, şamandıranın su geçirmez bölmesinde yer almaktadır. Batarya kimyası Lityum Demir Fosfat batarya olarak belirlenmiştir. Bu batarya tipi, hafif olması, yüksek enerji yoğunluğuna sahip olması, yüksek yeniden şarj etme sayısı ve güvenli olmaları nedeniyle tercih edilmiştir.

Regülatörler, Kontrol İstasyonu içerisinde kullanılacak sistem voltajlarını sağlayacak, çeviriciler ya da gerilim bölücüler olabilecektir.

Mekanik kutu içerisinde bir şarj konnektörü yer alacaktır. Şarj konnektörü kullanılmazken, bir koruyucu kapak ile kapatılmalıdır.

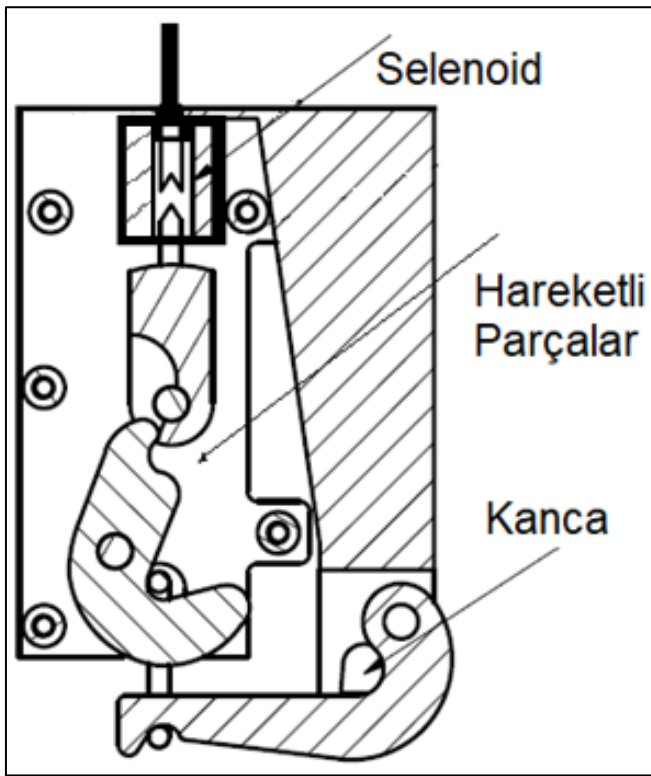
2.2.5. Kilit mekanizması ve gövde

Kilit Mekanizması, Sinyal İşleme Birimi'nden kontrol edilen itme çekmeli selenoid, hareketli parçalar ve sistemin bağlı olduğu taşıma yükünü geri kazanım için tonozla bağlı

olan bir kanca grubudur. Kilit Mekanizması'nın aşağıdaki gereksinimleri sağlaması gereklidir:

- a) Bağlı olduğu tonoz yükünü taşıyabilmelidir.
- b) Güç tüketimi az olmalıdır.
- c) Tekrar tekrar kurulabilmelidir.

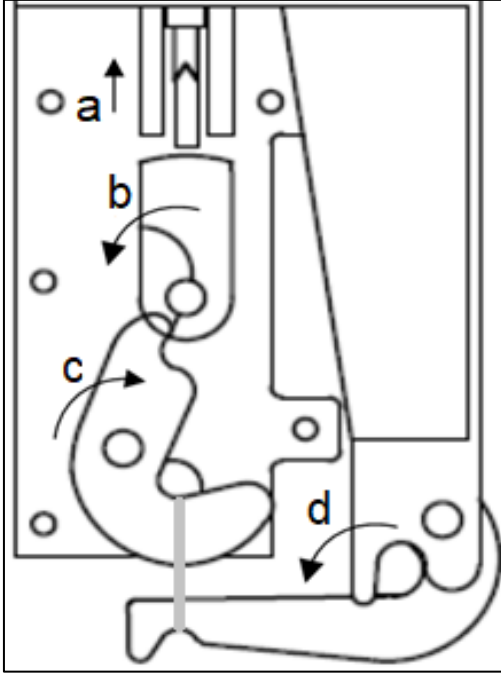
Kilit Mekanizmasının şematik gösterimi Şekil 2.10. ile verilmiştir.



Şekil 2.10. Kilit mekanizması şematik gösterim

Kilit Mekanizması, Şekil 2.11. ile verilen prensip ile çalışır:

- a) Mekanizmaya elektrik verilmesi durumunda selenoid içerisinde bulunan mil yukarı doğru hareket eder.
- b) İçerisinde bulunan milin çıkması ile durdurucu parça saat yönünün tersine döner.
- c) Kanca parçası önündeki serbest haldeki engeli saat yönünde çevirerek hareket ettirir. Kanca üzerindeki halka serbest kalır.
- d) Tonoz birimini tutan parça, kanca parçasının serbest kalması ile tonoz karabinasını serbest bırakır.

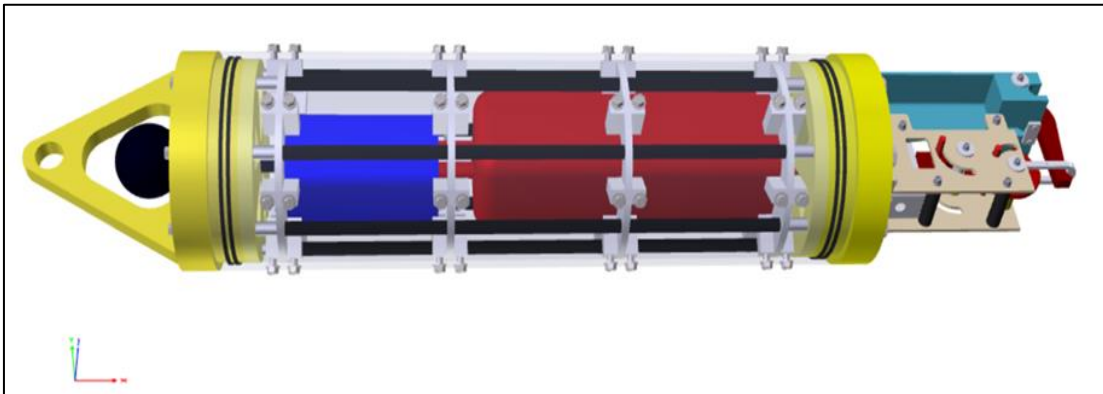


Şekil 2.11. Kilit mekanizması çalışma prensibi

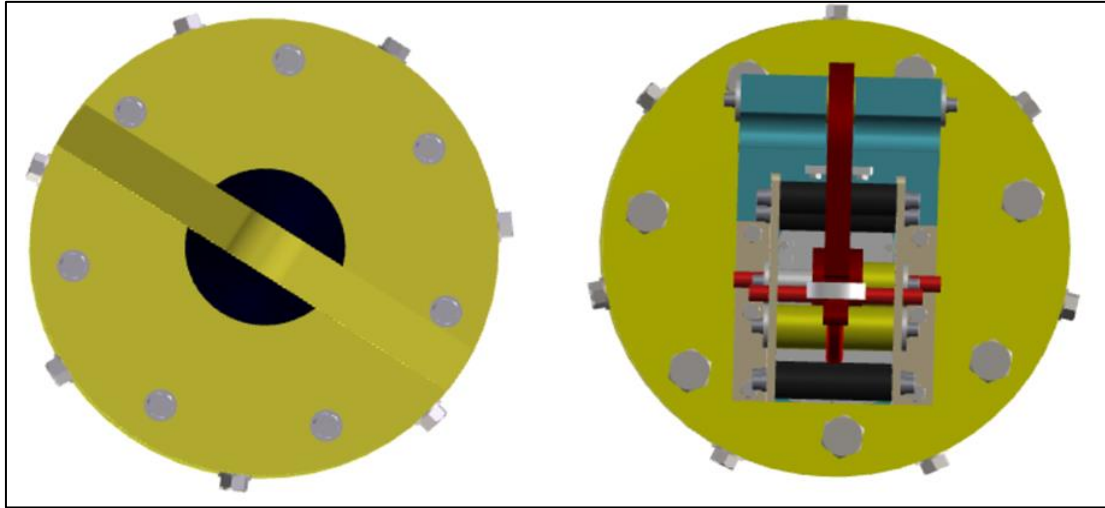
ASBS'nin gövdesi aşağıdaki gereksinimleri sağlamalıdır:

- a) Gövde, elektronik ve güç birimlerini içine almalıdır.
- b) Gövdenin, kilit mekanizması ile elektriksel ve mekanik arayüzleri olmalıdır.
- c) Gövde en az 500 m sualtı basıncına dayanıklı olmalıdır.
- d) Gövdenin üst kısmında taşıma mapası bulunmalıdır.

ASBS içinde yer alan elektronik ve güç birimlerini içine alan gövde ile üst kısmında bulunan taşıma mapası ve alt kısımda bulunan kilit mekanizmasının genel görünümü Şekil 2.12., üstten ve alttan görünümü ise Şekil 2.13. ile verilmiştir.



Şekil 2.12. ASBS tasarımı genel görünümü



Şekil 2.13. ASBS tasarımının üst ve alt görünümleri

ASBS mekanik tasarımı, SOLIDWORKS yardımıyla bilgisayar destekli tasarım modeli oluşturulmuştur. SOLIDWORKS Simulation programı kullanılarak gövde, taşıma mapası ve kilit mekanizmasına yapısal analiz uygulanmıştır. Yapılan analizler ile tasarımın dayanıklılığı ve malzeme seçiminin uygunluğu değerlendirilmiştir.

3. SİSTEM ANALİZLERİ

3.1. Karar Analizleri

3.1.1. Malzeme seçimi

Kontrol İstasyonu ve ASBS'nin tüm mekanik yapılarında alüminyum malzemesi kullanılacaktır. Doğada saf halde bulunan alüminyumlar, alaşım elementlerine bağlı olarak malzemeye farklı elektriksel, mekaniksel, fiziksel ve kimyasal özellikler katabilmek için alüminyum alaşım haline getirilirler. Döküm alüminyum alaşımlarına, silisyumdan başka magnezyum katılarak çökeltme yolu ile sertleştirilebilen ve deniz suyunun korozif etkilerine dirençli alaşımlar elde edilir [23].

Amerikan alüminyum birliğine göre yapılan sınıflandırmada “5XXX” Al-Mg alaşımları deniz suyu korozyonuna karşı direnci yüksek olduğundan, bu ortamda çalışacak yapıların imalatında kullanılmaktadır. Bu alaşımlarda, esas alaşım elementi magnezyumdur. Magnezyum oranı arttıkça sertlik ve mukavemet artar fakat süneklik azalır [24]. 5XXX serisinden Al 5083 HX6 malzemesi kullanılacaktır. Al 5083, kaynak kabiliyeti yüksek, deniz suyuna korozyon dayanımı çok iyi, yorulma dayanımı yüksek, yumuşak temper formunda soğuk şekillendirilebilirlik özelliği iyi, ince ve karışık parçaların ekstrüzyonu zor bir malzemedir.

Malzemeye ilişkin mekanik karakteristikler Çizelge 3.1. [25] ile verilmiştir.

Çizelge 3.1. AL 5083 mekanik karakteristikleri

Temper	Akma Mukavemeti (MPa) en az-en fazla	Çekme Mukavemeti (MPa) en az-en fazla	Uzama (%50) en az-en fazla	Sertlik (HB) en az-en fazla
O/H111	125-145	275-300	22	70-75
HX2	205-240	310-330	16	85-90
HX4	270-275	340-360	14	100
HX6	305	380	9	105
HX8	335	400	8	110
HX9	370	420	0-5	115

3.1.2. Batarya seçimi

Çalışma kapsamında ASBS ve Kontrol İstasyonu'nun ayrı ayrı batarya grubuna ihtiyacı vardır. Kullanılacak batarya yeniden doldurulabilir türden bir batarya olmalıdır. Yeniden doldurulabilir bataryaya ilişkin gereksinimler aşağıdaki verilmiştir:

- a) Bataryanın, düşük kendiliğinden deşarj olma özelliğinde olması gerekir. Bir çok yeniden doldurulabilir batarya türü, ayda %10-30 gibi yüksek oranda kendiliğinden deşarj olur. Operasyonel ömrü boyunca batarya kapasitesinin makul ölçülerde tutulabilmesi için kendiliğinden deşarj miktarının az olması gerekir.
- b) Batarya, yüksek sayıda yeniden doldurulabilmelidir.
- c) Batarya, kapasitesinin büyük oranında deşarj edilebilmelidir. Bazı batarya türleri, tamamen deşarj edildiğinde yeniden doldurulabilme özelliklerini kaybederler.
- d) Bataryanın, şarj süresinin kısa olması tercih edilir.
- e) Batarya, gerektiğinde tam deşarj olmadan da şarj olabilmelidir. Bazı batarya türleri, tam deşarj edilmeden şarj edildiklerinde kapasitelerinin bir bölümünü kaybederler.
- f) Bataryanın, depolama sırasında bakım maliyetlerinin düşük olması gerekir.

Piyasada çeşitli amaçlarda ve özelliklerde değişik yeniden doldurulabilir batarya türleri bulunmaktadır. Aşağıda yeniden doldurulabilir batarya türlerine ilişkin özellikler verilmiştir.

Kurşun-Asit bataryalar

Kurşun-Asit bataryaların ideal kullanım alanları, sürekli veya sık şarj altında tutuldukları uygulamalardır. Batarya tamamen deşarj edildiğinde elektrot malzemesi bozulur ve tekrar kullanımı zorlaşır. Batarya bir yıl içinde %40 oranında deşarj olduğundan, depolama şartlarında en az yılda bir kez tam şarj edilmesi gerekir. Görev esnasında batarya şarjının en fazla %70'inin kullanılabilir olduğu varsayılabilir. Batarya kapasitesi bu orana göre arttırılmalıdır. Kendiliğinden deşarj oranını da dikkate alındığında, 3000 saat (4 ay) görev süresince, batarya şarjının %15-20 kadarını kendiliğinden deşarj yoluyla kaybeder, batarya kapasitesi bu oranla arttırılmalıdır.

Kurşun-Asit bataryaların özellikleri Çizelge 3.2. ile listelenmiştir.

Çizelge 3.2. Kurşun-Asit bataryalar

Özellik	Değer
Hücre Voltajı	2.105V
Kendiliğinden Deşarj Oranı	%5 / Ay, %40 / yıl
Şarj Sayısı	200-300
Şarj Süresi	8-16 Saat
Şarj Özellikleri	Tam deşarj olmadan şarj edilmelidir.
Sıcaklık Bağımlılığı	Çok düşük ve yüksek sıcaklıklarda kapasite kaybı.
Depolama	Batarya şarjlı olarak tutulmalıdır. Tam deşarlı halde uzun süre tutulduğunda, sulfatlanma adı verilen kimyasal süreç yüzünden batarya kapasitesini kaybeder.

Nikel-Kadmiyum bataryalar

Nikel-Kadmiyum bataryalar depolanmadan önce, tam deşarj edilmelidir. Kendiliğinden deşarj oranı yüksek olduğu için, bataryalar görev öncesi şarj edilmelidir. 3000 saatlik görev süresi uzun olduğu için kendiliğinden deşarjı hesaba katarak batarya kapasitesi arttırılmalıdır. Aylık %10 kapasite kaybı düşünüldüğünde, 3000 saat süre sonunda batarya %65 kapasiteye düşer. Aylık %20 kapasite kaybı düşünüldüğünde, 3000 saat süre sonunda batarya %41 kapasiteye düşer. Nikel-Kadmiyum bataryaların özellikleri Çizelge 3.3. ile listelenmiştir.

Çizelge 3.3. Nikel-Kadmiyum bataryalar

Özellik	Değer
Hücre Voltajı	1.2V
Kendiliğinden Deşarj Oranı	%10-20 / Ay @ 20 °C. Sıcaklık yükseldikçe artar.
Şarj Sayısı	1500-2000. Şarj etmeden önce tam deşarj etme ve tam şarj etme gibi bakım şartlarına uyulmazsa 1/3 oranında azalabilir.
Şarj Süresi	5-16 Saat
Şarj Özellikleri	Batarya şarj edilmeden önce, tam deşarj edilmelidir. Ayrıca şarj tam şarj edilmeden kesilmemelidir. Aksi durumlar, <i>bellek etkisi</i> adı verilen süreç nedeniyle kapasite kaybına neden olur.
Sıcaklık Bağımlılığı	Düşük sıcaklıklara dayanıklı
Depolama	Batarya tam deşarjlı olarak tutulmalıdır.

Nikel-Metal-Hidrür bataryalar

Kendiliğinden deşarj oranı yüksek olduğu için, bataryalar görev öncesi şarj edilmelidir. 3000 saatlik görev süresi uzun olduğu için kendiliğinden deşarjı hesaba katarak batarya kapasitesi artırılmalıdır. Ayrıca tam deşarj sakıncalı olduğu için, kapasitenin yaklaşık %80 kadarı kullanılabilir. Batarya kapasitesi bu oranda artırılmalıdır.

Batarya ilk gün %20 şarj kaybı yaşar. Daha sonra ise yaklaşık olarak haftalık %4 şarj kaybı yaşanır. Görev zamanı 3000 saat (18 hafta) alındığında, kendiliğinden deşarj sonrası toplam kapasite %38'e düşer.

Nikel-Metal-Hidrür bataryaların özellikleri Çizelge 3.4. ile listelenmiştir.

Çizelge 3.4. Nikel-Metal-Hidrür bataryalar

Özellik	Değer
Hücre Voltajı	1.2V
Kendiliğinden Deşarj Oranı	%30 / Ay. İlk gün %20 deşarj olur. Daha sonra %4/hafta gibi bir oranla deşarj olur.
Şarj Sayısı	300-1000. Sürekli olarak tamamen deşarj edilirse, kapasitesini 200-300 şarjdan sonra kaybetmeye başlar.
Şarj Süresi	10-20 Saat
Şarj Özellikleri	Batarya kullanımda en fazla %80 deşarja (hücre çıkış voltajı 1.0V'ın altına düşünceye) kadar deşarj edilmelidir. Daha fazla deşarj, birden çok batarya hücresinin kullanıldığı batarya paketlerinde, <i>ters kutup</i> etkisi nedeniyle, bataryayı kullanılamaz hale getirebilir.
Sıcaklık Bağımlılığı	Düşük sıcaklıklara dayanıklı. Yüksek sıcaklıklarda ömrü azalmaktadır.
Depolama	Serin sıcaklıklarda depolanmalıdır.

Lityum-İyon bataryalar

Lityum-İyon bataryalar asla kısa-devre yapılmamalıdır. Yüksek akım, bataryayı ısıtır ve patlamasına neden olabilir.

Lityum-İyon bataryalar çoğunlukla aktif elektronik devreler içerir. Bu devreler, hücreleri gözleyerek, batarya şarjı tehlikeli olacak derecede azaldığında, bataryayı korumak için hücreleri kapatırlar. Ancak aktif devreler akım çekmeye devam ettiği için, zamanla batarya şarj seviyesi tehlikeli sınırın altına iner. Bu olduğunda batarya tekrar şarj edilemez hale gelir. Bu yüzden, deşarj olmuş bataryalar kısa sürede şarj edilmeli ve %40 şarjlı olarak depolanmalıdır. Bataryalar tam şarjlı olarak depolanmamalıdır.

Lityum-İyon batarya tam şarjda iken bir yılda kapasitesinin %20 kadarını kaybeder. Bu sürece yaşlanma adı verilir. Yaşlanma, batarya serin ortamda ve kısmi şarjlı olarak depolandığında en aza iner. %40 şarjlı bir Lityum-İyon batarya, oda sıcaklığında depolandığında, 8 ayda şarjı %20 seviyesine iner.

Bu durumda uzun süre depolanan bataryaların en az 6 ayda bir tekrar şarj edilmeleri gerekir. 3000 saatlik görev süresince Lityum-İyon batarya şarjının %30 kadarını kendiliğinden deşarj yüzünden kaybeder.

Lityum-İyon bataryaların özellikleri Çizelge 3.5. ile listelenmiştir.

Çizelge 3.5. Lityum-İyon bataryalar

Özellik	Değer
Hücre Voltajı	3.6-3.7V
Kendiliğinden Deşarj Oranı	20 °C'de %8 / Ay. 40 °C'de %15 / Ay.
Şarj Sayısı	400-1200
Şarj Süresi	1 – 6 Saat
Şarj Özellikleri	Lityum-İyon bataryalarda <i>bellek</i> etkisi görülmez. Batarya tamamen deşarj edildiğinde, tekrar kullanılamaz hale gelir.
Sıcaklık Bağımlılığı	Yüksek sıcaklıklarda batarya patlayabilir ve/veya yanabilir.
Depolama	Batarya tamamen deşarj edildiğinde, tekrar kullanılamaz hale gelir. Belli aralıklarla şarj edilmelidir. Batarya %40 şarjlı olarak depolanmalıdır. Serin sıcaklıklarda depolanmalıdır. Yaşlanma nedeniyle her yıl kapasitesinin bir bölümünü kaybeder.

Lityum-Polimer bataryalar

Lityum-Polimer bataryalar Lityum-İyon bataryalardan türemiştir ve henüz yeni bir batarya türüdür. Elektrot malzeme olarak katı bir polimerin kullanılmasıyla Lityum-İyon bataryadan ayrılır. Elektrot malzemenin katı olması nedeniyle, batarya istenilen şekilde üretilabilmektedir. Lityum-İyon bataryalarla yaklaşık aynı özellikleri paylaşırlar. Nispeten yeni bir teknoloji olduğundan, henüz piyasada yaygın değildir.

Lityum-Demir-Fosfat bataryalar

Lityum-Demir-Fosfat bataryalar kısa-devre, yüksek sıcaklık ve aşırı şarj durumlarına karşı daha dayanıklıdır. Kendiliğinden deşarj oranı çok düşüktür. Tam şarjlı depolandığında, bir yıl sonra şarjının %80'ini koruyabilir. Ayrıca yaşlanma etkileri çok düşüktür. Bu özellikleri, Lityum-Demir-Fosfat bataryaları önemli bir seçenek haline getirmektedir. 3000 saat görev süresince Lityum-Demir-Fosfat batarya kapasitesinin %8 kadarını kendiliğinden deşarj yüzünden kaybeder.

Lityum-Demir-Fosfat bataryaların özellikleri Çizelge 3.6. ile listelenmiştir.

Çizelge 3.6. Lityum-Demir-Fosfat Bataryalar

Özellik	Değer
Hücre Voltajı	3.2V
Kendiliğinden Deşarj Oranı	%2 / Ay
Şarj Sayısı	2000
Şarj Süresi	1 – 6 Saat
Şarj Özellikleri	Lityum-İyon bataryalara göre aşırı şarj ve deşarja dayanıklıdır.
Sıcaklık Bağımlılığı	Sıcaklığa bağımlı değildir.
Depolama	5 yıldan fazla dayanıklılık.

Yeniden doldurulabilir batarya karşılaştırma

Çizelge 3.7. ile yukarıda detaylı olarak verilen bataryaların, özet bir karşılaştırılması yapılmıştır.

Çizelge 3.7. Yeniden doldurulabilir batarya karşılaştırması

Batarya	Kurşun-Asit	Nikel-Kadmiyum	Nikel-Metal-Hidrür Bataryalar	Lityum-İyon	Lityum-Demir-Fosfat
Şarj Sayısı	200-300	1500-2000	300-1000	400-1200	2000
Şarj Süresi	8-16 saat	5-16 saat	10-20 saat	1- 6 saat	1 – 6 saat
Depolama	Tam şarjlı olarak, serin ortamda (0 °C)	Tam deşarjlı olarak, serin ortamda (0 °C)	Serin ortamda, (0 °C)	%40 şarjlı olarak, serin ortamda (0 °C)	Oda sıcaklığında depolanabilir. Serin ortam tavsiye edilir.
Bakım	6-12 ayda bir tam şarj edilmelidir.	2 haftadan fazla depolanan bataryalar kullanılmadan önce, bir kaç kez tam deşarj-şarj edilmelidir. 6-12 ayda bir tam şarj-deşarj tavsiye edilir.	2 haftadan fazla depolanan bataryalar kullanılmadan önce, bir kaç kez tam deşarj-şarj edilmelidir. 6-12 ayda bir tam şarj-deşarj tavsiye edilir.	6 ayda bir %40 şarj edilmelidir.	Tam şarjlı depolandığında 2 yılda bir şarj edilebilir.

Çizelge 3.7. incelendiğinde, en uygun batarya türünün Lityum-Demir-Fosfat olduğu anlaşılmaktadır.

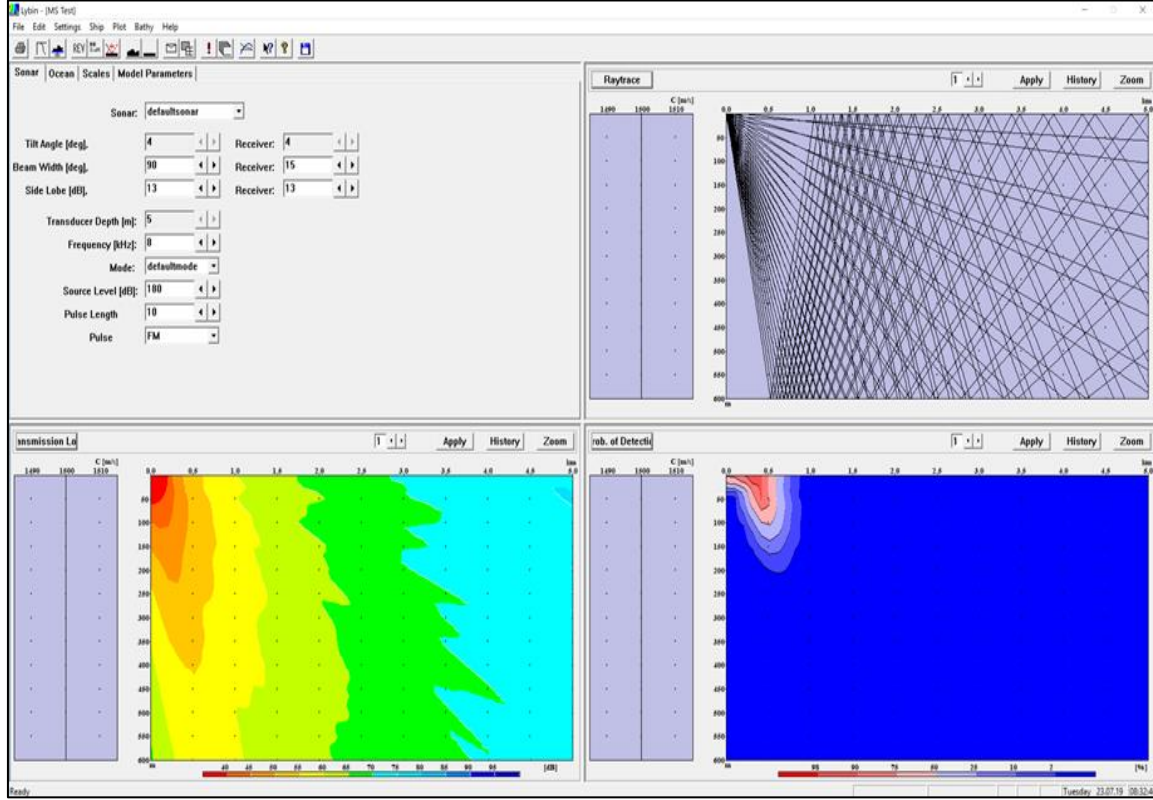
3.2. Performans Analizleri

3.2.1. Kontrol istasyonu akustik yayın kapsama alanı analizi

Akustik sinyal kaynağı olan Kontrol İstasyonu'nun ne kadar mesafeye kadar sinyal yayılımı yapacağı hususunda LYBIN Sonar Performans Belirleme Yazılımı kullanılarak analiz çalışması yapılmıştır [26].

LYBIN Sonar Performans Belirleme Yazılımı, sualtı ortamını, akustik kaynağınızı ve hedefinizi modellemenize imkan vererek, zorlu saha testlerine ihtiyacı en aza indiren, hedef tespit olasılığını, yayılım kaybını ve kaynaktan çıkan ses dalgalarının yayılımını gösteren bir araçtır. Şekil 3.1. ile LYBIN Sonar Performans Yazılım Aracı arayüzleri verilmiştir.

Şekil 3.1. ile verilen grafikleri elde edebilmek için Şekil 3.2., Şekil 3.3., Şekil 3.4 ve Şekil 3.5. yazılım arayüzlerinden bazı parametrelere giriş yapılması gerekmektedir .



Şekil 3.1. LYBIN sonar performans belirleme aracı

Şekil 3.2. ile verilen arayüzde kaynak seviyesi (Source Level) değeri olarak 180dB, frekans (Frequency) değeri olarak 8kHz ve transdüser derinliği olarak 3m verilmiştir. 180dB kaynak seviyesi, Transdüser Birimi'nin yaklaşık 150V_{RMS} ile beslenmesi durumudur.

Sonar	Ocean	Scales	Model Parameters
Sonar: defaultsonar			
Tilt Angle [deg].		0	
Beam Width [deg].		90	
Side Lobe [dB].		13	
Transducer Depth [m].		3	
Frequency [kHz].		8	
Mode:		defaultmode	
Source Level [dB].		180	
Pulse Length		10	
Pulse		FM	

Şekil 3.2. Kaynak seviyesi

Şekil 3.3. ile verilen ortam şartları arayüzünde, havanın açık olduğu, rüzgar hızının 5 m/sn olduğu, yaklaşık deniz durumu 2 sembolize edilmiştir.

Sonar Ocean Scales Model Parameters

Wind Speed [m/s]: 5

Bottom: 5 ☐ Use user defined bottom loss values

pH: 8

Wave Height [m]: 0

Surface Salinity: 23.5

Surface Temp. [deg C]: 23.4

☐ Use measured reverberation and noise data

☐ Read bottom back scattering values from file

☒ Let the machine calculate reverberation and noise

Şekil 3.3. Ortam şartları

Şekil 3.4. ile verilen ses hızı profili arayüzünde, ses hızının su içinde değişmediği ve 1500m/sn olduğu varsayılmıştır.

Profile Editor

Depth	Speed	Temp.	Salinity
0	1500.0	23.4	23.5
10	1500.0	23.4	23.5
20	1500.0	23.4	23.5
100	1500.0	23.4	23.5
200	1500.0	23.4	23.5
400	1500.0	23.4	23.5
600	1500.0	23.4	23.5

Şekil 3.4. Ses hızı profili

Şekil 3.5. ile verilen arayüzde de ASBS'nin bulunabileceği maksimum derinlik girilmiştir.

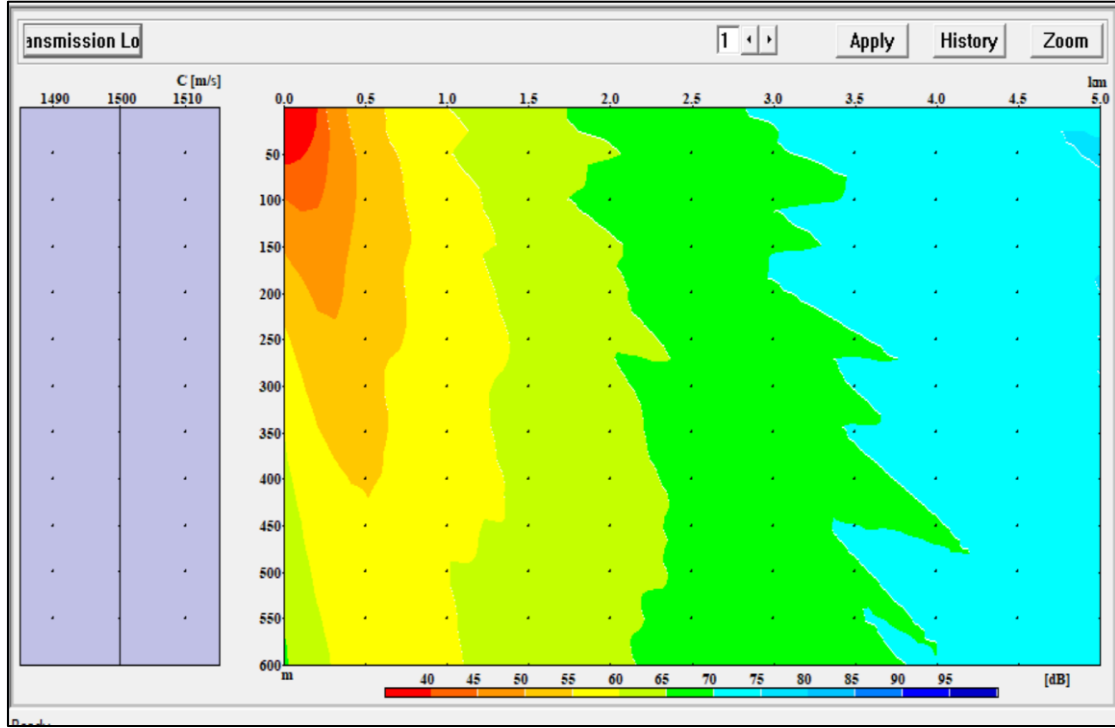
Sonar Ocean Scales Model Parameters

Range Scale [km]: 5

Depth Scale [m]: 600

Şekil 3.5. Hedef derinlik

Şekil 3.6. ile verilen analiz sonucunda, uzak yatay akustik yayılım mesafesinin yaklaşık 3,5km olduğu, yani Kontrol İstasyonu'ndan yayılacak sinyallerin en fazla 3,5 km çapındaki alanda bulunan ASBS'leri harekete geçirilebileceği değerlendirilmiştir.



Şekil 3.6. En uzak yatay akustik yayılım mesafesi

3.3. Yapısal Analizler

Bu başlık altında, tasarlanan ASBS ait model üzerinde SOLIDWORKS Simulation analiz programı kullanılarak sonlu elemanlar analizi gerçekleştirilmiştir.

ASBS birimleri gövde, taşıma mapası ve kilit mekanizması üzerine uygulanan kuvvetlerin oluşturduğu deformasyon ve gerilmeler araştırılmıştır.

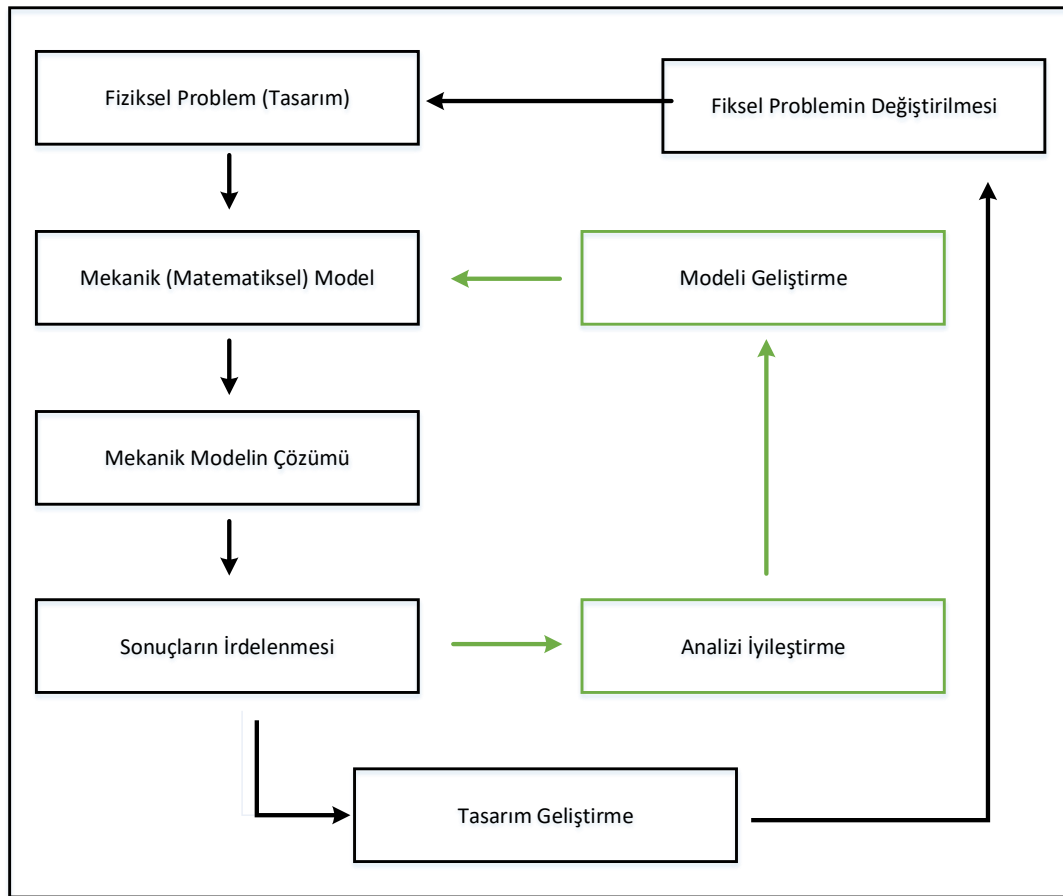
Sonlu elemanlar analizi, sonlu elemanlar yöntemi adı verilen mühendislik problemlerini çözmede kullanılan bir sayısal yöntemdir. Bu sayısal yöntem, fiziksel prototip ve deneylerin sayısını azaltmak ve bileşenleri tasarım aşamasında optimize etmek için kullanılmaktadır. Buna göre Sonlu Elemanlar Yönteminde, çeşitli mühendislik problemleri çözüm bölgesi alt bölgelere ayrıştırılır ve her alt bölgede aranan fonksiyonun ifadesi

polinom olacak şekilde seçilir. Belirli işlemler dahilinde her alt bölgede polinom olarak kabul edilen çözümün katsayıları belirlenmeye çalışılır.

Söz konusu mühendislik problemleri içerisinde, yapısal analiz, termal analiz, elektromanyetik analiz, hesaplamalı akışkanlar dinamiği, zemin mekaniği, kaya mekaniği, uçak mühendisliği, nükleer mühendislik ve daha sayılabilecek pek çok mühendislik problemi dahil edilebilir.

Problemin çözümü için öncelikle probleme ait bir bilgisayar destekli tasarım modeline ihtiyaç duyulmaktadır. Bu model sonlu elemanlar yazılımları kullanılarak, sonlu eleman denek küçük parçalara ayrılmaktadır. Bilgisayar destekli tasarım modelini temsil eden küçük parçalara ayrılmış bu model mesh modeli olarak adlandırılmaktadır.

Sonlu elemanlar yazılımları ile problem çözmek için izlenecek adımlar Şekil 3.7. ile verilmiştir.



Şekil 3.7. Sonlu elemanlar yöntemi ile problem çözümü

Bu çalışmada, sayısal analiz problemini çözmek için 12 çekirdek ve 3,3 GHz' de 16 GB RAM belleği olan bir iş istasyonu üzerinde çalışan SOLIDWORKS Simulations yazılımı kullanılmıştır. Yazılımda analiz tipi olarak yapısal analiz seçilmiş, malzeme özellikleri girilmiş, sistemin bilgisayar destekli modeli tasarlanarak içeri aktarılmış, optimum mesh için mesh bağımsızlık testi yapılarak matematiksel model oluşturulmuştur. Sınır şartları, sistemin maruz kalınan yükler ve diğer veriler girilerek çözüm oluşturulmuştur.

Çözüme yönelik olarak sınır şartları, gövde için 500m derinlikteki sualtı basıncı olarak yaklaşık 5 bar girilmiştir. Taşıma mapasının için ise denizdeki ağırlığı yaklaşık 5 ton olan yük ve kilit mekanizmasının denizdeki ağırlığı 1 ton olarak hesaplanmış ve analizde bu değerler uygulanmıştır.

3.3.1. Gövde dış basınç analizi

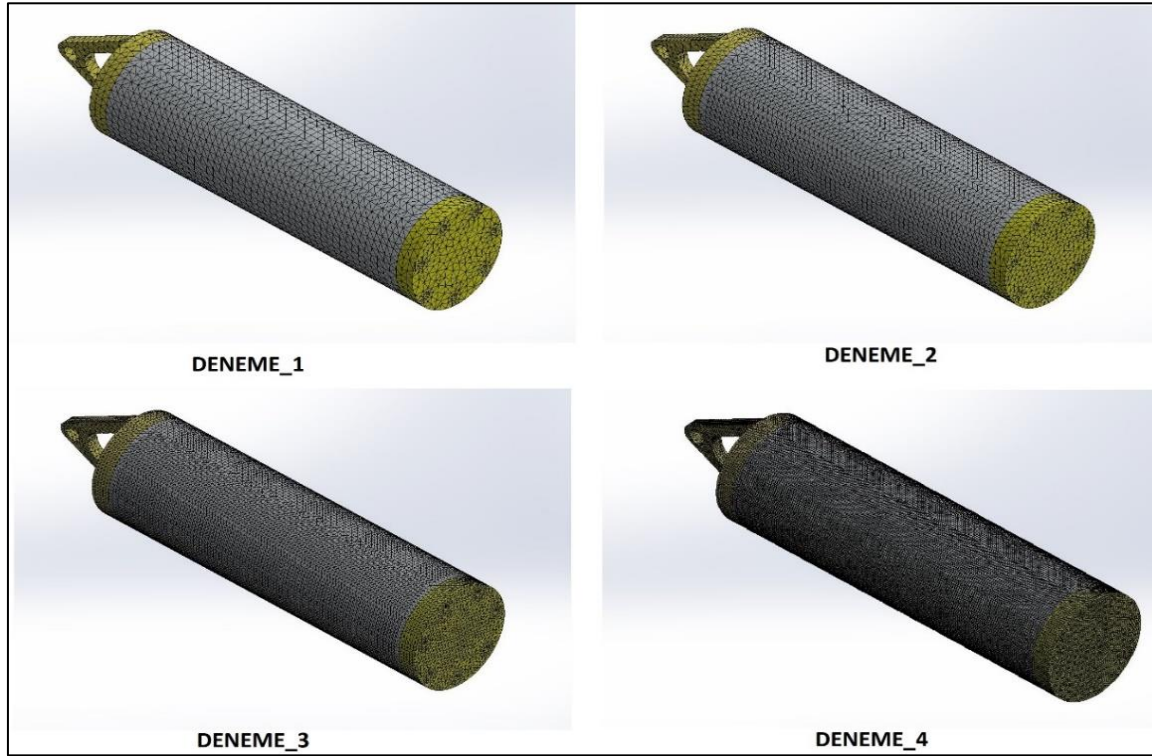
Oluşturulan model ile 500m su altında oluşan basınca karşı dayanıklılık matematiksel model yardımıyla hesaplanmıştır. Analizde, gövdeye her yönden eşit dış basınç uygulanmıştır.

Tasarım parametrelerine dayanarak, ASBS gövde geometrisi için oluşturulan elemanlara ayırma işlemi için bağımsızlık kriteri belirlenmiştir. Buna göre 4 farklı ayrılmış eleman sayısında analiz sonuçları karşılaştırılarak uygun elemanlara ayırma sayısı belirlenmiştir. Bu bilgiler Çizelge 3.8. ile verilmiştir.

Çizelge 3.8. Ayrılmış eleman sayısı analizi karşılaştırma

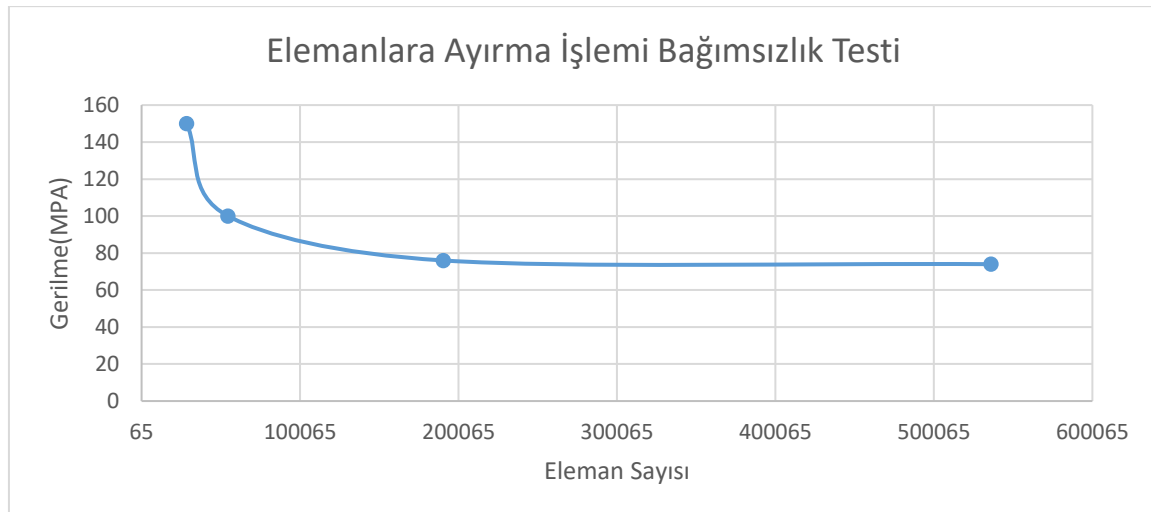
Parametreler	Deneme K_1	Deneme_2	Deneme_3	Deneme_4
Elemanlara Ayırma Tipi	Katı	Katı	Katı	Katı
Jakobiyan Noktaları	4 Nokta	4 Nokta	4 Nokta	4 Nokta
Eleman Boyutu	20	14	9 mm	6 mm
Tolerans	1	0.72	0.45 mm	0.3 mm
Kalite	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Yüksek
Toplam Düğüm	48945	91856	300928	819760
Toplam Eleman	28502	54688	190449	536190

Elemanlara ayırma işlemi sonucu elemanlara ayrılmış model Şekil 3.8. ile verilmiştir.



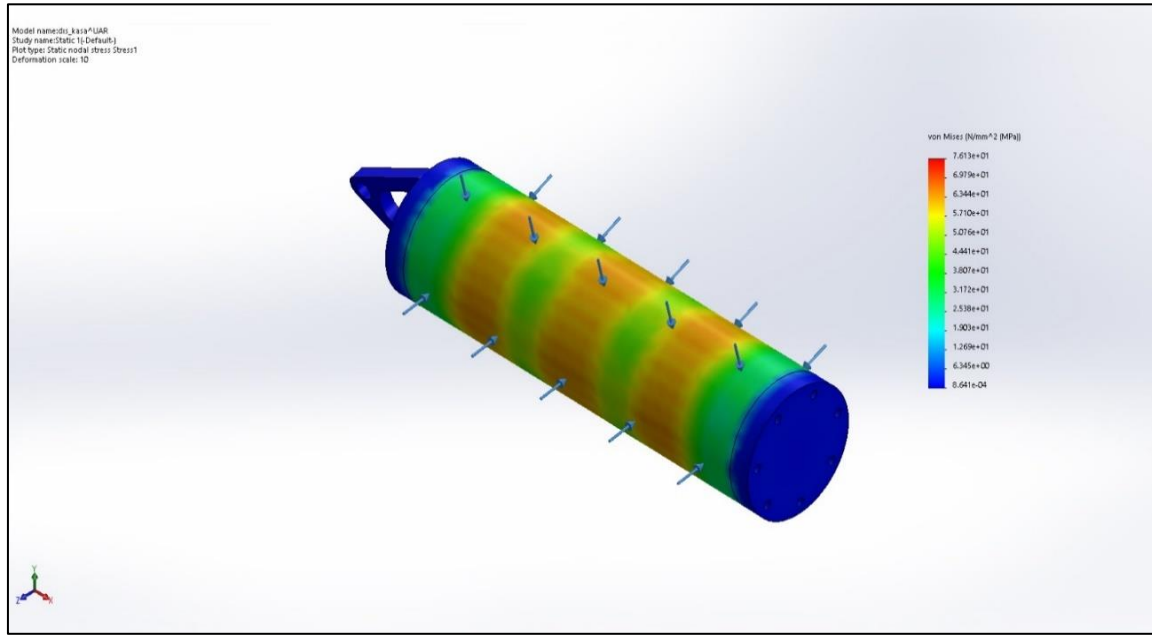
Şekil 3.8. Gövde mekanik tasarımının farklı sayıdaki elemanlara ayrılmış görüntüsü

Dört farklı eleman sayısından gerilimdeki değişme en az ve optimum olan Deneme_3 parametreleri ile analiz yapılmıştır. Şekil 3.8. ile verildiği gibi Deneme_3 nolu elemanlara ayırma sayısından itibaren eleman sayısını artırmak sonuçlarda çok ufak değişime sebep olmuştur. İşlem yükü ve zamanda hesaba katılarak Deneme_3 nolu elemanlara ayırma işlemi parametreleri yeterince hassas kabul edilerek analizler gerçekleştirilmiştir.

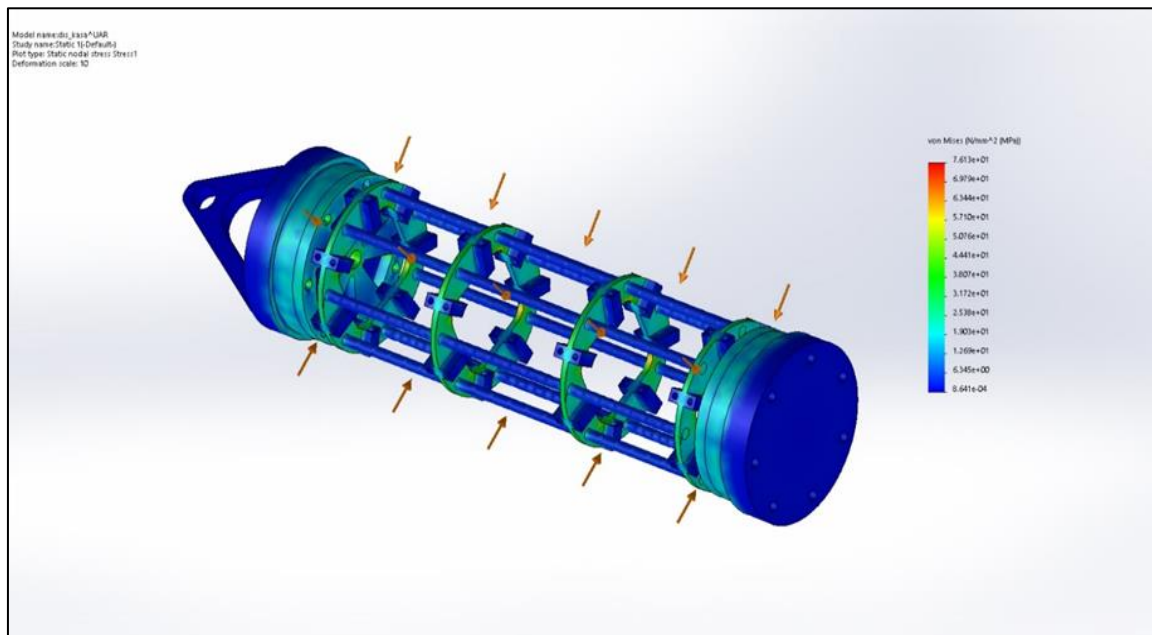


Şekil 3.9. Elemanlara ayırma işlemi bağımsızlık testi

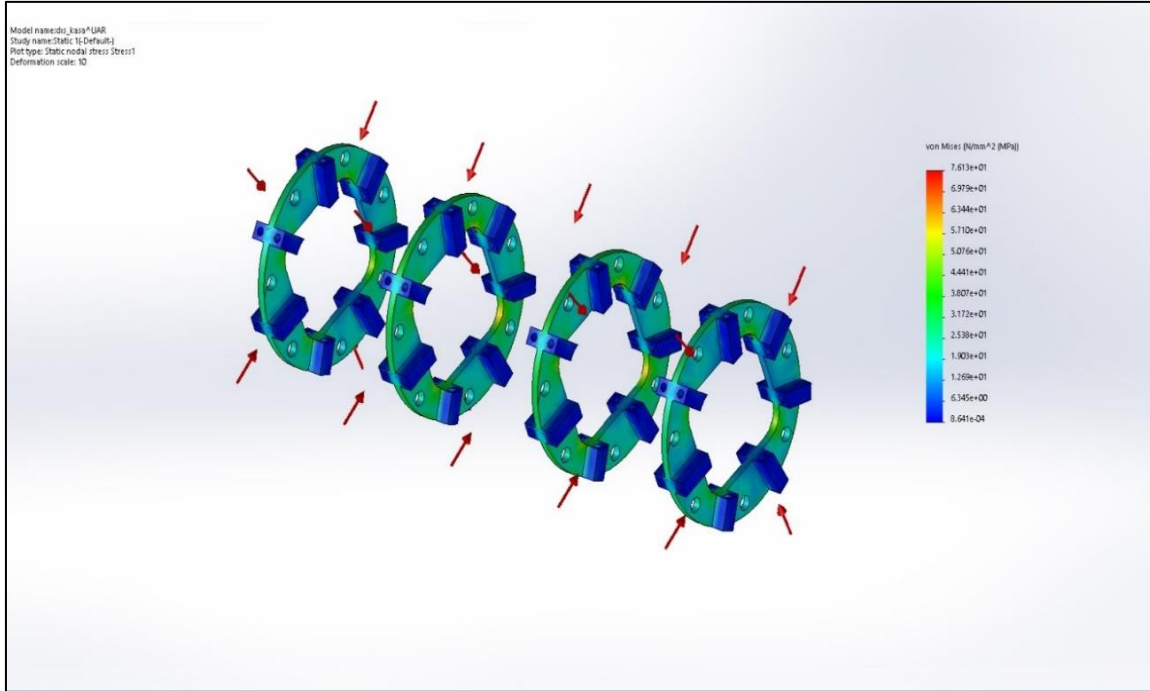
Şekil 3.10., Şekil 3.11. ve Şekil 3.12. ile verildiği gibi gövde üzerindeki maksimum Von Mises gerilmesi (eşdeğer gerilme) 76,13 N/mm² veya MPa'dır. Elde edilen sonuca göre özellikle gövde destek noktalarında gerilim yığılması oluşmuştur. Diğer bölgelerde ise oluşan gerilme 50 Mpa altında kalmıştır. Gövde üzerinde oluşan maksimum gerilme, AL 5083 malzemesi akma dayanımı olan 305 MPa'ın altında olduğundan gövdenin güvenli çalışabileceği değerlendirilmiştir.



Şekil 3.10. Dış gövde eşdeğer gerilim değerleri

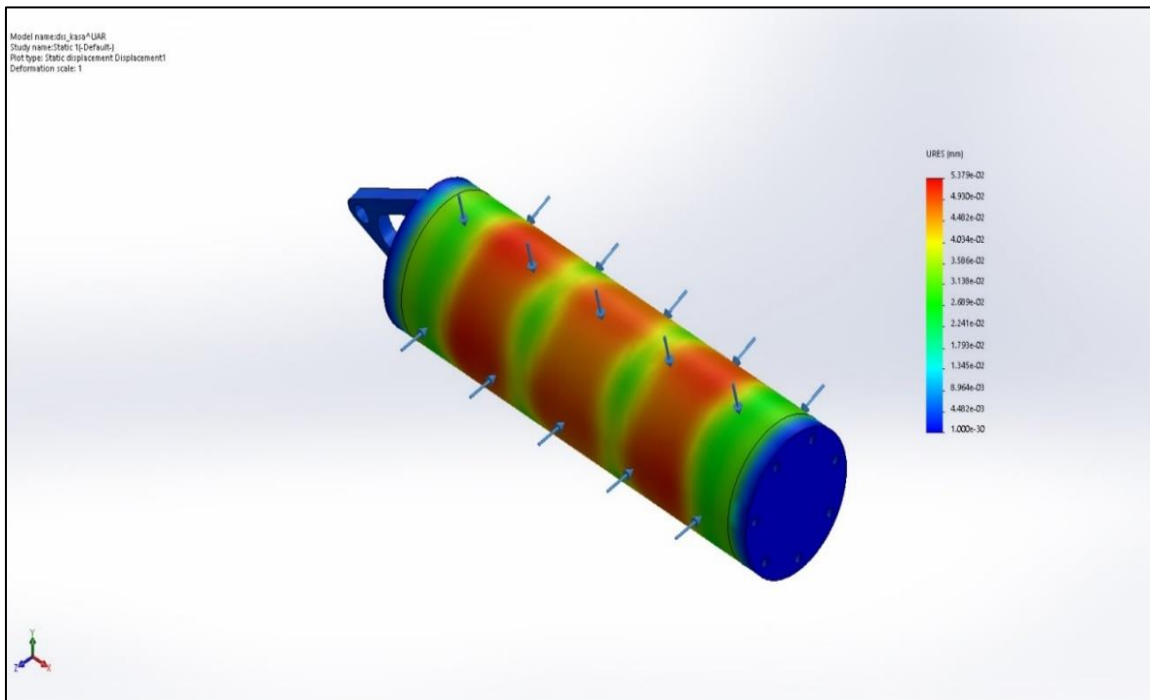


Şekil 3.11. İç gövde eşdeğer gerilim değerleri

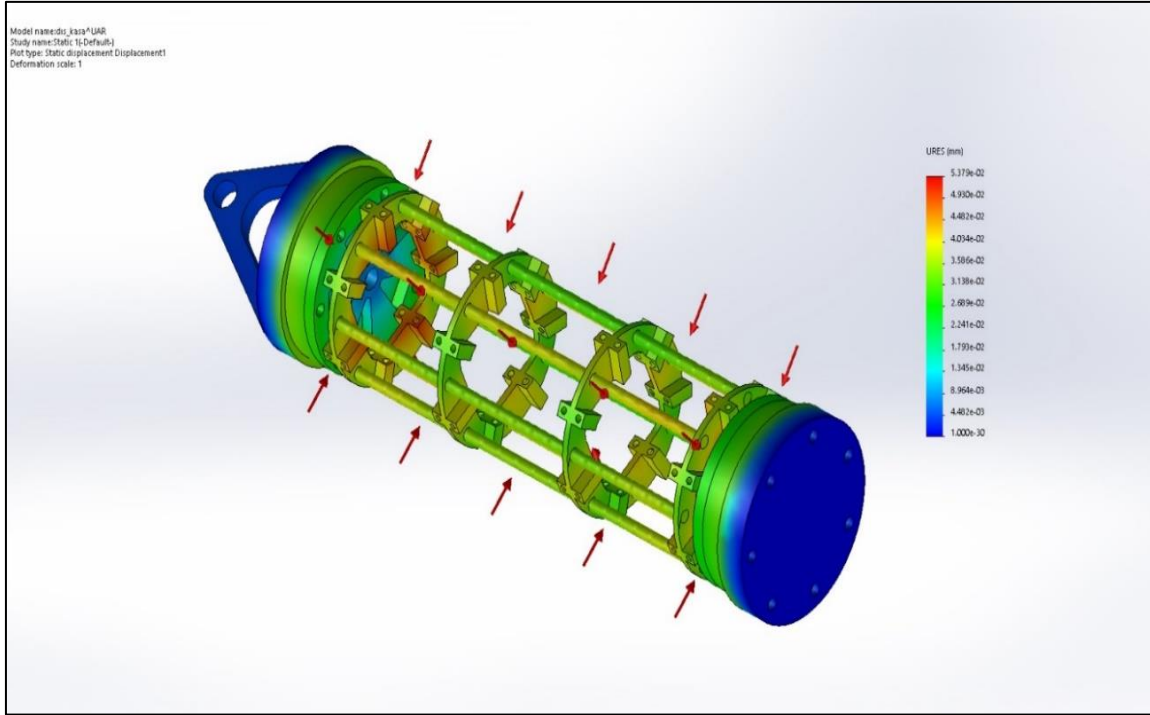


Şekil 3.12. Destek gövde eşdeğer gerilim değerleri

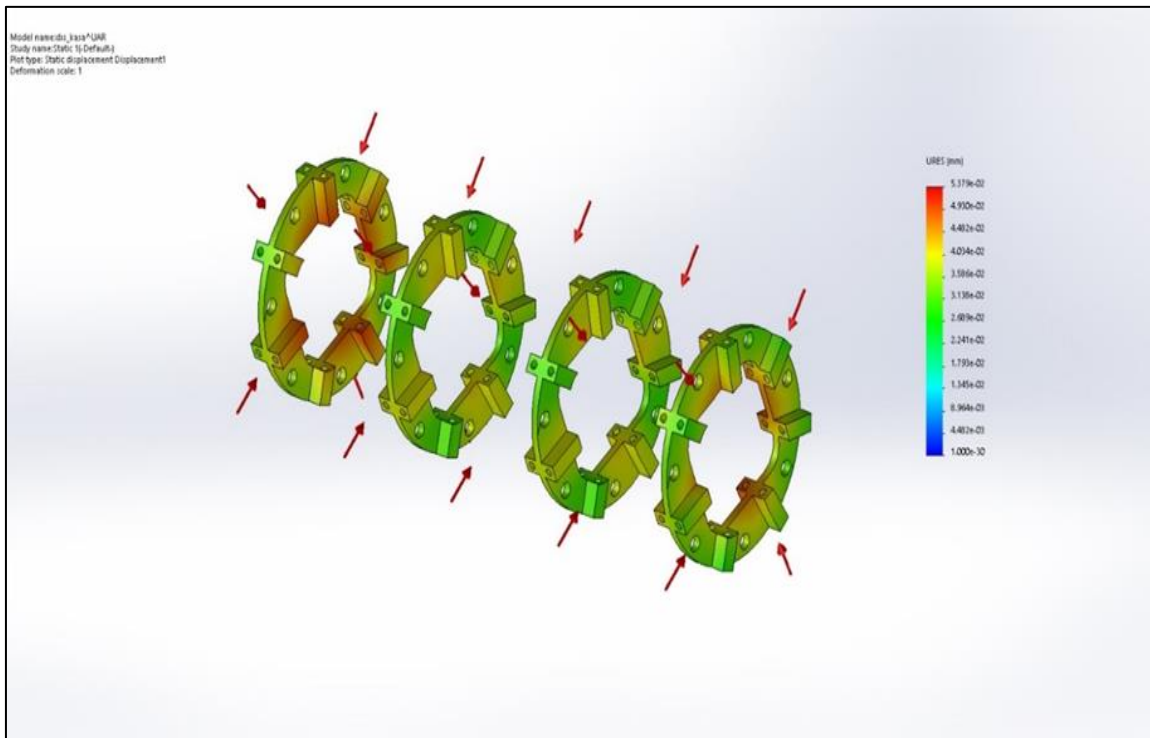
Şekil 3.13., Şekil 3.14. ve Şekil 3.15. ile verildiği gibi maksimum yer değiştirme 0,005379 mm'dir. İç gövde parçaları üzerinde oluşan maksimum gerilim, seçilen malzemenin akma dayanımı altında olduğundan güvenli çalışacağı değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçta, destek gövde parçasının köşe noktalarında gerilim yığılması olduğu görülmüştür.



Şekil 3.13. Dış gövde statik yer değiştirme değerleri

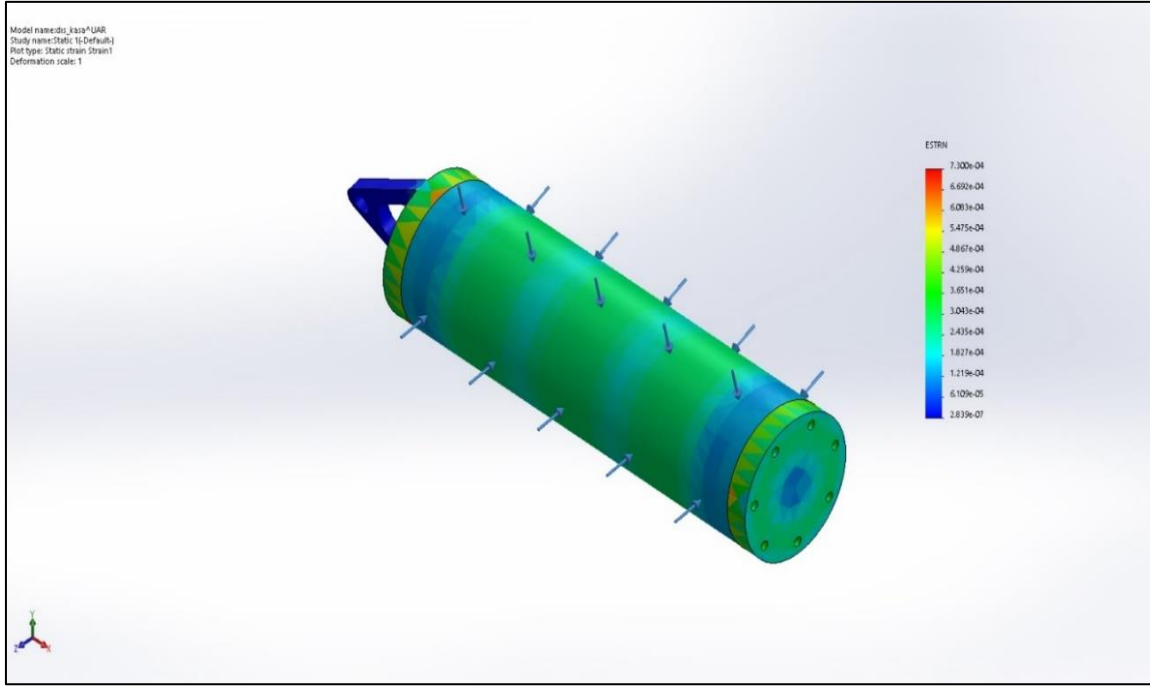


Şekil 3.14. İç gövde statik yer değiştirme değerleri



Şekil 3.15. Destek gövde statik yer değiştirme değerleri

Şekil 3.16. ile verildiği gibi gövde üzerindeki maksimum eşdeğer gerilim 0,00073'dür. Elde edilen sonuçta, özellikle destek gövde parçasının köşe noktalarında gerilim yığılması olduğu görülmüştür.



Şekil 3.16. Gövde eşdeğer gerinim değerleri

ASBS gövdesine 500m derinlikteki basınç altında aldığı yükler incelendiğinde, tasarımda içi dolu, yekpare ve yüzey biçiminde tasarlandığı için deformasyon miktarı düşük kalmaktadır. Elde edilen sonuçlara göre belirtilen derinlikte gövdenin güvenli çalışacağı değerlendirilmektedir.

3.3.2. Taşıma mapası kaldırma kuvveti analizi

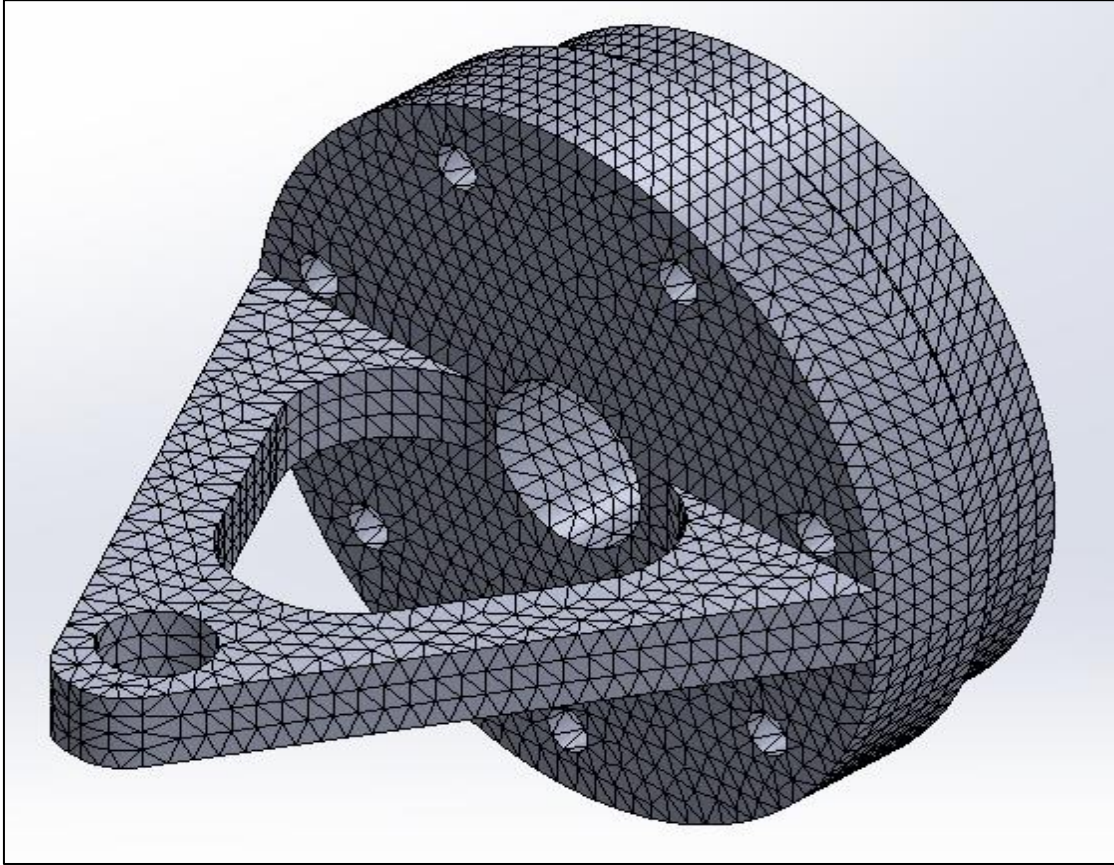
Oluşturulan model ile taşıma mapasına 50.000 N değerinde bir çekme kuvvetinin uygulanması durumunda taşıma mapasının dayanıklılığı SOLIDWORKS Simulation programı yardımıyla hesaplanarak optimize edilmiştir. Tasarım parametrelerine dayanarak, gerçekleştirilen elemanlara ayırma işlemi için bilgiler Çizelge 3.9. ile verilmiştir.

Çizelge 3.9. Taşıma mapası elemanlara ayırma işlemi için parametreler.

Elemanlara Ayırma Tipi	Katı
Kullanılan	Standart
Jakobiyan Noktaları	4 Nokta
Eleman Boyutu	8.6 mm
Tolerans	0.44 mm
Kalite	Yüksek
Toplam Düğüm Sayısı	81366
Toplam Eleman Sayısı	54910

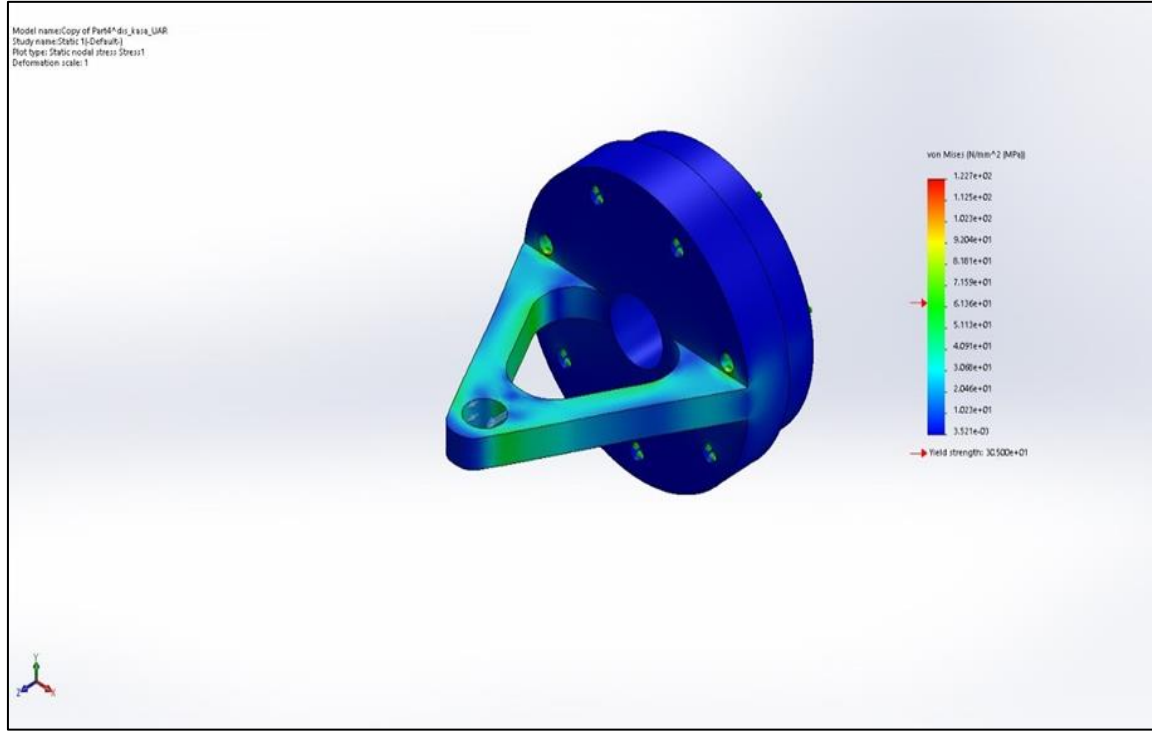
Mesh üretme fiziksel bir tanım aralığını daha küçük tanım aralıklarına (elemanlara) bölme işlemi olarak tanımlanabilir. Burada amaç bir diferansiyel denklemin çözümünü kolaylaştırmaktır. Mesh üretme geniş uygulama alanları için kullanılabilir. Yüzeysel tanım aralıkları üçgen, dörtgen vb. şekillere bölünebilirken, hacimsel tanım aralıkları tetrahedra, hexahedra gibi şekillere bölünebilirler. Elemanların şekli ve dağılımı otomatik mesh üretme algoritmaları tarafından belirlenir. Buna göre mesh işlemi tetrahedral elemanlar kullanarak yapılmıştır.

Mesh işlemi sonucu elemanlara ayrılmış model Şekil 3.17. ile verilmiştir. Şekilden de görüleceği üzere elemanlara ayrılmış model yeterince hassasiyete sahiptir.



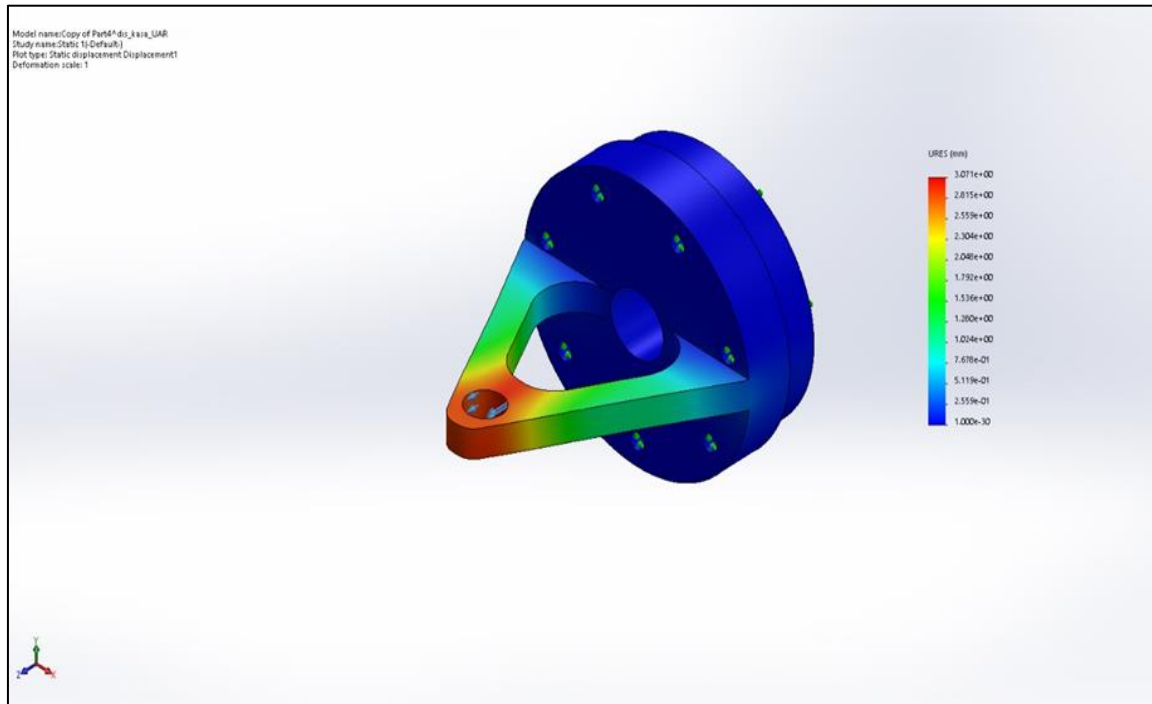
Şekil 3.17. Taşıma mapası elemanlara ayrılmış görüntüsü.

Şekil 3.18. ile parça üzerindeki maksimum Von Mises gerilmesi (eşdeğer gerilme) $122,7 \text{ N/mm}^2$ dir. Görüldüğü gibi Al 5083 malzemesi akma dayanımı, 305 MPa dır. Analiz sonuçlarından elde ettiğimiz maksimum gerilme $122,7 \text{ MPa}$ olduğundan tasarımın güvenli olduğu değerlendirilmektedir. Özellikle gerilim değerinin yoğun olduğu bölgeler taşıma mapasının iç bölgeleri olarak elde edilmiştir.

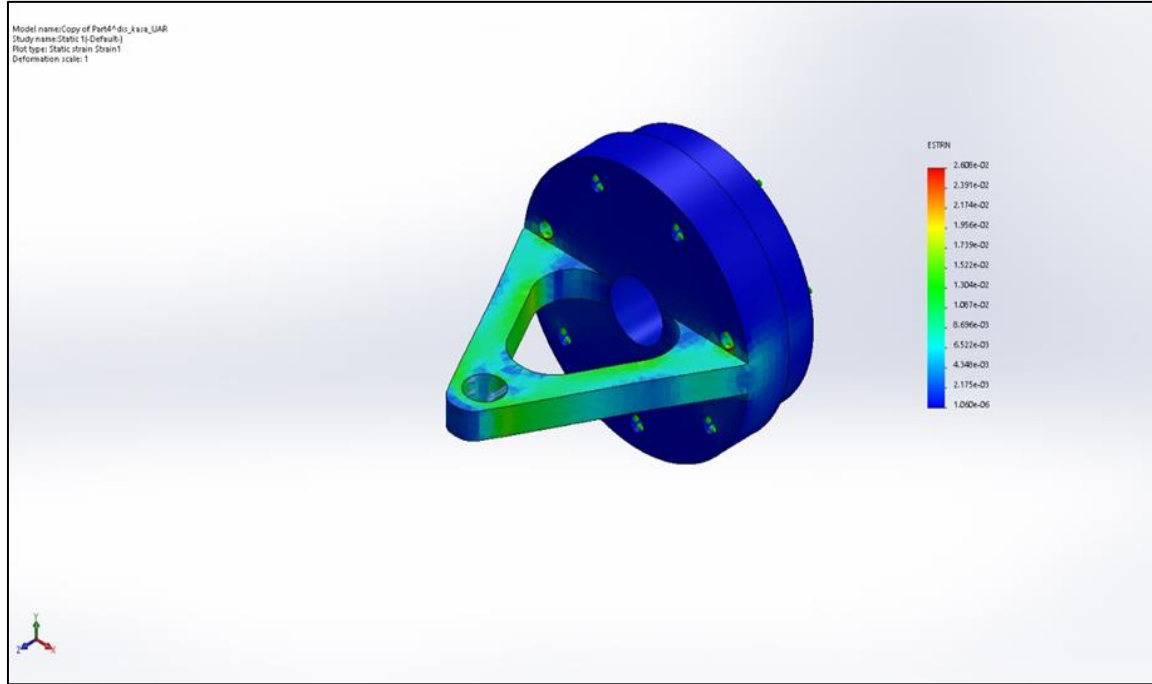


Şekil 3.18. Taşıma mapası eşdeğer gerilim değerleri

Şekil 3.19. ile verildiği gibi maksimum yer değiştirme 3,071 mm'dir. Taşıma mapası üzerinde oluşan maksimum gerilim malzemeleri, seçilen malzemenin akma dayanımı altında olduğundan güvenli çalışacağı değerlendirilmiştir.



Şekil 3.19. Taşıma mapası statik yer değiştirme değerleri



Şekil 3.20. Taşıma mapası eşdeğer gerinim değerleri

Analiz sonucunda elde edilen sonuçlara göre gerinim değerleri gerilim ile paralellik göstermiştir. Oluşturulan model ile yapılan analizler sonucunda taşıma mapasına 50.000 N değerinde bir çekme kuvvetinin uygulanması durumunda taşıma mapasının bu kuvvete dayanacağı değerlendirilmiştir.

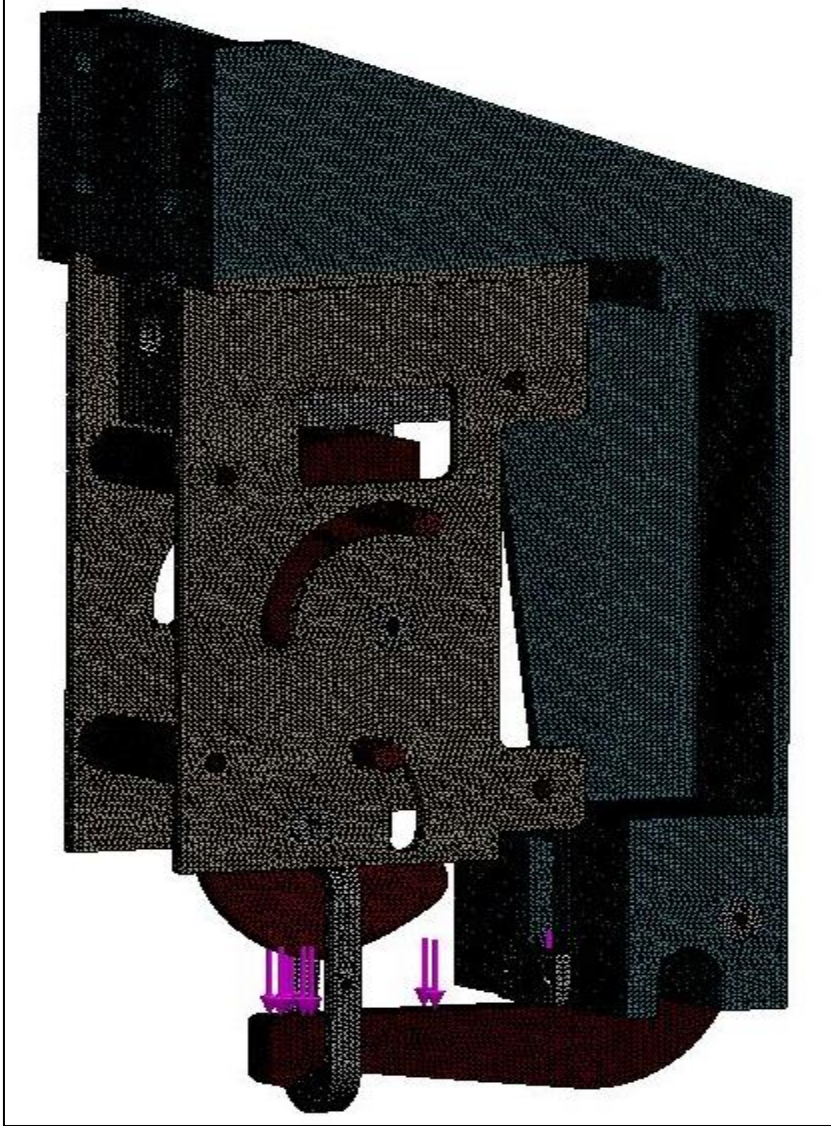
3.3.3. Kilit mekanizması çekme kuvveti analizi

Oluşturulan model ile kilit mekanizmasına 9.810 N değerinde bir çekme kuvvetinin uygulanması durumunda kilit mekanizmasının dayanıklılığı SOLIDWORKS Simulation programı yardımıyla hesaplanarak optimize edilmiştir. Tasarım parametrelerine dayanarak, gerçekleştirilen elemanlara ayırma işlemi için bilgiler Çizelge 3.10 ile verilmiştir.

Çizelge 3.10. Kilit mekanizması elemanlara ayırma işlemi için parametreler

Elemanlara Ayırma Tipi	Katı
Kullanılan	Standart
Jakobiyan Noktaları	4 Nokta
Eleman Boyutu	5 mm
Tolerans	0.25 mm
Kalite	Yüksek
Toplam Düğüm Sayısı	327655
Toplam Eleman Sayısı	204768

Elemanlara ayırma işlemi sonucu elemanlara ayrılmış model Şekil 3.21. ile verilmiştir. Şekilden de görüleceği üzere elemanlara ayrılmış model yeterince hassasiyete sahiptir.

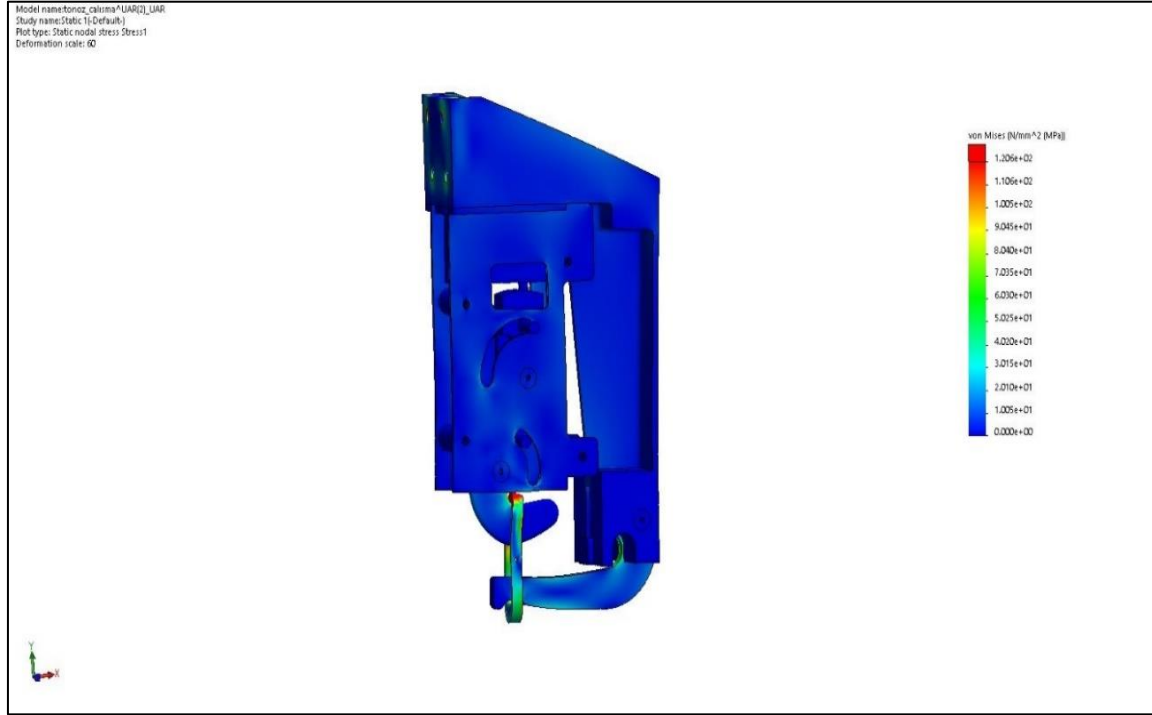


Şekil 3.21. Kilit mekanizması elemanlara ayrılmış görüntüsü

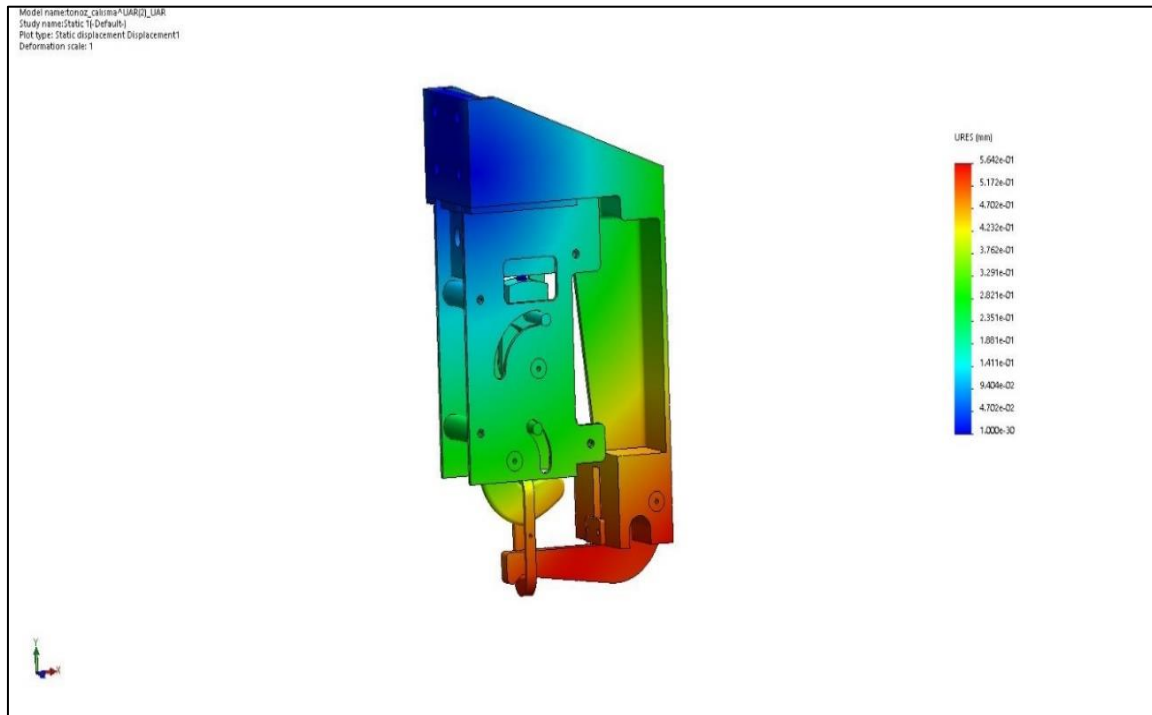
Şekil 3.22. ile parça üzerindeki maksimum Von Mises gerilmesi (eşdeğer gerilme) $120,6 \text{ N/mm}^2$ dir. Seçilen malzemenin akma mukavemeti 305 MPa dır. Analiz sonuçlarından elde ettiğimiz maksimum gerilme $120,6 \text{ MPa}$ olduğundan tasarımın güvenli olduğu değerlendirilmektedir.

Şekil 3.23. ile verildiği gibi maksimum yer değiştirme $0,56 \text{ mm}$ 'dir. Kilit mekanizması üzerinde oluşan maksimum gerilim, malzemenin akma dayanımı altında olduğundan güvenli çalışacağı değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre kilit mekanizmasında en

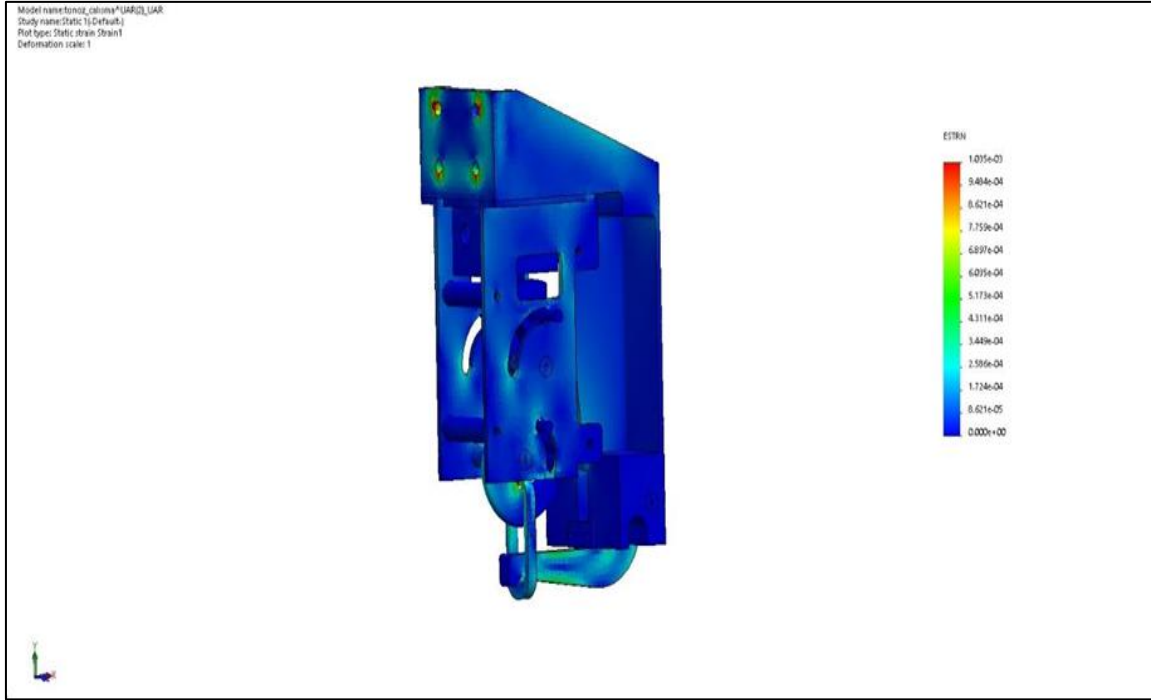
kritik eleman tutamaç aparatıdır Tasarımda temel amaç aşağı yönlü sabit tutulan kuvveti çok küçük bir enerjiye sahip hareketle serbest bırakmaktır. Analiz sonuçlarından da görüleceği üzere serbest bırakma pimi üzerine gelen yük oldukça düşüktür.



Şekil 3.22. Kilit mekanizması eşdeğer gerilim değerleri



Şekil 3.23. Kilit mekanizması statik yer değiştirme değerleri



Şekil 3.24. Kilit mekanizması eşdeğer gerinim değerleri

Kilit mekanizmasında bulunan tutma halkası üzerine gelen gerilim değeri, diğer parçalardan yüksek olduğu için bu parçanın farklı malzeme tipleri denenerek güçlendirilmesi düşünülebilir.

Sonuç olarak; taşıma mapası ve kilit mekanizması için ayrı ayrı yapılan kuvvet analizlerinde, kilit mekanizmasının en fazla 1 tonluk yükün çekme kuvvetine dayanabileceği görülmüştür. Taşıma mapası her ne kadar 5 tonluk bir yükün çekme kuvvetine dayanıyor olsa da sistemin, fonksiyonel görevlerini yapabilmesi için en fazla 1 tonluk yüke maruz bırakılması önemlidir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ülkemizde, son 10 yılda sualtı akustiği konusunda artan bilgi birimi ve saha tecrübesi yeni uygulamaları da beraberinde getirmektedir. Bu çalışmanın konusu olan akustik serbest bırakma sistemi, sualtı akustiği konusunda, bilimsel, ticari ve askeri amaçlı sistem sağlayan sivil ya da askeri kuruluşlara, geliştirdikleri sistemleri kolaylıkla test etmelerine imkan sağlayacaktır.

Çalışma sonunda ortaya çıkan tasarımın, üretime geçmesi durumunda;

- a) Deniz, göl, havuz ya da kimyasal bir tank içerisinde sabitlenmesi, gizlenmesi gereken her türlü sistem/cihaz/malzeme istenilen noktada konumlandırılabilir ve sonrasında geri kazanım sağlanabilecektir.
- b) Genellikle algılayıcılar içeren sualtı cihazlarının yüksek derinliklerde çalışması sağlanabilecektir.
- c) Ortam gürültüsü çalışılan frekansa bağlı olmakla birlikte, suüstü akıntıların yarattığı akış gürültüsünden kurtularak toplanan veri kalitesi artacağı değerlendirilmektedir.. Veri kalitesinde sağlanan artış, savunma amacı ile (hedef tespit vs.) kullanılan sistemlerden tespit mesafesini ve başarımını arttıracak gibi, sivil amaçlı kullanılan sistemlerde (oşinografik veriler vs.) ise gürültü seviyesinin altında kalması sebebi ile daha önce toplanamayan verilerin toplanabilmesine olanak sağlayacaktır.

Çalışma ile sualtı akustik iletişimine örnek bir uygulama olan ASBS ve sistemi kontrol eden bir Kontrol İstasyonu tasarlanmıştır. Söz konusu tasarım ile yurtdışında muadilleri bulunan bu cihaz için alternatif oluşturulmuştur.

Çalışma kapsamında, muadillerinden farklı olarak kilit mekanizmasını harekete geçirmek için motor yerine mekanik parçalar, akustik iletişimde PWM tekniği kullanılmıştır.

Çalışmanın “Giriş” bölümünde, Sualtı Akustiği ve Akustik Serbest Bırakma Sistemleri hakkında genel bilgiler ve sualtı akustiğini etkileyen ortam parametreleri verilmiştir.

Çalışmanın “Sistem Tasarım” bölümünde sistem tasarım gereksinimleri, Kontrol İstasyonu tasarımı ve Akustik Serbest Bırakma Sistemi tasarımı hakkında bilgi verilmiştir. Analizler kapsamında LYBIN SONAR Performans Belirleme Yazılımı ile akustik sinyalin yayın mesafesi analizi, SOLIDWORKS Simulation ile akustik serbest bırakma sistemi mekanizması yapısal analizlerine yer verilmiştir. Yayın mesafesi analizi sonuçlarına göre tanımlanan şartlarda Kontrol İstasyonu yaklaşık 3 km çapında ki bir ASBS’yi kontrol edebilecektir. Yapısal statik analiz çalışmaları sonuçlarına göre ASBS’nın yaklaşık 1000 kg bir yükün geri kazanımını sağlayabileceği görülmüştür.

Çalışmada kullanılan transdüser ve hidrofon birimleri değiştirilerek, farklı yükler için kilit mekanizmaları tasarlanarak ortam şartları ve derinlikler için ürün çeşitliliği artırılabilir.

Bu çalışma ile ülkemizde bulunan birçok yabancı menşeli ürünün yerine, yerli ve milli olarak tasarımının gerçekleştirilebileceği ve bir sonraki adım olan üretilebileceği görülmüştür.

KAYNAKLAR

1. Kuperman, W. and Roux, P. (2007). *Underwater Acoustics* (First Edition). New York: Springer Handbook of Acoustics, 149-204.
2. Li, Q. (2012). *Digital Sonar Design In Underwater Acoustics: Principles And Applications* (First Edition). New York: Springer Science & Business Media, 2,3.
3. Urick, J. (1983). *Principles of Underwater Sound* (Third Edition). New York: McGraw-Hill, 1-15.
4. Medwin, H. (2007). Speed of Sound In Water: A Simple Equation for Realistic Parameters. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 58(6), 1318-1319.
5. Leroy C. C. (1969). Development of Simple Equations for Accurate and More Realistic Calculation of the Speed of Sound in Seawater. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 46, 216.
6. Mackenzie, K.V. (1981). Nine-term Equation for Sound Speed in the Oceans. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 70(3), 807-812.
7. Börklü, H. R., Helvacılar, E. and Özdemir, V. (2017). Conceptual Design of a New Buoy. *Gazi University Journal of Science PART A: Engineering and Innovation*, 4(4), 125-143.
8. Dhanak, M. R. and Xiros, N. I. (Eds.). (2016). *Springer Handbook Of Ocean Engineering*.(First Edition). New York : Springer, 949.
9. İnternet: *Mooring Matters: How Fast Does a Buoy Ascend?* (2016, Aug.) ,Web: <https://deepwaterbuoyancy.com/buoy-ascend/> adresinden 15 Mayıs 2019’ da alınmıştır.
10. Domeier, M. L. (2005). Methods For The Deployment And Maintenance Of An Acoustic Tag Tracking Array: An Example From California's Channel Islands. *Marine Technology Society Journal*, 39(1), 74-80.
11. İnternet: *K-TEK-A134KP-LCD-DWP - Key Technology (China) Limited*, Web: <http://www.rugged-key.com/product/329.html> adresinden 15 Mayıs 2019’ da alınmıştır.
12. İnternet: *Microchip PIC16F1788/9 28-Pin 8-Bit Advanced Analog Flash Microcontroller*, Web: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/40001675C.pdf> adresinden 15 Mayıs 2019’ da alınmıştır.
13. Borowik, B. (2011). *Morse code: PIC generated with PWM. In Interfacing PIC Microcontrollers to Peripheral Devices* (First Edition) Hollanda : Springer, 15-19.
14. İnternet: *Lattepanada*, Web: <https://www.lattepanada.com/> adresinden 15 Mayıs 2019’ da alınmıştır.

15. İnternet: International Rectifier IR2302(S) & (PbF), Half-Bridge Driver, Web: <https://www.infineon.com/dgdl/ir2302.pdf?fileId=5546d462533600a4015355c988b216de> adresinden 15 Mayıs 2019' da alınmıştır.
16. İnternet: *STD5N20L N-Channel 200V - 0.65Ω - 5A DPAK STripFET™ MOSFET*, Web: <https://www.st.com/resource/en/datasheet/std5n20l.pdf> adresinden 15 Mayıs 2019' da alınmıştır.
17. İnternet: *Benthowave Instrument Inc. Transducer Specification*, Web: <https://www.benthowave.com/products/Specs/BII-7514DataSheet.pdf> adresinden 18 Haziran 2019' da alınmıştır.
18. İnternet: *Texas Instruments LMR23630 Simple Switcher® 36-V, 3-A Synchronous Step-Down Converter*, Web: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lmr23630.pdf> adresinden 15 Mayıs 2019' da alınmıştır.
19. İnternet: *Texas Instruments LM5002 Wide Input Voltage Switch Mode Regulator*, Web: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm5002.pdf> adresinden 15 Mayıs 2019' da alınmıştır.
20. İnternet: *Teledyne Reson Hydrophone TC4037 Spherical Reference Hydrophone*, Web: <http://www.teledynemarine.com/Lists/Downloads/TC4037%20product%20leaflet.pdf> adresinden 15 Mayıs 2019' da alınmıştır.
21. İnternet: *LTC6915, Zero Drift, Precision Instrumentation Amplifier With Digitally Programmable Gain*, Web: <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/6915fb.pdf> adresinden 18 Haziran 2019' da alınmıştır.
22. İnternet: *Artix-7 35T Arty FPGA Evaluation Kit – Xilinx*, Web: <https://www.xilinx.com/products/boards-and-kits/arty.html> adresinden 15 Mayıs 2019' da alınmıştır.
23. Toptaş, V. (2014). *Bir Alüminyum Alaşımı ile Basıncılı Döküm Yöntemi Kullanılarak Tabanca Gövdesi Üretimi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 17.
24. Mısırlı, C. (2011). *5083 Kalite Alüminyum Alaşımının Homojenize Edilerek Sertlik Değerlerinin Ve Mikroyapılarının İncelenmesi*, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne, 16-17.
25. İnternet: *Alaşımalar, 5083*, Web: <http://www.seykoc.com.tr/icerik/5083?dil=tr> adresinden 18 Haziran 2019' da alınmıştır.
26. İnternet: *FFI FACTS LYBIN Fast And Accurate Sonar Performance Prediction*, Web: https://www.ffi.no/no/Publikasjoner/Documents/FFIFact_nr2_2012_LYBIN_english.pdf adresinden 18 Haziran 2019' da alınmıştır.

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : HELVACILAR, Erkan
 Uyruğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 24.02.1975, İzmir
 Medeni hali : Evli
 Telefon : 0 532 767 1217
 e-mail : erkan.helvacilar@gmail.com



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi / Endüstriyel Tasarım Mühendisliği	Devam Ediyor.
Yüksek lisans	İstanbul Maltepe Üniversitesi / İşletme	2010
Yüksek lisans	Ahmet Yesevi Üniversitesi / Yönetim Bilişim Sistemleri	2006
Lisans	İstanbul Teknik Üniversitesi / Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği	1996
Lise	İzmir Atatürk Lisesi	1992

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2018-Halen	ARMELSAN Savunma Teknolojileri Sanayi ve Dış Ticaret A.Ş	Proje Yönetimi Direktörü
2007-2018	Koç Bilgi ve Savunma Teknolojileri A.Ş	Proje Yöneticisi
2001-2007	KoçSistem Bilgi ve İletişim Hizmetleri A.Ş	Uygulama Geliştirme Danışmanı
1997-2001	Nortel Networks NETAŞ	Yazılım Tasarım Uzmanı

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

Helvacılar, E., Börklü, H. R. and Özdemir, V. (2017) Conceptual Design of a New Buoy. *Gazi University Journal of Science Part A: Engineering and Innovation*, 4(4), 125-143.

Hobiler

Ağaç İşleri



GAZİ GELECEKTİR..