T.C.
YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GEMİLERDEKİ EGZOZ KULESİ DESTEK YAPILARININ TASARIMI

ALİCAN AŞKUN

YÜKSEK LİSANS TEZİ
GEMİ İNŞAATI VE GEMİ MAKİNELERİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI
GEMİ İNŞAATI VE GEMİ MAKİNELERİ MÜHENDİSLİĞİ PROGRAMI

DANIŞMAN
PROF. DR. SERKAN EKİNCİ

İSTANBUL, 2018

T.C.

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

GEMİLERDEKİ EGZOZ KULESİ DESTEK YAPILARININ TASARIMI

Alican AŞKUN tarafından hazırlanan tez çalışması 22.03.2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Serkan EKİNCİ

Yıldız Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri

Prof. Dr. Serkan EKİNCİ

Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Yrd. Doç. Dr. Özgür DEMİR

Yıldız Teknik Üniversitesi _____

Doç. Dr. Aytaç ARIKOĞLU

İstanbul Teknik Üniversitesi _____

ÖNSÖZ

Yüksek lisans tez çalışmamı hazırlamam esnasında benden yardımlarını esirgemeyen sayın hocalarım Prof. Dr. Serkan EKİNCİ ve Yrd. Doç. Dr. Özgür DEMİR'e, ilgili dokümanları ve tecrübelerini benimle paylaşan abilerim Semih Zorlu, Emrah Sağıroğlu, Ferdi Çiçek ve Taylan Karakaya ile beraber tüm SEFT Gemi Tasarım ailesine ve hayatım boyunca desteklerini eksik etmeyen aileme teşekkürü borç bilirim.

Mart, 2018

Alican AŞKUN

İÇİNDEKİLER

Sayfa

SİMGE LİSTESİ vi

KISALTMA LİSTESİ vii

ŞEKİL LİSTESİ viii

ÇİZELGE LİSTESİ ix

ÖZET x

ABSTRACT xi

BÖLÜM 1

GİRİŞ 1

1.1 Literatür Özeti 1
1.2 Tezin Amacı 2
1.3 Hipotez 2

BÖLÜM 2

FAUNDEYŞIN YAPILARI 3

2.1 Faundeyşın Tasarımı 3
2.2 Faundeyşın Tipleri 4
2.3 Kullanılan Malzemeler 5
2.4 Montaj Donanımı 9

BÖLÜM 3

UYGULAMA - EGZOZ KULESİ TASARIMI 12

3.1 Kullanılan Yöntem ve Yönetmelikler 12
3.2 Uygulamanın Yer Aldığı Gemi Hakkında Genel Bilgi 15
3.3 Kullanılan Malzemeler 17
3.4 Taşıtılan Yükler 17
3.5 Tasarım ve Sistemin Oluşturulması 24

3.6 Analiz ve İyileştirme 28
3.7 AISC 360'a Göre Kesit Kontrolü 35

BÖLÜM 4

SONUÇ VE ÖNERİLER 38

KAYNAKLAR 39

EK-A

SON MODEL İÇİN SONUÇ DÖKÜMÜ.....41

ÖZGEÇMİŞ 55

SİMGE LİSTESİ

P_r	Hesaplanan eksenel kuvvet
P_c	İzin verilen eksenel kuvvet
P_n	Maksimum eksenel kuvvet
Ω	Emniyet katsayısı
M_r	Hesaplanan eğilme gerilmesi
M_c	İzin verilen eğilme gerilmesi
M_n	Maksimum eğilme gerilmesi
K	Efektif uzunluk faktörü
L	Desteklenmeyen boy
r	Eylemsizlik yarıçapı
F_{cr}	Kritik gerilme
F_y	Akma gerilmesi
A_g	Kesit alanı
F_e	Elastik eğilme gerilmesi
E	Elastisite modülü
Z	Mukavemet momenti
A_w	Profil web alanı
C_v	Web kesme katsayısı
V	Rüzgar hızı
q	Yüzeye yayılı rüzgar basıncı veya emme
ρ	Hava yoğunluğu
g	Yerçekimi ivmesi
c_p	Yapı yüzeyi konum katsayısı
w	Eşdeğer statik basınç veya emme kuvveti

KISALTMA LİSTESİ

AISC	American Institute of Steel Construction
DIN	Deutsches Institut für Normung
DWT	Deadweight Tonnage
GT	Gross Tonnage
IMO	International Maritime Organization
ISO	International Organization for Standardization
SAP	Structural Analysis Program

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2. 1 Faundeyşın örnekleri 3
Şekil 2. 2 Faundeyşın tipleri 4
Şekil 2. 3 Tavalı faundeyşın örnekleri 5
Şekil 2. 4 Dablin levhası uygulamaları 6
Şekil 2. 5 Köşe pah kırma örneği 7
Şekil 2. 6 Braket detayı 7
Şekil 2. 7 Güverte altı destek elemanları 8
Şekil 2. 8 Gider boşlukları 9
Şekil 2. 9 Temel civata ölçüleri 9
Şekil 2. 10 Civata türleri 10
Şekil 2. 11 Saplama türleri 11
Şekil 3. 1 SAP2000 model gösterimi 14
Şekil 3. 2 Karadeniz Powership Osman Khan 16
Şekil 3. 3 Egzoz hattı ana makine çıkışı 18
Şekil 3. 4 Egzoz kulesi ekipman yerleşimi 19
Şekil 3. 5 Egzoz hattı üzerindeki rüzgar yükleri 21
Şekil 3. 6 Kat 1,2 yükleme istasyonları 22
Şekil 3. 7 Kat 3,4,5,6 yükleme istasyonları 23
Şekil 3. 8 SAP2000 yeni model ekranı 25
Şekil 3. 9 SAP2000 kafes sistem tanımlama ekranı 25
Şekil 3. 10 SAP2000 malzeme tanımlama ekranı 26
Şekil 3. 11 SAP2000 kesit tanımlama ekranı 26
Şekil 3. 12 SAP2000 çizim araç çubuğu 27
Şekil 3. 13 SAP2000 yük grubu tanımlama ekranı 28
Şekil 3. 14 SAP2000 analiz ekranı 28
Şekil 3. 15 Model 1 kesit kontrol görüntüsü 30
Şekil 3. 16 Düzeltilen model 3 kesit kontrol görüntüleri 30
Şekil 3. 17 Model ağırlıkları 31
Şekil 3. 18 En çok gerilme taşıyan elemanlar ve yapının deforme hali 32
Şekil 3. 19 '50' numaralı eleman için gerilme oranı ve yer değiştirme değerleri 33
Şekil 3. 20 '281' numaralı eleman için gerilme oranı ve yer değiştirme değerleri 33
Şekil 3. 21 '26' numaralı eleman için gerilme oranı ve yer değiştirme değerleri 34
Şekil 3. 22 '302' numaralı eleman için gerilme oranı ve yer değiştirme değerleri 34
Şekil 3. 23 SAP2000 gerilme kontrol ekranı 37

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2. 1 Ekipman ağırlığına göre köşebent seçimi 6
Çizelge 2. 2 Profil yüksekliklerine göre gider açıklıkları 8
Çizelge 3. 1 Gemi temel özellikleri.....15
Çizelge 3. 2 Malzeme mukavemet özellikleri 17
Çizelge 3. 3 Kullanılan yapı elemanlarının mukavemet özellikleri.....17
Çizelge 3. 4 Egzoz sistemi ekipman ağırlıkları.....19
Çizelge 3. 5 Ekipmanlara etkiyen rüzgar yükleri.....21
Çizelge 3. 6 Yükleme istasyonları.....24
Çizelge 3. 7 Model ağırlıkları ve kullanılan profil sayıları 31

ÖZET

GEMİLERDEKİ EGZOZ KULESİ DESTEK YAPILARININ TASARIMI

Alican AŞKUN

Gemi İnşaatı ve Gemi Makinaları Mühendisliği Anabilim Dalı

Yüksek Lisans Tezi

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Serkan EKİNCİ

Bu yüksek lisans tezinde gemilerde kullanılan ekipman tiplerine bağlı olarak hazırlanan faundeyşınlar için temel esaslar ve genel kriterlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Böylece yapılan uygulamalara standart getirilip uygun profil seçimi ile ağırlık tasarrufu yapılabilecektir.

Çalışmanın üçüncü ve son kısmında ise yüzer bir elektrik santrali gemisinde karşılaşılan en büyük faundeyşın yapısı için, sonlu elemanlar yöntemine dayalı olarak geliştirilen bir ticari paket program (SAP2000) yardımıyla bir model tasarımı yapılmıştır.

Egzoz kulesi olarak geçen bu yapı ana güverte üzerinde bulunan egzoz sistemini oluşturan ekipmanların taşıtılması ve desteklenmesi amacıyla tasarlanmıştır. Yapının tasarımında, yapının kendi ağırlığı, taşıdığı ekipmanların ağırlıkları ve rüzgar yükleri göz önüne alınmış ve farklı rüzgar yüklemeleri için üç farklı senaryo incelenmiştir.

Bu incelemeler sonucunda tasarımı yapılan yapının uygunluğu kontrol edilmiş, üç farklı senaryo için sonuçlar karşılaştırılmıştır. İteratif olarak yapılan düzeltmelerle emniyetli kısımda kalarak hafif bir yapı oluşturulmaya çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: SAP2000, sonlu elemanlar yöntemi, faundeyşın, gerilme analizi

ABSTRACT

FOUNDATION DESIGN OF EXHAUST TOWERS ON SHIPS

Alican AŞKUN

Department of Naval Architecture and Marine Engineering

MSc. Thesis

Adviser: Prof. Dr. Serkan EKİNCİ

The scope of this master thesis is to establish a basic and general criterion for the design of foundations depending on the type of supported equipment. Hence a standard for the applied work would be settled and weight saving could be possible by selecting the right profiles.

In the third and last part of this study a model design is performed by a commercial packaged software (SAP2000), which is developed based upon finite element method, for the biggest foundation encountered on a floating energy central.

This structure, which is called exhaust tower, is designed to carry and support the equipment of exhaust system located on the main deck. Structure's own weight, supported equipment and wind loads are taken into account while working on its design and three different scenarios with different wind loads are examined.

In consequence of these examinations the model is analyzed for its convenience and the results of three scenarios are compared. By making iterative refinements, a light weight structure within the limits of safe zone, is tried to be created.

Keywords: SAP2000, finite element method, foundation, stress analysis

BÖLÜM 1

GİRİŞ

1.1 Literatür Özeti

Faundeyşın yapıları, gemi üzerindeki her türlü ekipmanı, kendi etkileri ve dış etkiler (gemi hareketleri) sonucu meydana gelen kuvvetler karşısında desteklemek, gemi bünyesine sabitlemek ve bu ekipmanların meydana getirebileceği azami yük ve titreşimin gemi bünyesine iletimini azaltmak amacıyla tasarlanmaktadır. Faundeyşın dizayn kriteri olarak eskiden beri yapılan uygulamalarda yalnızca klas kuruluşları tarafından ve çoğunlukla ana makine ve kazanları kapsayan kısa referanslar dikkate alınmıştır, ancak daha makul bir yaklaşımla statik ve dinamik koşullar göz önünde bulundurularak yapılan ön dizaynlar ile ihtiyaç dışı yapılar giderilerek faundeyşının toplam ağırlığının azaltılması ve ekipmanın daha problemsiz çalışmasına olanak sağlanabilmektedir (Cashman [1]). Yapısal dizaynın ilk evrelerinde verilen kararlar yapıların toplam maliyet ve çevre performansını kritik derecede etkilemektedir. Tasarımcı tek amaca yönelik çalışmanın ötesinde bütünsel bilgi birikimine sahip olması daha kapsamlı karar verebilmesi açısından önemlidir (Zhang vd. [2]).

Türk Loydu tekne yapım kurallarına göre, sevk sistemini oluşturan makinalar ve donanım, sağlam ve rijit temeller üzerine kurulmalı ve güvenli bir şekilde bağlanmalıdır. Bu maksatla, temellerin her bir üst levha sacı için net en kesit alanı, net üst levha sac kalınlığı, temel boyunca konulan görderlerin toplam gövde kalınlığı ve temel boyunca konulan döşeklerin net et kalınlığı için minimum değerler hesaplatılmaktadır [3]. Bu minimum değerler diğer klas kuruluşlarınca da çok benzer olmakla birlikte, diğer

faundeyşın yapıları için yeterli rijitlikte olmaları gerektiğinin belirtilmesi dışında ayrıca bir formülasyon verilmemiştir.

Faundeyşın tasarımı yapılırken belli bir iş akışını takip etmek optimum bir tasarıma ulaşılması açısından büyük önem taşır (Orhan [4]). Bu iş akışı; faundeyşın dizayn ihtiyacının belirlenmesi, faundeyşın tasarımı yapılacak ekipmana ait boyut, ağırlık, vs. bilgilerin toplanması, dinamik ve statik yük hesaplarının yapılması, faundeyşın geometrik modelinin oluşturulması, ekipman ve montaj edileceği bölgenin bağlantı detayları da değerlendirilerek taşıyıcı elemanların belirlenip boyutlandırılması ve bağlı kalınan standartlar için kontroller yapılarak mukavemet isterleri sağlanana kadar çalışmanın tekrar edilmesi şeklinde sıralanabilir.

1.2 Tezin Amacı

Bu çalışmada amaçlanan gemi üzerindeki ekipmanlara hazırlanan faundeyşınlar için bir takım standartların ortaya konulması ve ötesinde büyük faundeyşın yapıları için uygun tasarımın yapılarak ağırlık tasarrufu yapılabilmesidir. Yapılan literatür taramasında ana makina ve kazanlar dışında loyd kapsamı dışında kalan büyük ekipmanlar için herhangi bir düzenlemenin olmadığı ve ağırlık azaltma çalışmalarının genel olarak göz ardı edildiği görülmüştür. Burdan yola çıkarak birden çok ekipmanı taşıyan büyük bir yapı örnek olarak incelenmiş ve uygun tasarımı üzerinde çalışılmıştır.

1.3 Hipotez

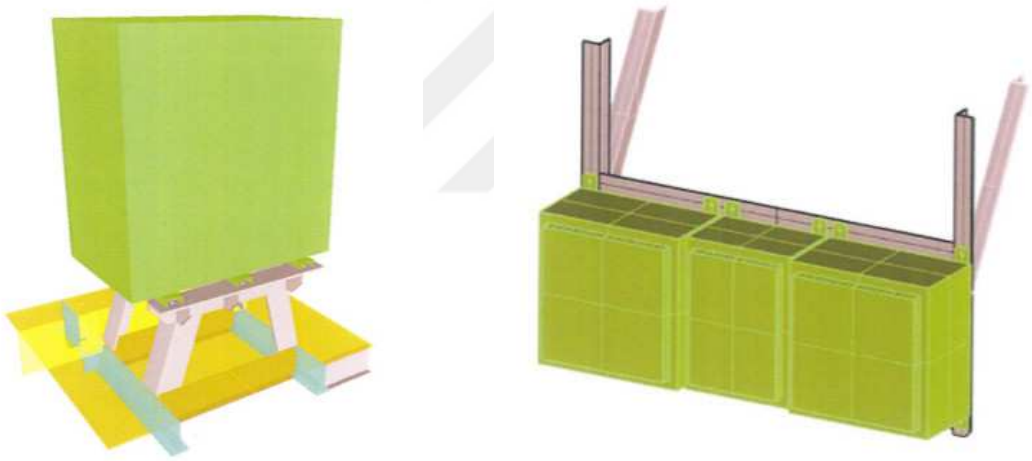
Çalışma kapsamında farklı rüzgar hızlarında faundeyşın olarak değerlendirilen egzoz kulesi yapısının nasıl tepki verdiği incelenmiş, kullanılan elemanların gerilme ve yer değiştirme değerleri karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, geminin hizmet vereceği bölgenin hava raporları göz önünde bulundurularak uygun görülen en yüksek rüzgar hızı için son tasarım yapılmıştır.

BÖLÜM 2

FAUNDEYŞIN YAPILARI

2.1 Faundeyşın Tasarımı

Faundeyşınlar taşıyacakları ekipman sayısına göre tekli (a) veya çoklu (b) olacak şekilde tasarlanabilirler (Şekil 2.1).



(a) (b)

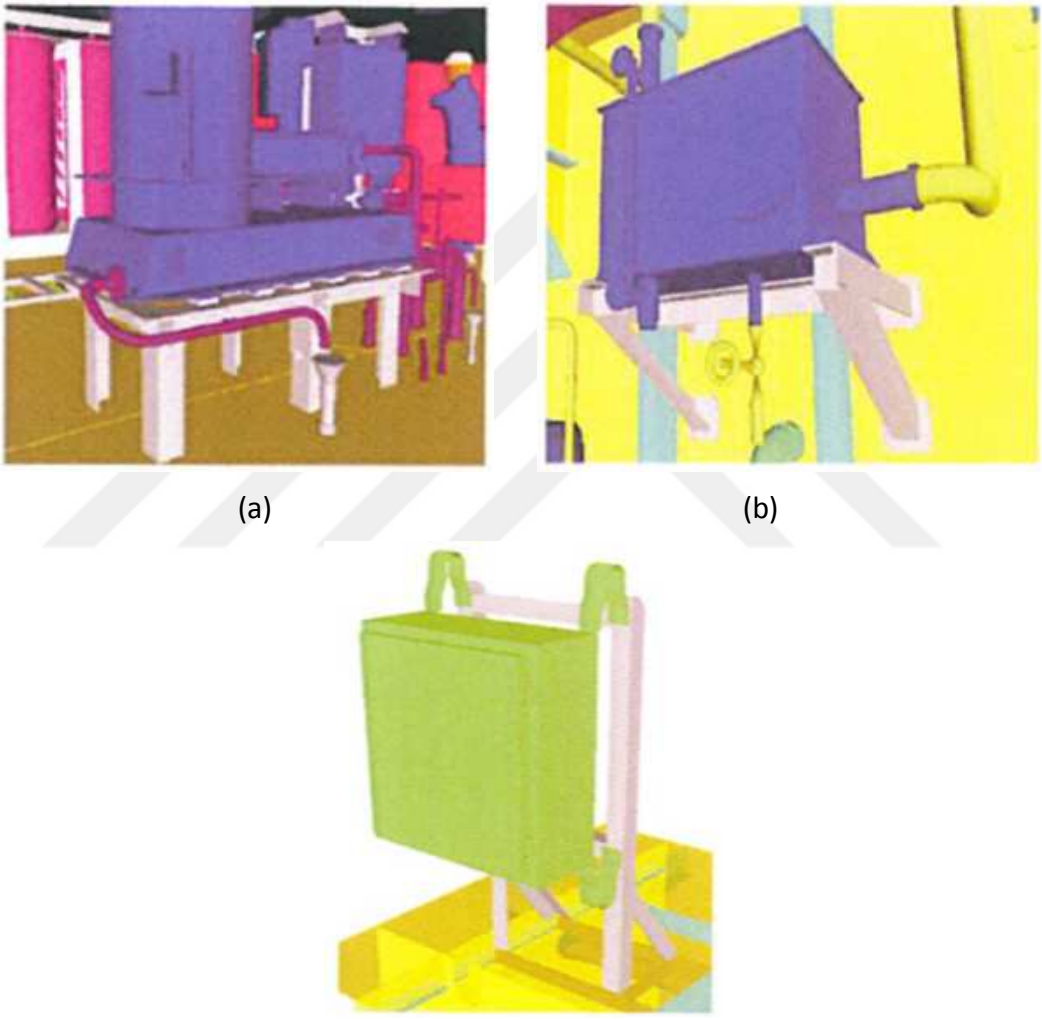
Şekil 2. 1 Faundeyşın örnekleri

Tasarım aşamasında elektrik, dreyn gibi ekipman bağlantıları, servis ve bakım alanları gözönünde bulundurulmalıdır. Olası çatışmaların engellenmesi ve valf kollarına ulaşılabilir olunduğundan emin olunması için çevre kontrolü yapılmalıdır. Güverte ve perdelerdeki izolasyonlar göz önünde bulundurulmalıdır. Faundeyşının bir kısmı izolasyonun içine giriyor dahi olsa ekipmanın montajının yapılacağı kısım kolayca ulaşılabilir olmalıdır. Ayrıca faundeyşın yüksekliğini doğrulamak açısından yürüme yolları, ızgaralar ve güverte kaplamaları kontrol edilmelidir. Bunun yanında genellikle

tedarikçiden gelen, montajı yapılacak olan ekipmanın boyutları, özellikleri, ağırlığı ve ayak izi bilgilerini içeren veri föyü incelenmeli; yüzey bitirilişi, düzlük, hizalama ve belirli montaj donanımı kullanma talimatı var ise dikkate alınmalıdır. Unutulmamalıdır ki ilk dizaynda gözden kaçırılan her detay zaman kaybı ve fazladan işçiliğe neden olacaktır.

2.2 Faundeyşın Tipleri

Faundeyşınlar şekil olarak çerçeve (a) , raf (b) ve sütunlu (c) olacak şekilde ayrılabilirler.



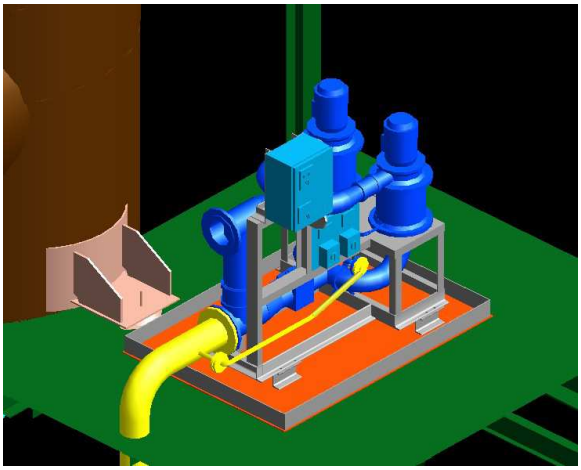
(a) (b)

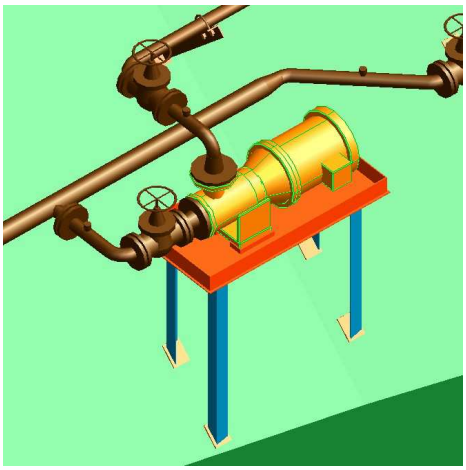
(c)

Şekil 2. 2 Faundeyşın tipleri

Sintine, yakıt, yağ, çamur vb. devrelere bağlı ekipmanlar için ayrıca tavalı faundeyşınlar tasarlanır. Bu tavaların amacı ekipmanın normal kullanım veya bakım esnasında oluşabilecek bir sızıntıdan kaynaklı pisliğin toplanabilmesidir. Tava ekipman bağlantı flençlerini ve mümkünse devreye bağlı filtrelerin altını çevreleyebilmelidir. Ekipman bu

tavanın üstüne kaynatılacak profil veya takoz parçaları üzerine sabitlenir. Şekil 2.3'te tava üstüne kaynatılmış U profiller ve takozlar görülebilir.

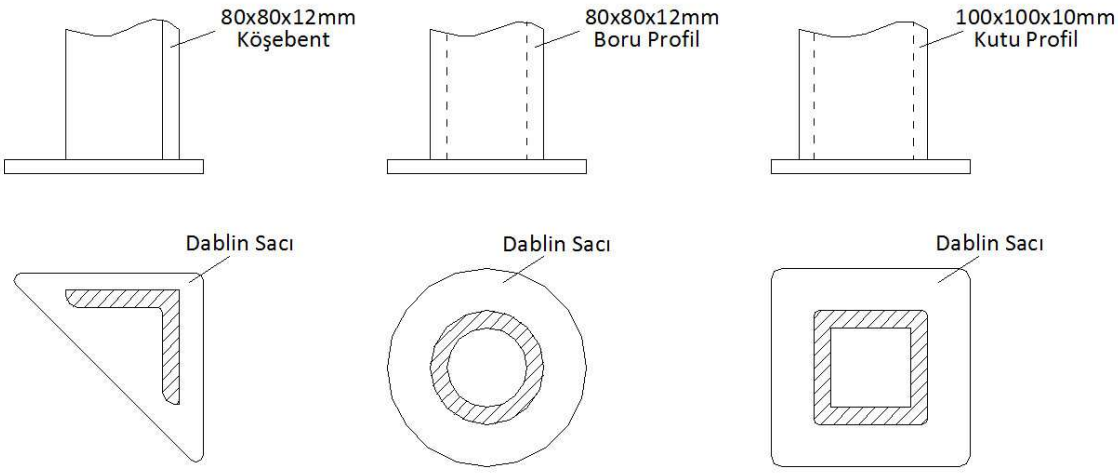




Şekil 2. 3 Tavalı faundeyşın örnekleri

2.3 Kullanılan Malzemeler

Faundeyşınlar, profiller ve sac levhaların kendi aralarında ve birbirlerine kaynak yöntemiyle birleştirilmeleriyle oluşur. Faundeyşının gemi bünyesine bağlantı kısımlarına "dablin sacı" veya "dabler" olarak adlandırılan basit şekilli elemanlar yerleştirilir. Taşıyıcı profilin şekline göre farklı şekillerde kesilebilen bu elemanların amacı, ayakların zemine dengeli oturmasını sağlamak, bağlantı yüzeyini genişletmek, güverte kaplamasına etki eden kuvveti yaymak ve böylece kaplamanın bağlantı noktasındaki dayanımını arttırmaktır. Ayrıca dablin sacı tadilat gerektiren durumlarda kaplama sacının zarar görmemesini sağlar. Faundeyşının değişmesi gerektiğinde kaplama sacına zarar vermeden, dablin sacı üzerinden kaynak kesilerek işlem yapılabilecektir. Bu elemanların imalata verilirken köşelerine pah kırılarak verilmesi, gemi bünyesine kaynak yapılması esnasındaki işçilik süresini önemli oranda azaltacaktır. Kalınlıkları ise kaynak yapılan taşıyıcı elemanın et kalınlığından az olmamalıdır. Şekil 2.4'te bazı dablin sacı uygulamaları görülebilir.



Şekil 2. 4 Dablin sacı uygulamaları

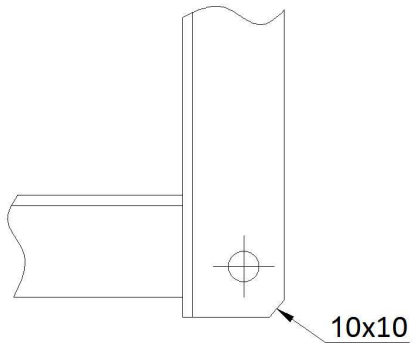
Taşıyıcı ayaklar için genel olarak piyasada rahat olarak bulunabilen eşit kanatlı (eşkenar) köşebentler tercih edilmeli, kalınlık, kanat genişliğinin %10'u olarak seçilmelidir. Örnek olarak 50x50x5, 60x60x6, 80x80x8 gibi. Kullanılan köşebentin kanadı, ekipmanın montajının kolaylıkla yapılabilmesi için ayak izi ile uyumlu olmalıdır. L profillerde flenç kısmının dışarı yöne bakması civatanın bağlanması açısından kolaylık sağlayacaktır. Ekipmanın uç kısmı veya montaj desteği ile köşebent uç noktası arasında köşebent dışta kalacak şekilde yaklaşık 10mm bırakılmalıdır [5]. Köşebentin boyutlandırılması ekipman ağırlığı, ekipmanın tipi ve narinlik oranı dikkate alınarak yapılmalıdır. Yapılan analizler ve tecrübeler sonucunda belli ağırlıktaki ekipmanlar için hangi tip köşebent kullanılacağı konusunda kabuller yapılmıştır.

Çizelge 2. 1 Ekipman ağırlığına göre köşebent seçimi [5]

Ekipman Ağırlığı	**Köşebent**
W ≤ 80 kg	L50x50x5
80 < W ≤ 150 kg	L60x60x6
150 < W ≤ 300 kg	L70x70x7
300 < W ≤ 500 kg	L80x80x8
500 < W ≤ 900 kg	L100x100x10
W > 900 kg	L120x120x12

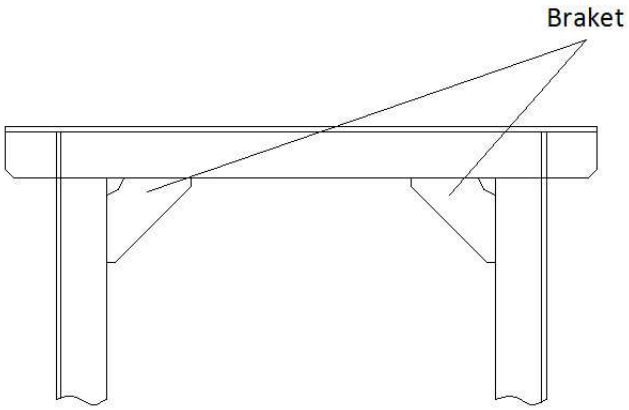
Çizelge 2.1'deki bu kabuller mukavemet açısından uygun olsalar da ekipman ayak izleri, tersanedeki stok durumu, toplu sipariş ve imalat kolaylığı gibi sebeplerle daha büyük profiller de seçilebilir. Taşıyıcı ayak sayısına ve yerine göre de farklı seçimler yapmak mümkündür. Tercih edilen ekipman ayaklarını faundeyşın ayaklarıyla mümkün olduğunca aynı hizada güverteye ve gemi taşıyıcı elemanlarına aktarmaktır. Böylelikle moment oluşumu ve çökmeler minimumda tutulmuş olacaktır.

Köşebent uç noktalarına gerek imalat gerekse geminin normal kullanımı esnasında yaralanmaları önlemek için 10x10 veya benzer boyutta pah kırılmalıdır [5].



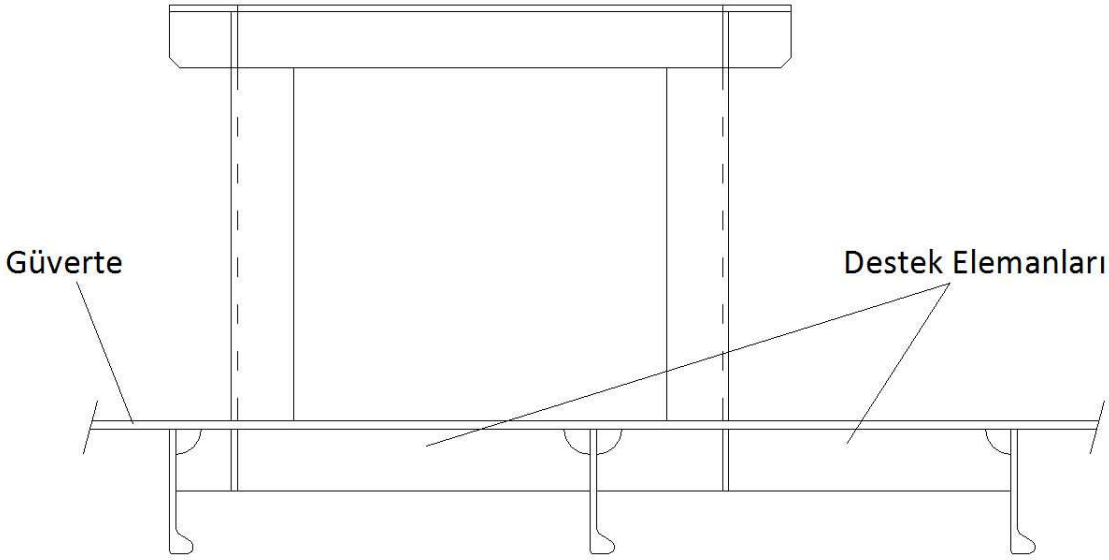
Şekil 2. 5 Köşe pah kırma örneği

Desteklenmeyen boyun fazla olduğu uzun köşebentlerde çökmeyi engellemek ve rijitliği arttırmak adına kalınlığı köşebent kalınlığı ile aynı olan braketler kullanılabilir.



Şekil 2. 6 Braket detayı

Güverteye veya perdeye kaynaklanan faundeyşın ayaklarının diğer tarafında gerilim birikme noktası oluşmasını engellemek amacıyla destek olmalıdır. Bu destek mevcut gemi yapısında var olabilir, yok ise düz plakalarla bu noktalar taşıyıcılara iletilmelidir [6]. Bu şekilde daha uzun ömürlü bir yapı elde edilebilir.



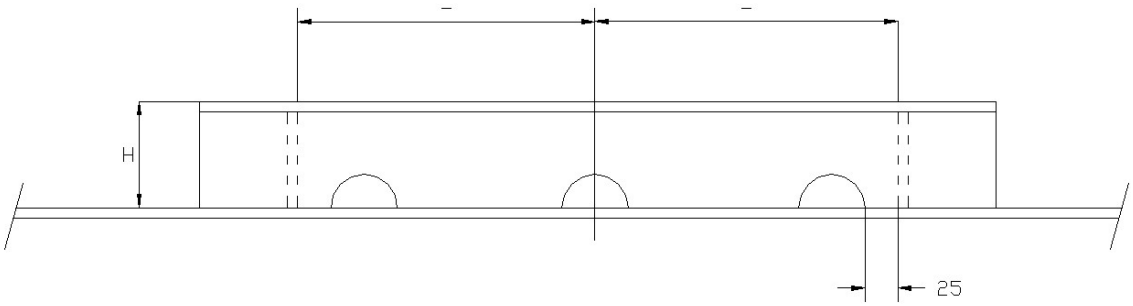
Şekil 2. 7 Güverte altı destek elemanları

Genel kural olarak faundeyşın yapısında sıvı birikmesi engellenmelidir. Bu tavalı faundeyşınlarda tavanın uygun bir köşesine açılan manşon deliği ile sağlanır. Profillerin yere kaynatıldığı durumlarda ise ayrıca gider boşlukları bulunmalıdır. Bu giderlerin boyutları için Çizelge 2.2 dikkate alınabilir.

Çizelge 2. 2 Profil yüksekliklerine göre gider açıklıkları [6]

Profil Yüksekliği (mm)	**Gider Açıklığı Yarıçapı (mm)**
H < 50	20
50 < H < 100	25
W > 100	50

Bu açıklıklar 1 metre'de 1 olacak şekilde yerleştirilebilir, 1 tane ise faundeyşının ortasına, birden çok ise kaynak ağızlarından en az 25 mm uzakta olacak şekilde kenarlara da yerleştirilebilirler.

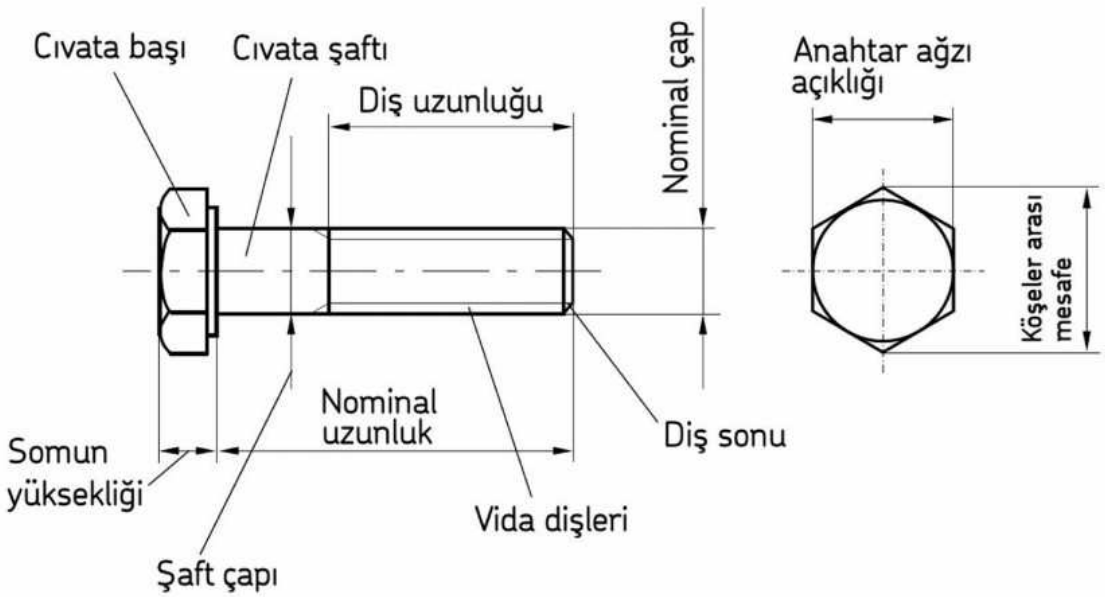


Şekil 2. 8 Gider boşlukları

Tavalı faundeyşınlarda eğer takoz kullanılıyorsa bu takozun kalınlığı 20 mm'den az olmamak şartıyla montajı yapılacak civata çapının 1,5 katından az olmamalıdır [6].

2.4 Montaj Donanımı

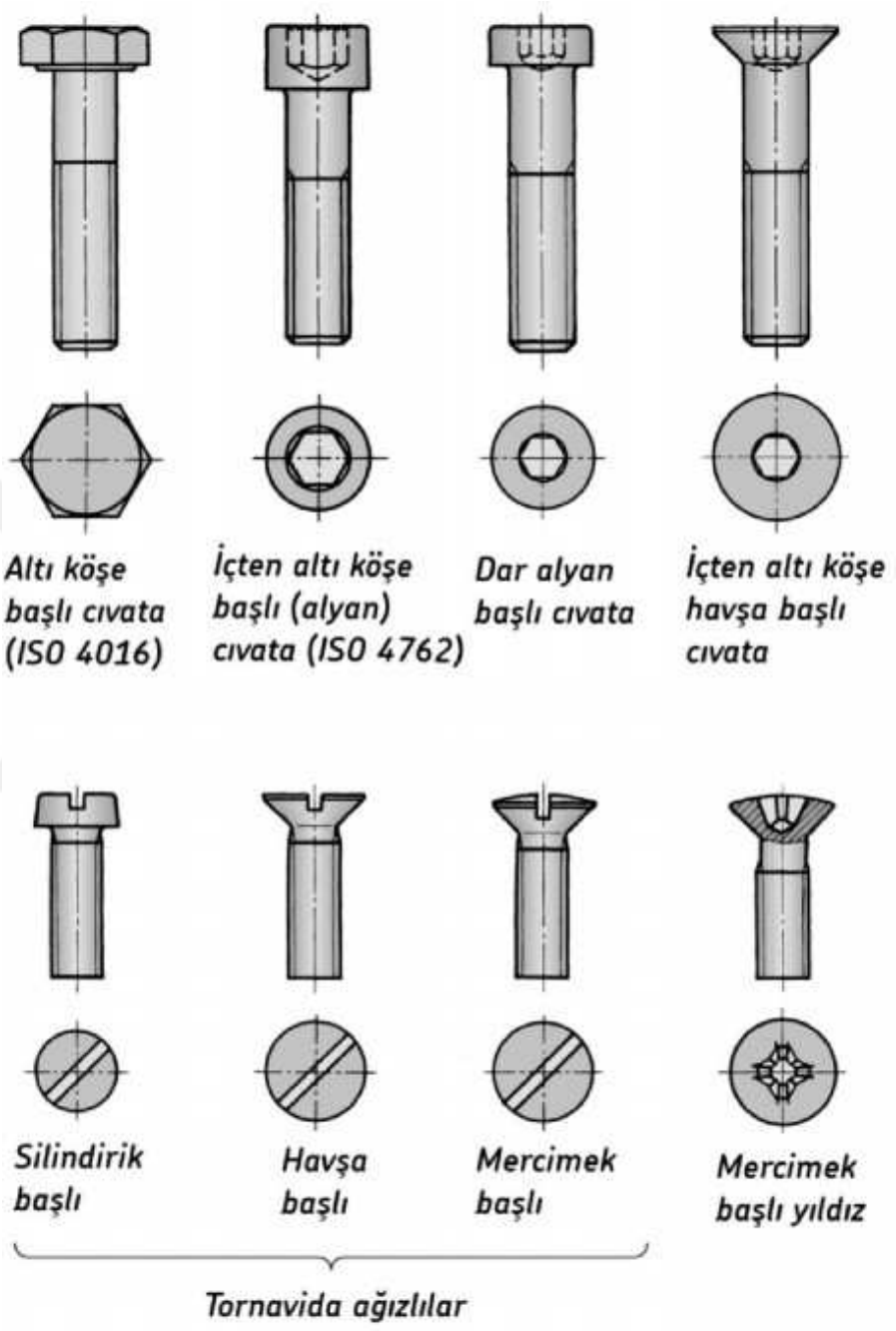
Ekipmanlar gemi üzerinde çeşitli nedenlerle bulundukları yerlerden kaldırılmak durumunda kalabilirler. Bu sebeple olabildiğince sökülebilir olarak montajlanmaları tercih edilmektedir. Civata ve somunlar en çok kullanılan en önemli çözülebilir elemanlardır.



Şekil 2. 9 Temel civata ölçüleri

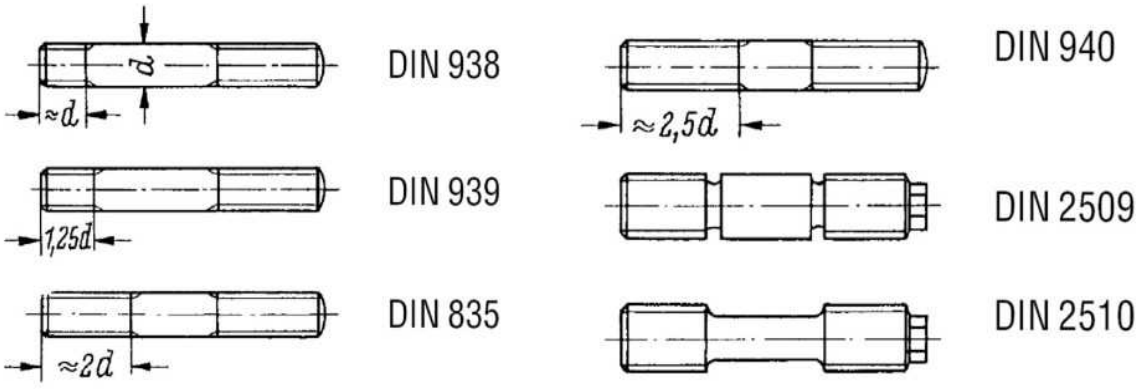
Faundeyşınlar üzerinde montaj için açılacak delikler civata şaft çapından 1 mm büyük olmalıdır. 20 mm çapın üstündeki civatalar için ise 2 mm büyük olmalıdır. Açılacak

montaj delikleri köşebent flanş kısmının ortasına getirilmeli, civata ve somunun rahatça yerleştirilmesi için yeterli alana sahip olmalıdır. Bu alan yaklaşık olarak civata şaft çapının iki katı olarak kabul edilebilir.



Şekil 2. 10 Civata türleri [7]

Takoz kullanılan faundeyşınlarda saplama türünde civatalar kullanılır. Takozun içine atılan saplama üstten civata ile sabitlenir. Bu şekilde tavanın bütünlüğünün zarar görüp sızıntı yapması engellenir.



Şekil 2. 11 Saplama türleri [7]

BÖLÜM 3

UYGULAMA - EGZOZ KULESİ TASARIMI

3.1 Kullanılan Yöntem ve Yönetmelikler

Egzoz kulesi tasarımı için; faundeyşın geometrisinin oluşturulması ve gerekli mukavemet dayanımının sağlandığının kontrolü SAP2000 paket programı yardımıyla gerçekleştirilmiştir. SAP2000 mühendislik yazılımı, yapıların üç boyutlu olarak modellenmesi, hesaplanması ve boyutlandırılması amacıyla kullanılan bir bilgisayar yazılımıdır. Program çalışma prensibi olarak sonlu elemanlar metodunu kullanmaktadır.

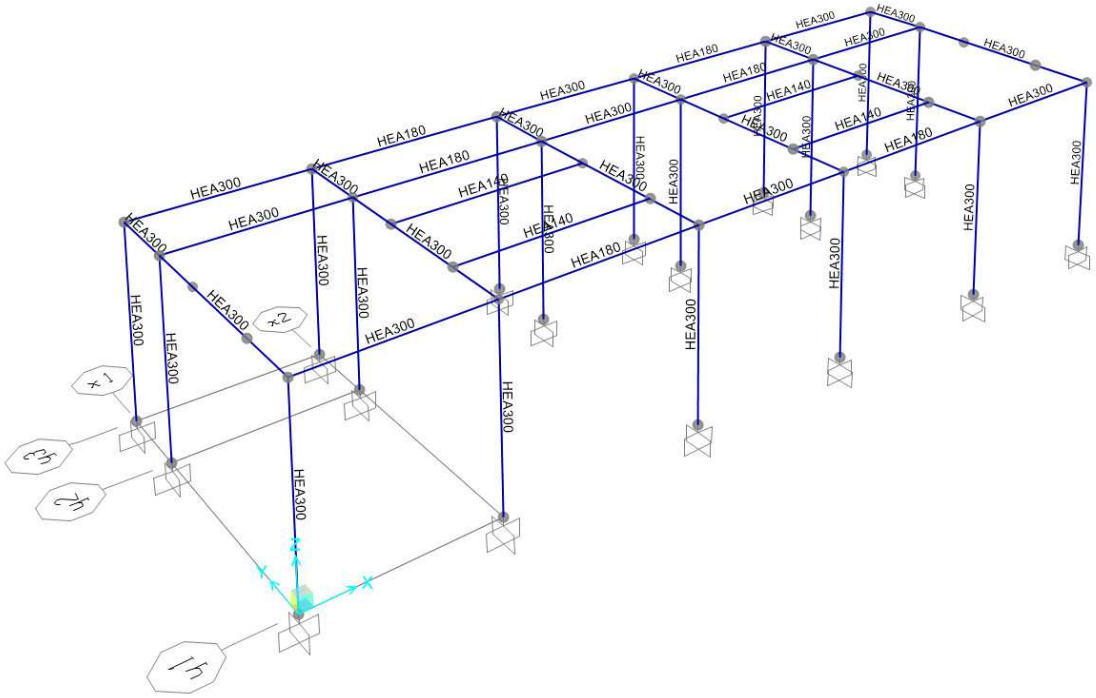
Sonlu elemanlar metodu; karmaşık bir sistemin daha basit alt bölgelere ayrılması, bu basit alt bölgelerin matematiksel olarak çözülüp bunu takiben bütüne uygulanması ve karmaşık sistemin çözümüne ulaşılması prensibine dayanan bir yaklaşım metodudur. Hamrit ve diğerleri [8] sonlu elemanlar metodunun, sürekli bir sistemi sonlu sayıda parametre ile tanımlanmış münferit bir sistem olarak kabul etmesi ile ulaşılabilecek en kusursuz sonuca ulaşma imkanı sağladığını belirtmiştir. Cook ve diğerleri [9] sonlu elemanlar metodunun kuvvetini çok yönlülüğünden aldığını ileri sürmüştür. Metot çok farklı fiziksel problemlerin çözümünde uygulanabilir ve analiz edilen yapı rastgele şekil, yük ve destek durumlarında olabilir. Bu çok yönlülük; problem tipi, geometri, sınır koşulları, eleman seçimi gibi veri girdilerinin kullanıcı kontrolünde girilebileceği tek bir bilgisayar programı bünyesinde toplanabilir.

Alt bölgelere ayırma, "ayrıklaştırma" veya "çözüm ağı oluşturma" olarak tabir edilen yani sonsuz sayıda noktadan oluşan yapıyı sonlu sayıda eleman ve nodlarına ayırma işlemidir. Sınır şartları tanımlandıktan sonra her eleman için katılık matrisi yazılabilir. Elemanların ortak nodları (düğüm noktaları) için sadeleştirme yapıldıktan sonra ise tüm

yapının katılık matrisi elde edilebilir ve buna göre yaklaşık çözüm yapılır. Sonlu elemanlar metodu yapının geometrisini temel alır. Bu yapının ayrıklaştırılması genel katılık matrisinin bulunması için, gerilme enerjisine bağlı olarak ilk temel matrisleri ortaya çıkarır. Sınır şartları ve yüklerin uygulanmasından sonra tüm nodlardaki bilinmeyen yer değiştirmeler ve elemanlardaki bilinmeyen eksenel gerilmeler hesaplanabilir (Lalanne vd. [10]).

SAP2000 paket programı da analiz için her nesneyi geometrik yapıları ile uyuşan bir veya birden fazla elemana dönüştürür. Bu eleman tabanlı model hesap modeli olarak adlandırılır ve sonlu elemanlar ve düğüm noktalarını içerir. Program bölümlendirmenin hassasiyet derecesinin ayarlanması veya el ile yapılması seçeneklerini de sunar. Sonuçlar ise yine nesne tabanlı bir model üzerinde gösterilir. Modelin daha fazla eleman içermesi veya bu elemanların istasyon sayılarının arttırılması sonuçtaki hassasiyeti arttıracaktır [11]. Bu çalışmada incelenen egzoz kulesi program içinde 328 üç boyutlu kiriş elemanı ve 274 düğüm noktası girilerek modellenmiş yatay ve dikey çerçeve kısımları oluşturulmuştur. Daha sonra modeli oluşturan yapıya malzeme bilgileri tanımlanmış ve sınır koşulları atanmıştır. Şekil 3.1'de yapının ilk katı için seçilen malzeme ve profil tipi ataması yapılmış çubuk elemanları ve bağlantı noktaları (nodlar) gösterilmiştir. Sınır koşullarından biri olarak profillerin güverteye kaynaklı uçlarının ankastre mesnetli olduğu, bu kapsamda bu uçların doğrusal veya rotasyonel hiçbir hareket gerçekleştiremeyeceği kabulü yapılmıştır.

Program mukavemet yeterliliği için analiz yaparken AISC 360 standartlarını [12] kullanır. AISC - Amerika Çelik Yapı Enstitüsü, yapısal çelik tasarım topluluğuna ve inşaat sanayine hizmet vermek üzere 1921'de kurulmuş, genel merkezi Chicago'da olan kar amacı gütmeyen bir enstitüdür. Çelikle ilgili teknik ve inşaat piyasasına ilişkin; şartname ve kod geliştirilmesi, araştırma, eğitim, teknik yardım, kalite sertifikasyonu, standardizasyon ve pazar geliştirilmesi faaliyetlerinde lider olan AISC'nin amacı yapısal çeliğin kullanımını yaygınlaştırmaktır [13]. Kesit kapasite kontrolü yapılan son kısımda kullanılan standartlara değinilecektir. Ayrıca rüzgar yükü hesaplanırken Türk Standartları Enstitüsü'nün TS498 – Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri standartları [14] kullanılmıştır.



Şekil 3. 1 SAP2000 model gösterimi

Bilgisayar programları hesaplamalarda ve sonuçların kontrolünde birçok yetkin özelliklerle donatılmış olsa da sonuçların yorumlanması mühendislik bilgisi ve tecrübesi gerektirir. Kullanılan programdan bağımsız olarak her yapı mühendisinin bir yapıyı ele alma sırası modelleme, hesaplama (analiz) ve boyutlandırma olacak şekilde sıralanabilir (Engin [15]). SAP2000 içerisinde de bu sıralama geçerlidir, içeriklerini biraz açacak olursak;

Modelleme, çizim, tanımlamalar, atamalar, düzenlemeler ve görünüş ayarlarından oluşur. Ara mesafelerin belirlenerek kafes sistemin oluşturulması, malzemelerin (çelik, beton, alüminyum), kesitlerin, yüklerin (döşeme, kaplama, insan, kar, rüzgar, deprem v.s.), analiz çeşitlerinin, düğüm noktası şartlarının ve yük kombinasyonlarının tanımlanması, daha sonra bu tanımlamalardan oluşturulan geometriye malzeme, kesit, yük, mesnet ve düğüm noktası şartları atanması ve bunların düzenlenmesi bu kısımda yapılır.

Hesaplama, statik-doğrusal, dinamik-doğrusal, statik doğrusal olmayan ve dinamik doğrusal olmayan analizler olarak ayrılır. Statik-doğrusal analiz yüklemelerin yapıya bir defada uygulandığını kabul eden ve sistemin ilk hesaplanan rijitlik matrisinin hesap süresince değişmediğini kabul eden hesap metodudur. Dinamik-doğrusal analiz

yüklemelerin yapıya belirlenen bir süreçte eşit zaman adımlarına bölünmüş olarak adım adım uygulandığını kabul eden ve sistemin ilk hesaplanan rijitlik matrisinin hesap süresince değişmediğini kabul eden hesap metodudur. Statik doğrusal olmayan analiz yüklemelerden gravite yönünde olanlarının yapıya bir defada uygulandığını kabul eden hesap metodudur. Bu metotta sistemin ilk hesaplanan rijitlik matrisinin yanal yükleme sürecinde değiştiği kabul edilir her bir zaman adımında rijitlik matrisi yeniden hesaplanarak bir sonraki hesap adımında kullanılır. Dinamik doğrusal olmayan analiz ise yüklemelerin yapıya belirlenen bir süreçte eşit zaman adımlarına bölünmüş olarak adım adım uygulandığını kabul eden hesap metodudur. Bu metotta sistemin ilk hesaplanan rijitlik matrisinin yükleme sürecinde değiştiği kabul edilir. Her bir zaman adımında rijitlik matrisi yeniden hesaplanarak bir sonraki hesap adımında kullanılır.

Boyutlandırma aşamasında noktasal, çizgisel ve alansı yapı elemanları üzerinde yapılan hesaplama sonucunda elde edilen kuvvet ve yük etkileri, yönetmelikler esas alınarak ilk seçilen kesitlere uygulanır ve iteratif olarak boyutlandırılır.

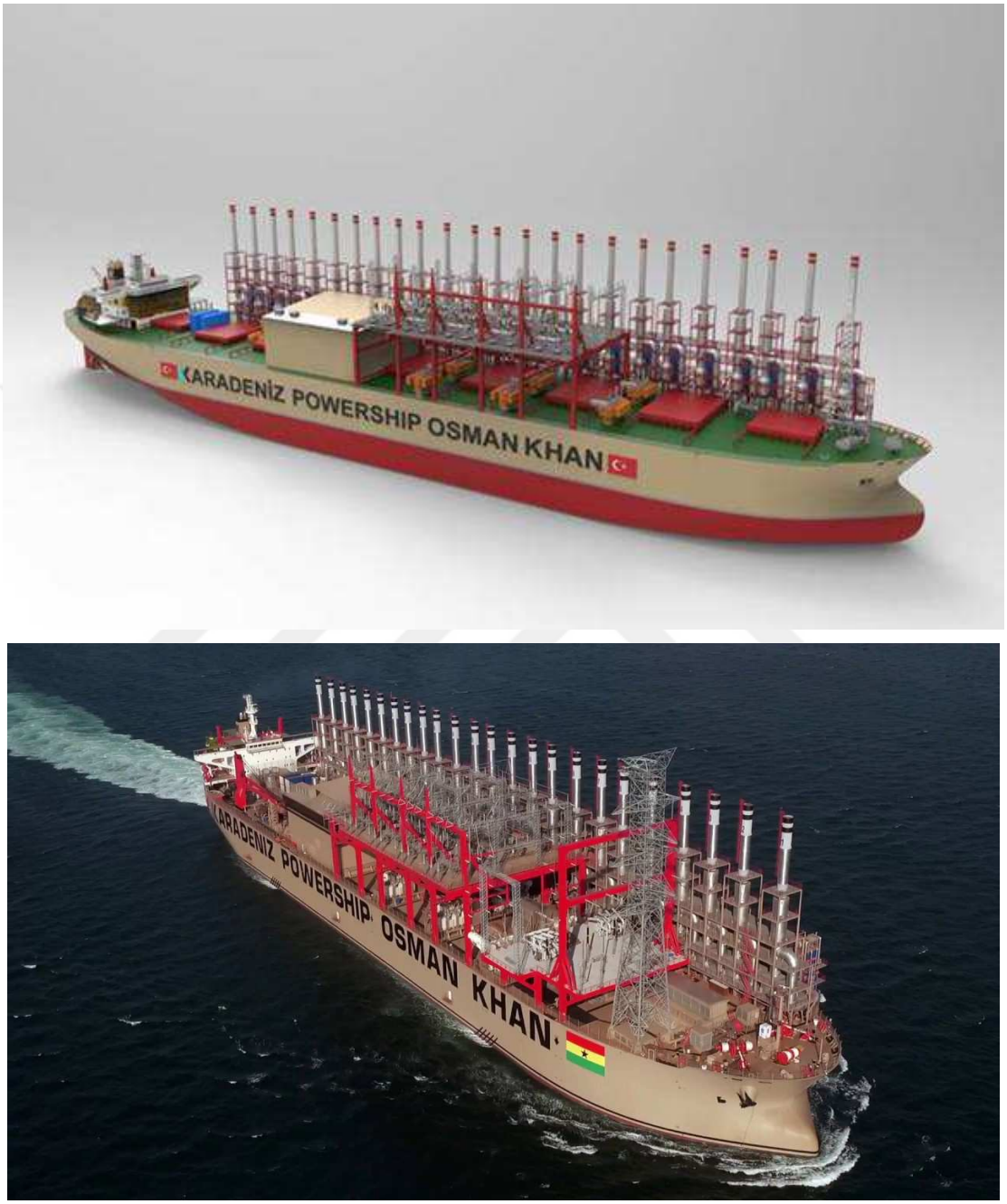
3.2 Uygulamanın Yer Aldığı Gemi Hakkında Genel Bilgi

Uygulama Karadeniz Holding'e ait yüzer bir enerji gemisinin ana güvertesi üzerinde yer almaktadır. Enerji gemileri kendinden tahrikli ya da mavna olarak tasarlanan tümüyle entegre yüzer enerji santralleridir. Geminin ana güvertesinin üzerinde bulunan bu egzoz kulesi de, egzoz sistemini oluşturan ekipmanların taşıtılması ve desteklenmesi amacıyla tasarlanmıştır. Uygulamanın yapıldığı geminin temel bilgileri Çizelge 3.1'de, görselleri ise Şekil 3.2'de incelenebilir.

Çizelge 3. 1 Gemi temel özellikleri

Tam Boy	300 m
Kalıp Genişliği	50 m
Kalıp Derinliği	23,9 m
Tonaj	100330 GT 184744 DWT
Hız	12,8 km/saat

Egzoz kulesinin tasarımında, yapının kendi ağırlığı, taşıdığı ekipmanların ağırlıkları ve rüzgar yükleri göz önüne alınmıştır. Gemi boyunca 8 ambar ve 24 adet egzoz bacası bulunmaktadır. Çalışma 1 ambar üzerinde bulunan 3 egzoz bacasını kapsamaktadır.



Şekil 3. 2 Karadeniz Powership Osman Khan

3.3 Kullanılan Malzemeler

Gemi bünyesinde malzeme olarak yapısal çelik kullanılmıştır. Çizelge 3.2'de yapısal çeliğin mukavemet özellikleri gösterilmiştir.

Çizelge 3. 2 Malzeme mukavemet özellikleri [16]

Yapısal çelik	S235
Akma Dayanımı	235 N/mm^2
Kopma Dayanımı	365 N/mm^2
Elastisite Modülü	210 kN/mm^2

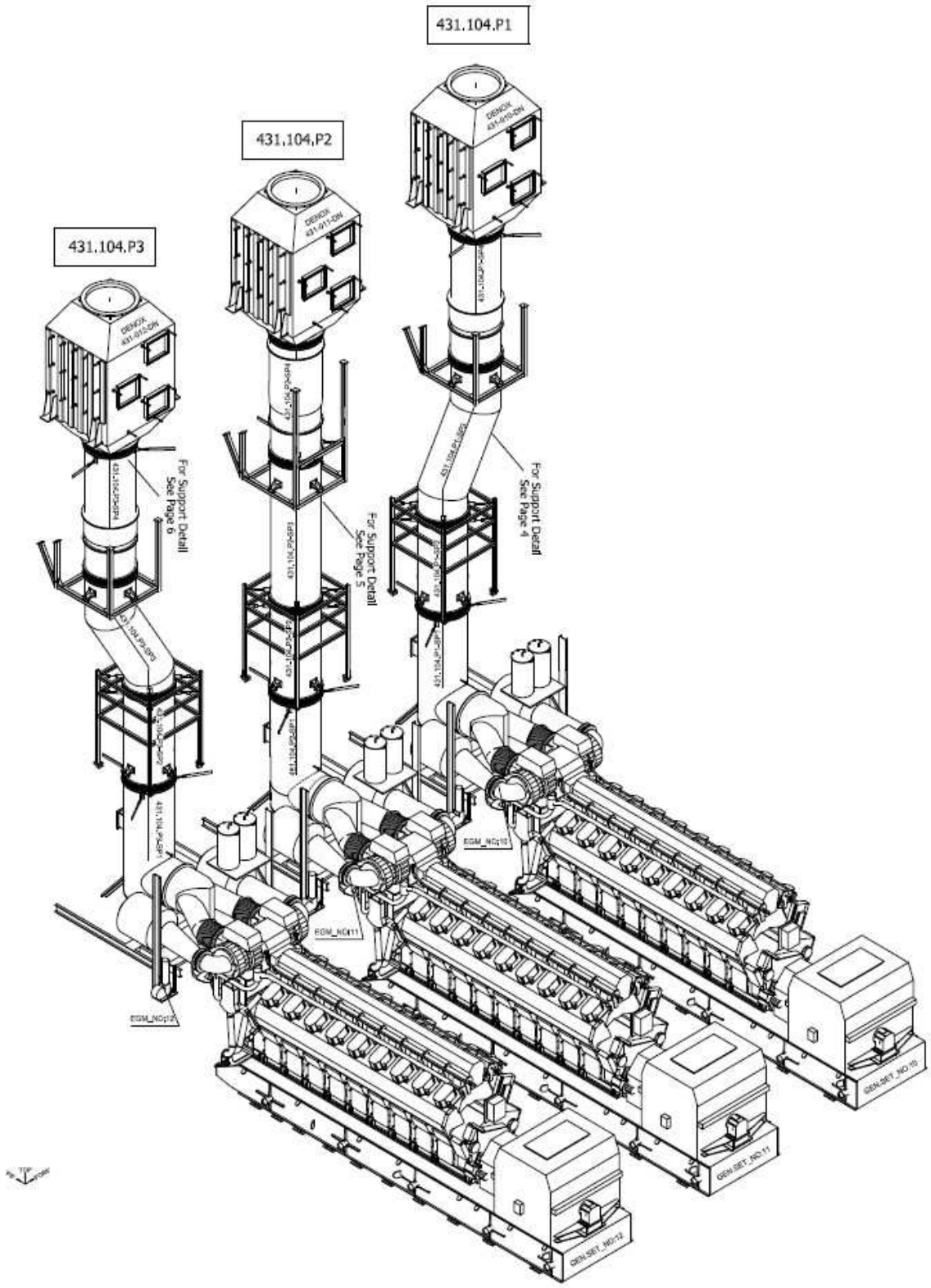
Kule yapısı tasarımında mekanik özellikleri Çizelge 3.3'te belirtilen HEA300, HEA240, HEA200, HEA180, HEA140 ve HEA100 profilleri kullanılmıştır.

Çizelge 3. 3 Kullanılan yapı elemanlarının mukavemet özellikleri [16]

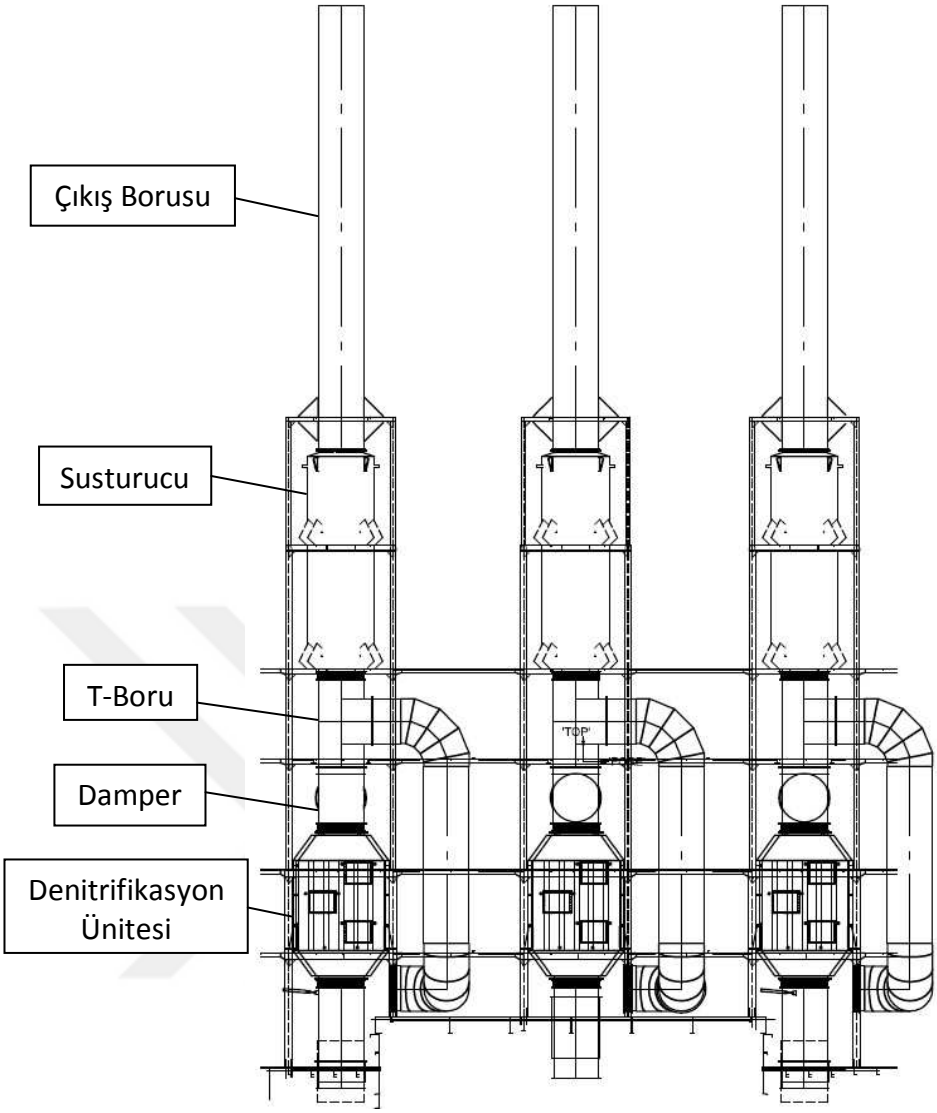
	Kesit Alanı (cm^2)	**Ağırlık (kg/m)**	**Atalet Momenti (cm^4)**	**Kesit Modülü (cm^3)**
HEA100	16,7	16,7	349	72,8
HEA140	31,4	24,7	1030	155
HEA180	45,3	35,5	2410	294
HEA200	53,8	43,2	3690	389
HEA240	76,8	60,3	7760	675
HEA300	112	88,3	18260	1260

3.4 Taşıtılan Yükler

Egzoz sistemi içinde hava filtreleri, susturucular, kompansatörler, damperler ve egzoz gazındaki nitrat ve nitrit bileşiklerinin elementer azota dönüştüren denitrifikasyon üniteleri yer almaktadır. Bu ekipmanların güverte üzerinde olanlarını egzoz kulesi olarak adlandırılan yapı taşımaktadır. Egzoz hattı ana makinelerden çıkışı Şekil 3.3'te, egzoz kuleleri üzerindeki ekipmanların yerleşimi Şekil 3.4'te görülmektedir.



Şekil 3. 3 Egzoz hattı ana makine çıkışı



Şekil 3. 4 Egzoz kulesi ekipman yerleşimi

Egzoz sisteminde kullanılan ekipmanların ağırlıkları Çizelge 3.4'te gösterilmiştir.

Çizelge 3. 4 Egzoz sistemi ekipman ağırlıkları

Denitrifikasyon Ünitesi	26000 kg
Damper	3200 kg
T-Boru	860 kg
Susturucu	8500 kg
Çıkış Borusu	3325 kg

Bunların yanında kulelere etki eden rüzgar yükü dikkate alınmıştır. Rüzgar yükünün hesaplanmasında Türk Standartları Enstitüsü'nün TS498 – Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri standartlarından faydalanılmıştır [12]. İlgili standarda göre her ekipmanın rüzgara maruz kalan yüzey alanı hesaplanıp farklı rüzgar hızları için yük hesabı yapılmıştır.

Rüzgarın geliş yönünde çarptığı yapı yüzeylerinde basınç, terk ettiği arka yüzeylerde ve yalayıp geçtiği yüzeylerde emme kuvveti oluşur. Aşağıdaki 1, 2 ve 3 numaralı denklemlerle elde edilen, W ile gösterilen bu kuvvetin birimi kN/m^{2}'dir. Basınç veya emme kuvveti rüzgarın hızına ve yapının geometrisine bağlıdır (Topçu [17]).

$$q = \frac{\rho V^2}{2g} \tag{3.1}$$

ρ (Hava yoğunluğu) = 1,25 kg/m^3, g (Yerçekimi ivmesi) = 9,8 m/s^2 olarak alınıp denklem düzenlenirse aşağıdaki denklem elde edilir.

$$q = \frac{V^2}{1600} \tag{3.2}$$

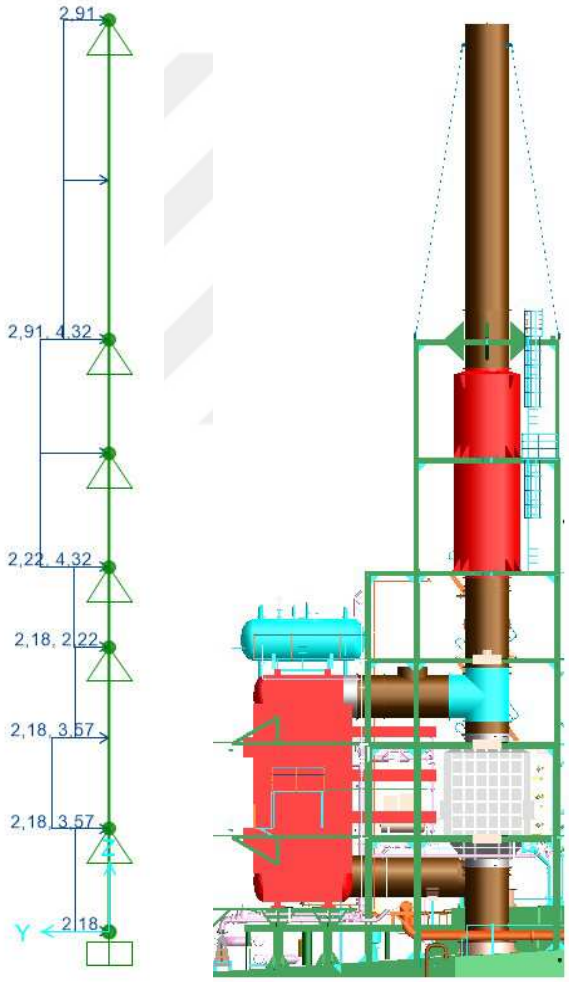
Bulunan bu rüzgar basıncı değeri yapı yüzeyinin konumuna bağlı bir katsayı (c_p) ile çarpılarak metrekareye düşen eşdeğer statik basınç veya emme kuvveti bulunur.

$$w = c_p q \tag{3.3}$$

Bu c_p katsayısı normal ve kule tipi yapılar için farklılık göstermektedir. Kule tipi yapı; yüksekliği plandaki eninin beş katı veya daha fazla olan yapılardır. Bu çalışmada çıkış borusu ve susturucu için kule kabulü yapılmış ve bu katsayı 1,6 olarak kabul edilmiş, diğer ekipmanlar için normal yapı kabulü yapılarak değer 1,2 olarak kullanılmıştır. Yapı tasarlanırken incelenen en büyük rüzgar hızı 40 m/s'dir [18]. Bu rüzgar hızı geminin servis vereceği bölgedeki meteoroloji istatistiklerine göre son yüz yılda kaydedilmiş en yüksek değerdir. Bu nedenle daha büyük bir hız için hesap yapmak gerekli görülmemiştir. Yapının artan rüzgar hızları için gerilme ve yer değiştirme eğilimlerini görmek açısından düşük hızlar için de hesaplama yapılmıştır ve bulunan değerler Çizelge 3.5'te gösterilmiştir.

Çizelge 3. 5 Ekipmanlara etkiyen rüzgar yükleri

	10 m/s	20 m/s	30 m/s	40 m/s
Denitrifikasyon Ünitesi	880 N	3560 N	8000 N	14280 N
Damper	544 N	2160 N	4880 N	8720 N
T-Boru	511 N	2000 N	4530 N	8100 N
Susturucu	2700 N	10800 N	24200 N	43200 N
Çıkış Borusu	2475 N	9930 N	22170 N	39580 N



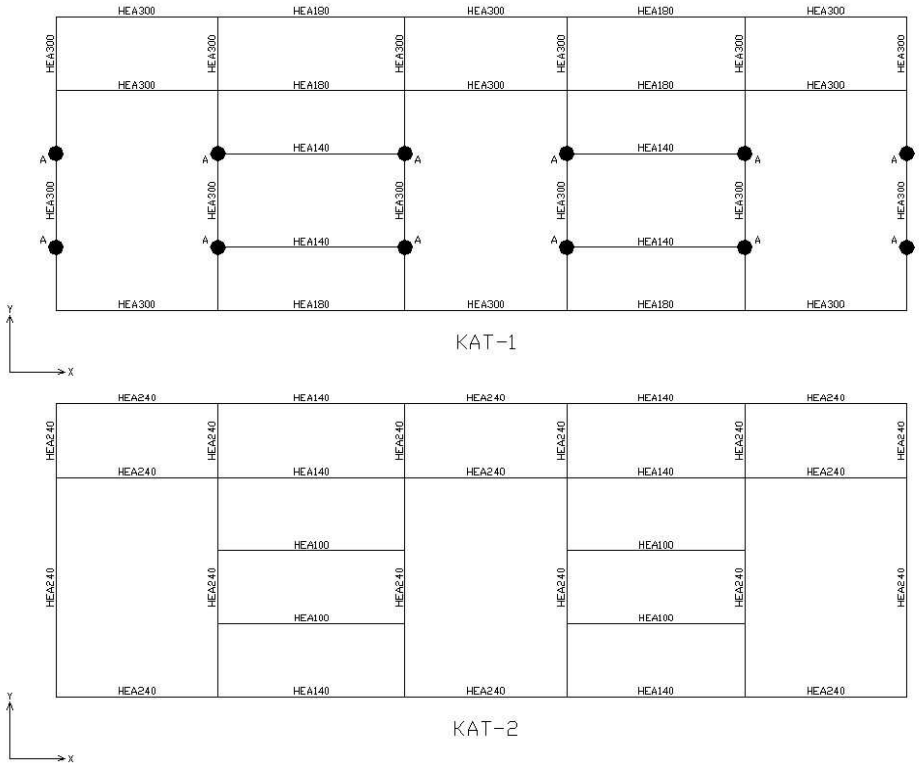
Şekil 3. 5 Egzoz hattı üzerindeki rüzgar yükleri

Gemide mevcut egzoz sisteminde 1820 mm çap ve 6 mm et kalınlığına sahip ST37 çelik boru kullanılmıştır. Bu hattın güverte üstünde kalan kısmı SAP2000 programında kiriş olarak modellenmiş ve ilgili kesit tanımlanmıştır. Egzoz bacasının güverteye bağlanan

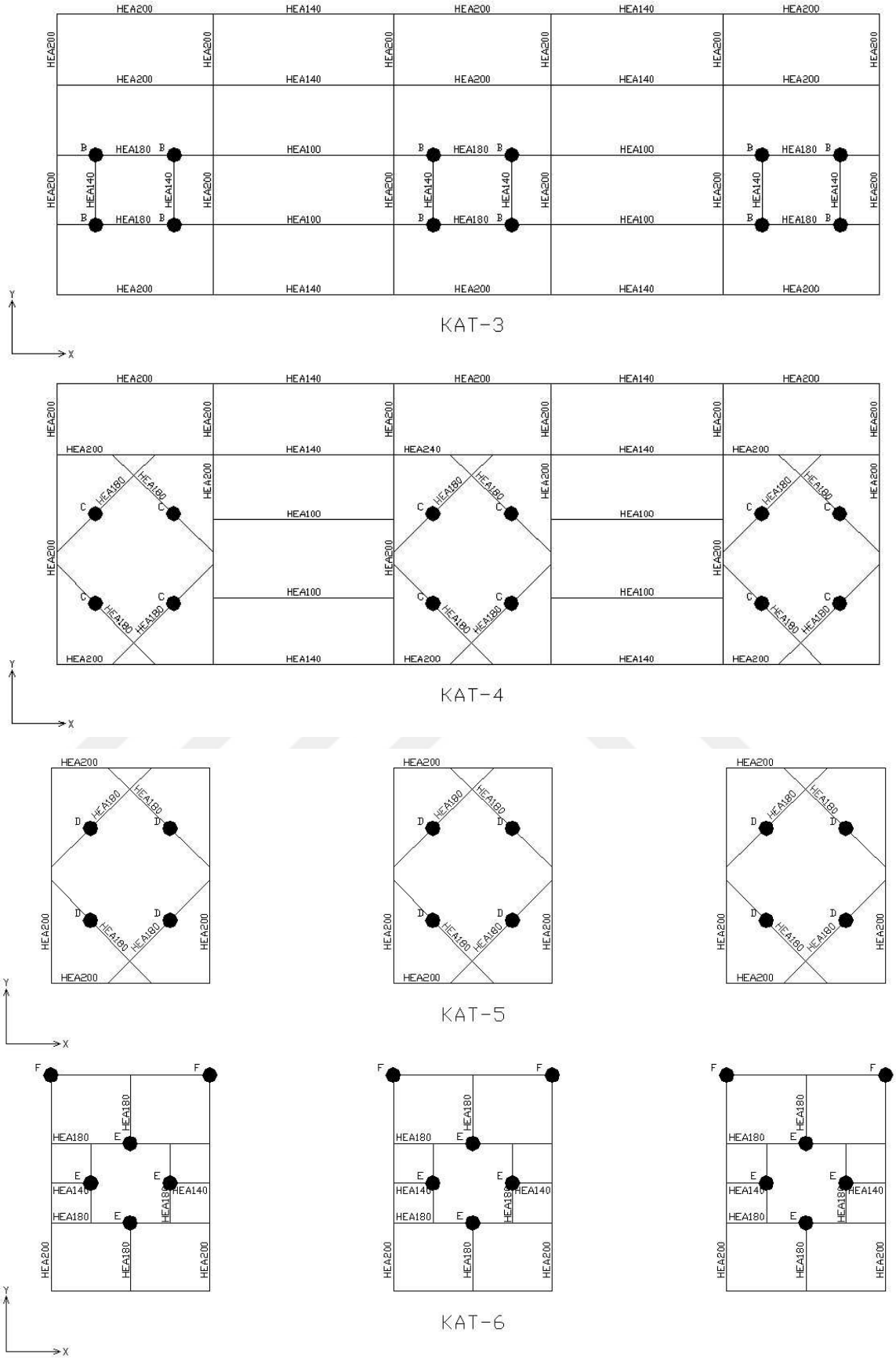
kısmı için ankastre mesnet, destek yapısına bağlandığı kısımlar için sabit mesnet kabulü yapılmıştır. Bu kiriş eleman üzerine, hat üzerinde bulunan ekipmanların yüzey alanlarıyla orantılı olarak hesaplanan rüzgar yükleri yayılı yük şeklinde tesir ettirilmiş, ve sonlu elemanlar yöntemi ile sistem çözümü yapabilen SAP2000 programı aracılığı ile mesnet reaksiyonları bulunmuştur. Şekil 3.5'te egzoz hattına etki eden kN cinsinden rüzgar yükleri ve kabulü yapılan mesnetler görülebilir. Bu mesnetler üzerindeki kuvvetler bacanın destek yapısı üzerindeki etkisi olarak kabul edilmiştir. Şekil 3.5'teki kiriş eleman üzerinde tek mesnet olarak kabul edilen noktalar, destek yapısı üzerinde Şekil 3.6 ve Şekil 3.7'de gözlemlenebilen dörder noktaya karşılık gelmektedir. (Ekipmanlar dört noktadan destek yapısına bağlandığı için) Destek yapısının tasarımına geçildiğinde bu değerler dörde bölünerek kullanılmıştır. Ayrıca rüzgarın egzoz kulesine en çok yük yükleyecek geliş yönü seçilmiş, en kritik durum için hesaplama yapılmıştır.

Egzoz kulesi destek yapısını oluşturan yapısal elemanlara ait ağırlık bilgisi ise analizin yapıldığı yazılım içerisinde otomatik olarak hesaplanarak analize katılmıştır.

Sonuç olarak, destek yapısının kendi ağırlığı, ekipman yükleri ve rüzgar dolayısıyla oluşan yükler yapının ilgili yerlerine dağıtılarak, yükleme istasyonları oluşturulmuştur.



Şekil 3. 6 Kat 1,2 yükleme istasyonları



Şekil 3. 7 Kat 3,4,5,6 yükleme istasyonları

Çizelge 3. 6 Yükleme istasyonları

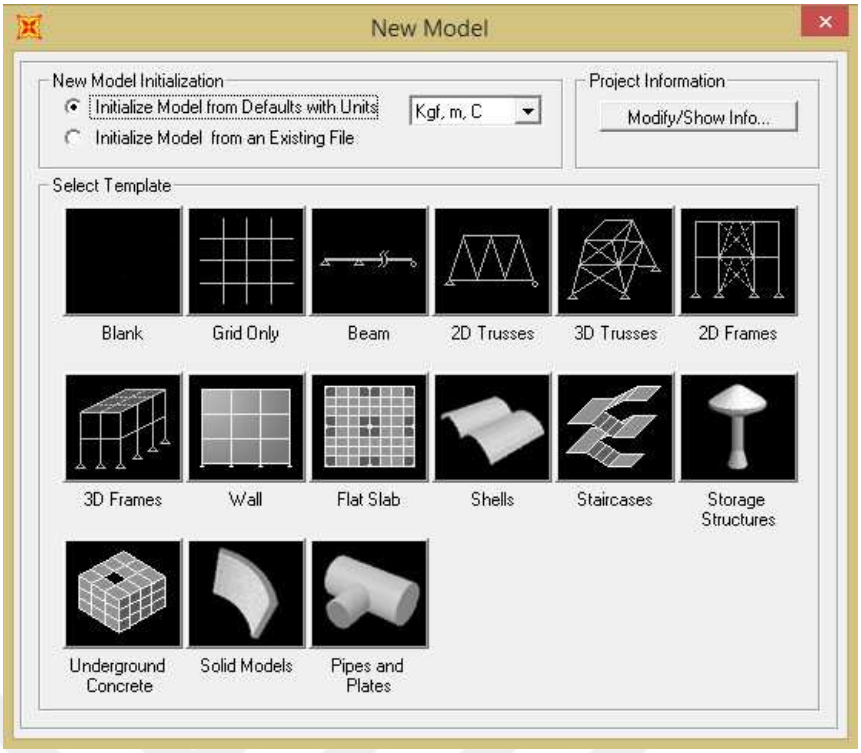
İstasyon	Yük (N)		
	X	Y	Z
A	-	5150	-73000
B	-	3850	-3500
C	-	3500	-11000
D	-	3100	-11000
E	-	11250	-8500
F	860	1250	8450

3.5 Tasarım ve Sistemin Oluşturulması

Genel olarak tasarım, işlevsel tasarım ve taşıyıcı sistemin tasarımı olarak iki bölümde incelenebilir. İşlevsel tasarımda kullanıma uygunluk ve mimari dikkate alınırken; taşıyıcı sistemin tasarımında ise belirlenen yükleri güvenle taşıyacak elemanların seçimi yapılmalıdır. Tasarımın adımları, planlama, ön tasarım, yüklerin saptanması, ön boyutlama, analiz (yüklerin ve sistemin modellenmesi, iç kuvvetlerin ve yer değiştirmelerin saptanması), değerlendirme (dayanım ve işletme koşullarının kontrolü; sonucun optimum tasarım kriterleriyle karşılaştırılması), gerekiyorsa yeniden tasarım ve sonuç şeklinde özetlenebilir (Kocabaş [19]).

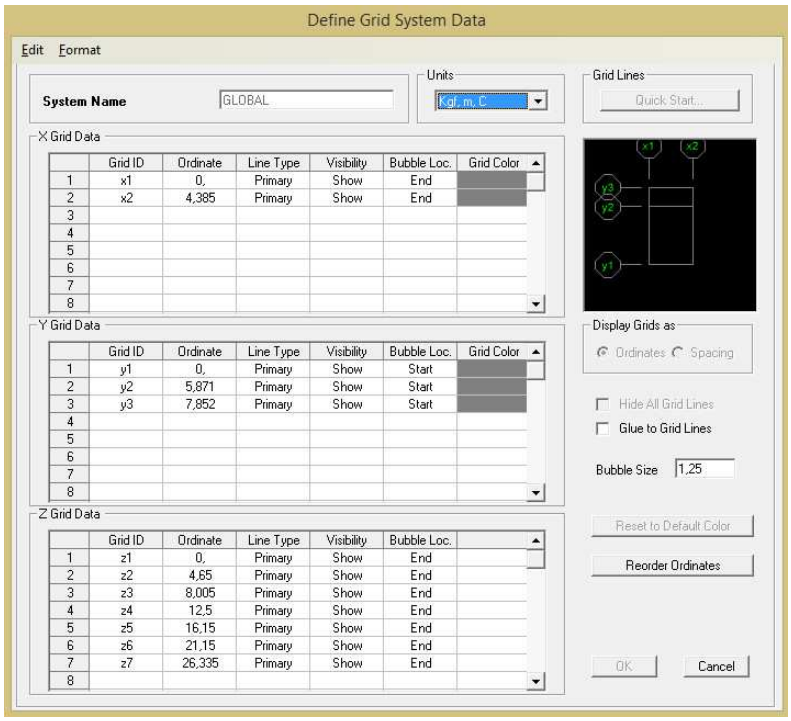
İlk olarak işlevsel tasarım göz önünde bulundurularak istenilen geometrik modelin oluşturulması için kafes yapısı hazırlanır. Bu sistem hazırlandıktan sonra tanımlamalar yapılmaya başlanabilir. Bu tanımlamalar; kullanılacak malzeme, kullanılacak kesit ve profil çeşitleri, yüklenecek yükler, farklı yükleme ve analiz durumları şeklinde sıralanabilir.

Program içerisinde; yeni bir sistem oluşturmak için; File^New Model seçilir. Açılan pencerede Select Template, Grid Only seçilir (Şekil 3.8). Bu seçimle uygun aralıklar seçilerek istenilen geometrik modelin oluşturulması için altyapı hazırlanır. Birim ve diğer sistem özelliklerine göre boşluklar doldurulur.



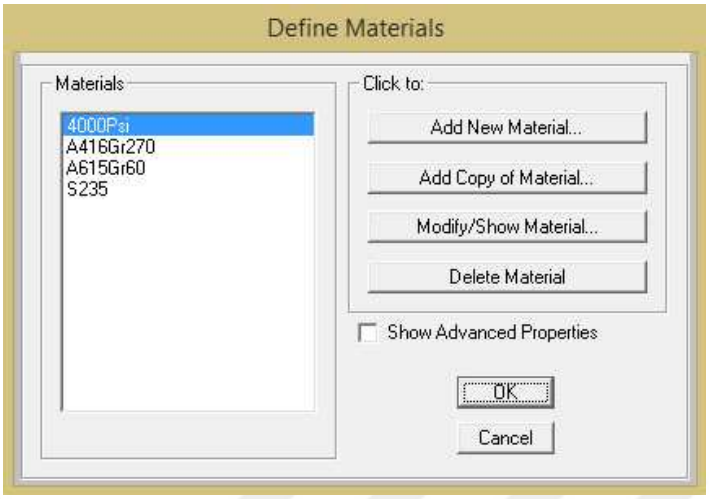
Şekil 3. 8 SAP2000 yeni model ekranı

Dosyayı saklamak için; File^Save ile dosyayı istediğimiz isimle kaydedebiliriz. Oluşturulan kafes sistemine daha sonradan da Fare Sağ Tuşu, Edit Grid Data ile müdahale edilebilir. Aynı şekilde seçilen birimler de sağ alt köşeden yeniden seçilebilir.



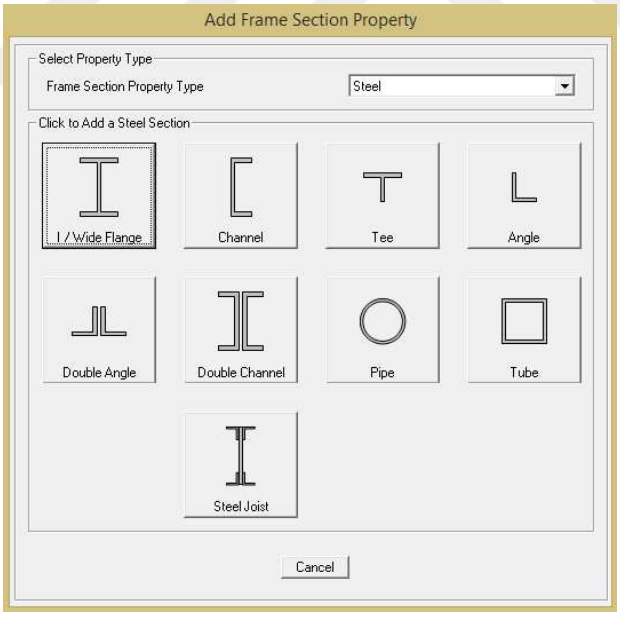
Şekil 3. 9 SAP2000 kafes sistem tanımlama ekranı

Malzeme tanımlamak için; Define^Materials » Add New Material seçilir. Region kısmından Europa, Steel kısmından S235 seçilir.



Şekil 3. 10 SAP2000 malzeme tanımlama ekranı

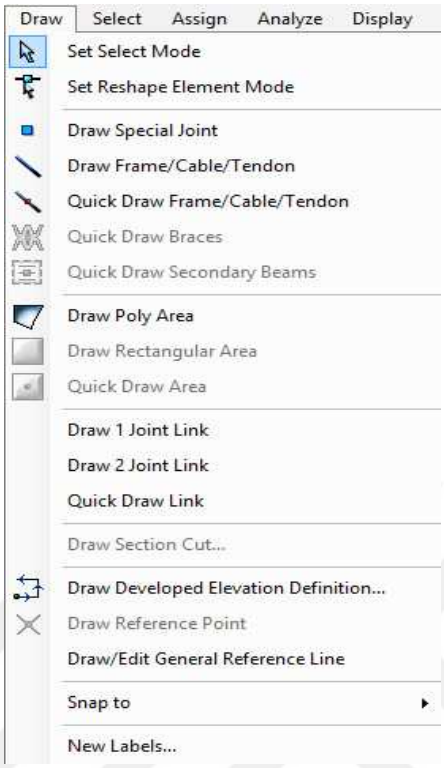
Kesit tanımlamak için; Define^Frame Sections seçilir. Açılan pencerede Add New Property menüsünden kullanılacak ön tanımlı çelik elemanlar seçilir. Seçilen kesit için malzeme ataması yapılır, kesit özellikleri elle de girilebilir.



Şekil 3. 11 SAP2000 kesit tanımlama ekranı

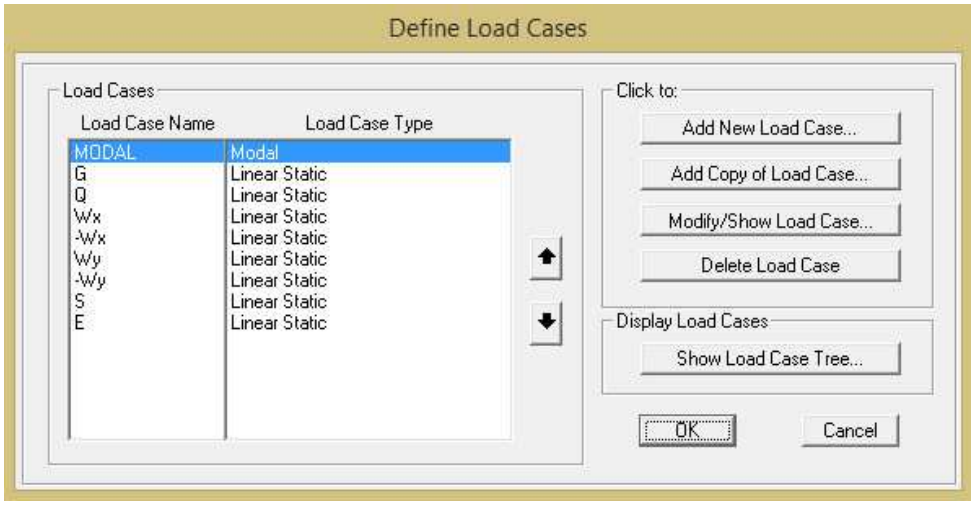
Bu tanımlamalar yapıldıktan sonra sistemin geometrik modeli çizim araç çubuğu kullanılarak oluşturulmaya başlanabilir. Oluşturulan elemanlara tanımlanan kesitler atanır, bağlantı noktaları oluşturulup bu noktalar için mesnet kabulleri yapılır. Kesit ataması Assign^Frame^Frame^Sections, mesnet ataması Assign^Joint^Restraints

kısmından yapılır. Yapının ana güverteye bağlandığı noktalarda ankastre mesnet kabulü yapılmış, bu noktalar yer değiştirmeye ve dönmeye kapalı olarak kabul edilmiştir.



Şekil 3. 12 SAP2000 çizim araç çubuğu

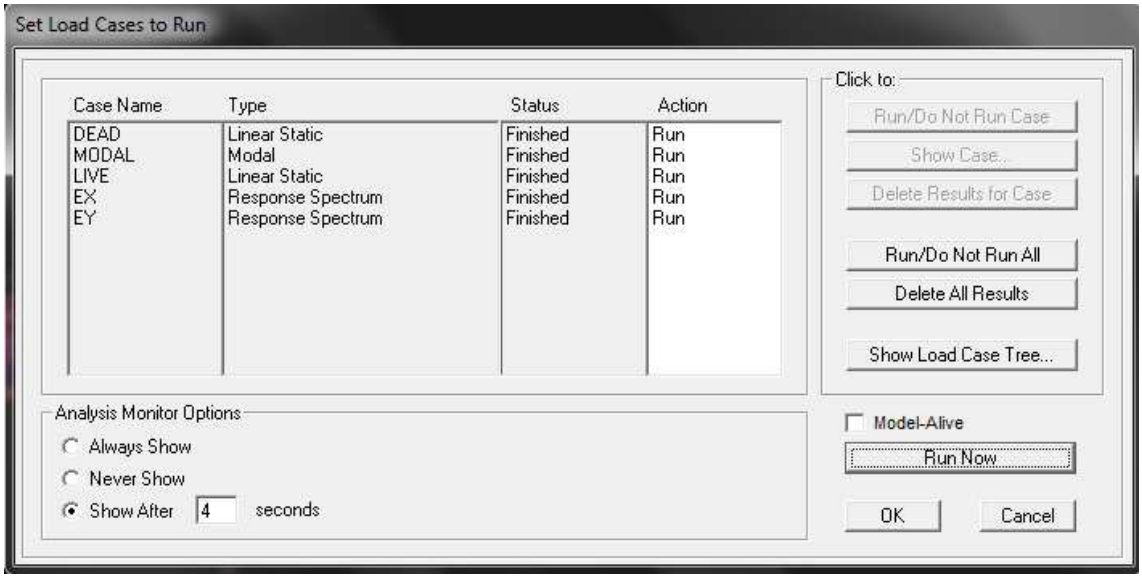
Model tamamen oluşturulduktan sonra tanımlanan yükler yapılan kabullere göre noktasal veya yayılı yük olarak elemanlara atanır. Bunun için yine Assign menüsünden Joint Load ve Frame Load kısımları kullanılır. Bu sistemde ekipmanların ağırlıkları yapıya montajlandıkları nokta sayısına bölünüp yukarı değere yuvarlanarak noktasal yük olarak etki ettirilmiştir. Egzoz bacası üzerindeki rüzgar yükleri nedeniyle hesaplanan kuvvetler ise yine bacanın destek yapısına bağlandığı nokta sayısına bölünüp hesaba katılmıştır. Baca yapısının en üst noktası için bulunan kuvvet değeri, çelik halatlarla destek yapısının iki köşesine aktarıldığından ikiye bölünüp bileşenlerine ayrılarak ilgili noktalara girilmiştir. Bütün yük değerleri ilgili noktalara girildikten sonra Define^Load Case kısmından kontrol edilmek istenen yük grupları belirlenir.



Şekil 3. 13 SAP2000 yük grubu tanımlama ekranı

3.6 Analiz ve İyileştirme

Tüm yüklemeler yapıldıktan ve bağlantı koşulları da belirlendikten sonra analiz yapılabilir. Program içerisinde Analyze^Run Analysis kısmından tüm Load Case'ler seçilir ve analiz komutu verilir. Analiz tamamlandıktan sonra yapının nasıl davranacağı, her nokta için gerilme ve yer değiştirme durumları incelenebilir. Her profildeki kesme kuvveti ve eğilme momenti diyagramları görülebilir.

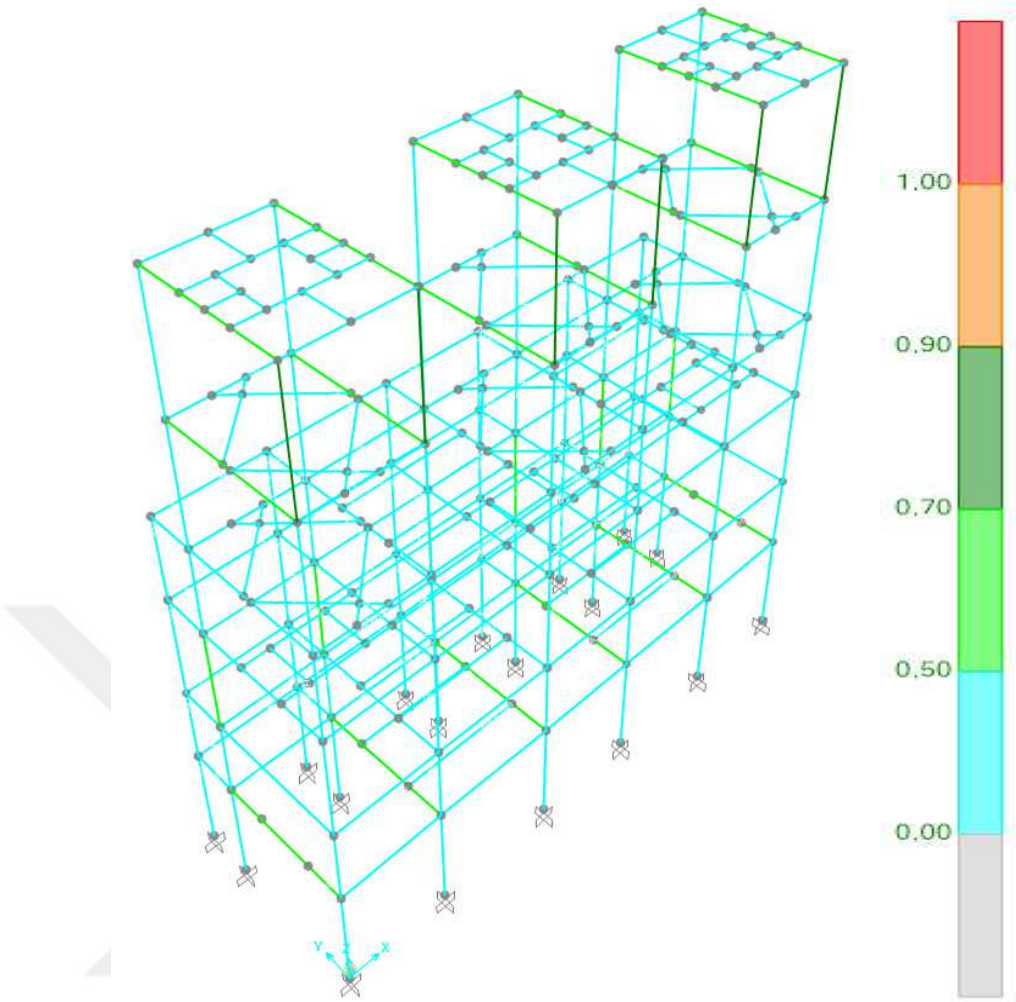


Şekil 3. 14 SAP2000 analiz ekranı

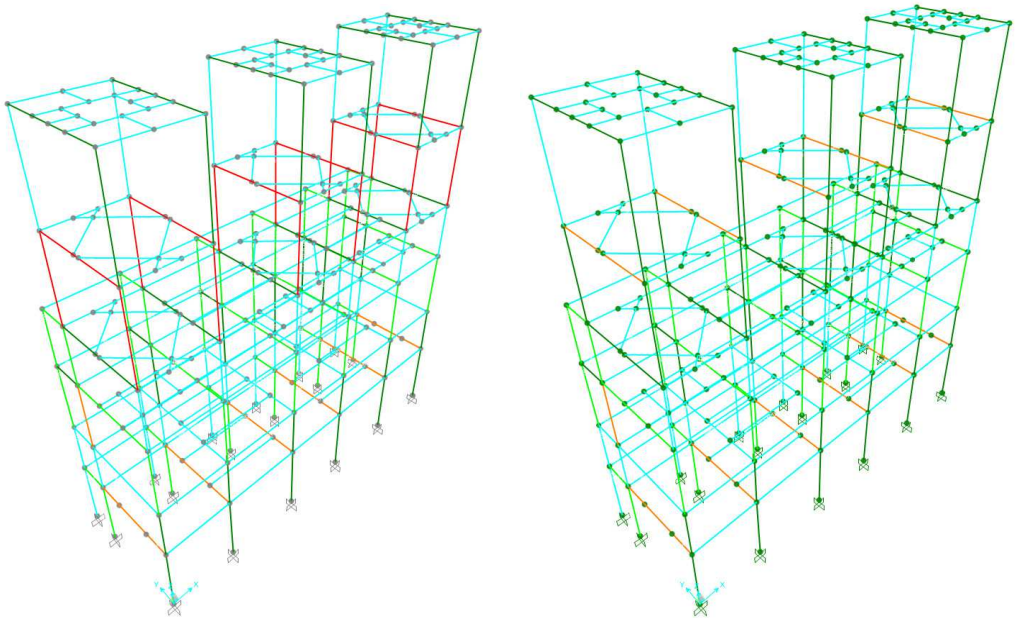
Her elemanda her yükleme durumu için eleman boyunca belli sayıdaki istasyonda kesit kontrolü yapılır. Bu istasyonlar elemanın serbest açıklığının eşit aralıklı parçalarından oluşur. Elemandaki istasyon sayısı çözümlemeden önce kullanıcı tarafından belirtilir. Kullanıcı eleman boyunca boyutlama hesaplarını daha hassas almak üzere daha çok sayıda parça tanımı isteyebilir (Çağdaş [20]). AISC 360 standartları kullanılarak gerçek eleman gerilme bileşenleri ve bunlara uyumlu müsaade edilebilir gerilmeler hesaplanır. Kontroller için, yönetmelik eşitliklerine, yükleme durumlarına ve noktanın tanımına uygun olarak basınç, eğilme ve kesme gerilme oranları elde edilir. Gerilme oranının 1'den büyük olması, bir limit durumun aşıldığını gösterir. Kesit kontrolünün görsel ifadesinde renk skalasından kesit yeterliliği incelenebilir. Kırmızı ile işaretlenen yerler gerilme oranının 1'den büyük olduğu yetersiz kesitleri gösterirler. Ayrıca bu değerin 1'e yakın olduğu kritik elemanlar için Amerika Çelik Yapı Enstitüsü'nün kurallarına göre elle kontrol yapılabilir. Seçilen bir eleman için kapasite hesabı örneği 3.7'de verilmiştir.

Program içerisinde standart kesit kontrolü için, Design^Steel Frame Design^Select Design Combos seçilir. Açılan pencerede Design Load Combinations kısmına ekleme yapılır ve onaylanır. Daha sonra Design^Start Steel Design/Check of Structure seçilir. İşlem tamamlandıktan sonra ekrandaki renk skalasından kesit yeterliliği incelenebilir. Kırmızı ile işaretlenen yetersiz kesitleri ayrıca belirlemek için Design^Steel Frame Design^Verify All Members Passed seçilerek hepsi işaretlenir. Yer değiştirme ve dönme miktarlarını görmek için ise Show Deformed Shape seçildikten sonra fare istenilen noktaların üzerine getirilerek okuma yapılabilir.

Bu sistemde ilk dikmeler güverte üzerindeki ekipmanlara göre atılmış, taşıtılacak egzoz boruları ve ekipmanlar için boşluklar bırakılmıştır. Üst seviyelere çıkıldıkça daha küçük kesitli profiller kullanılmaya çalışılmıştır. Destekleyici ara bağlantılar için yine daha küçük kesitli profiller seçilmiştir. Sistem rüzgar hızının 10, 20, 30 ve 40 (m/s) olduğu durumlar için incelenmiştir. Şekil 3.15'te rüzgar hızının 40 m/s olduğu durum için kesit kontrolü görülmektedir. Görüleceği üzere çoğu eleman taşıyabilecekleri kapasitenin çok altında boyutlandırılmıştır. İteratif olarak yapılan düzeltmelerle iki model daha oluşturulmuştur. Üçüncü modelde 1 sınırının üzerine geçen kısımlar için bir düzeltme daha yapılarak son hale ulaşılmıştır. Şekil 3.16'da rüzgar hızının 40 m/s olduğu durum için düzeltilen model 3'e ait kesit kontrol görüntüleri incelenebilir.



Şekil 3. 15 Model 1 kesit kontrol görüntüsü



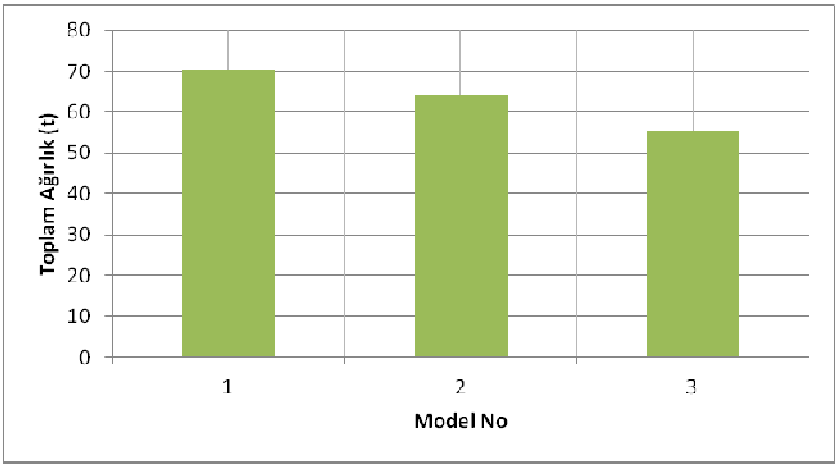
Şekil 3. 16 Düzeltilen model 3 kesit kontrol görüntüleri

Ek A'da herbir eleman için hangi tip profilin seçildiği ve bu profillerdeki mevcut gerilme / kapasite oranları sunulmuştur.

Yapılan düzeltmelerle yaklaşık 15,1 ton azaltma yapılarak ilk yapıya göre %21 daha hafif bir yapı oluşturulmuştur. Sekiz ambar için yaklaşık 120 ton ağırlıktan tasarruf edilmiştir. Her modelde kullanılan farklı tipteki profillerin sayısı ve modellerin toplam ağırlığı Çizelge 3.7 ve Şekil 3.17'de görülebilir.

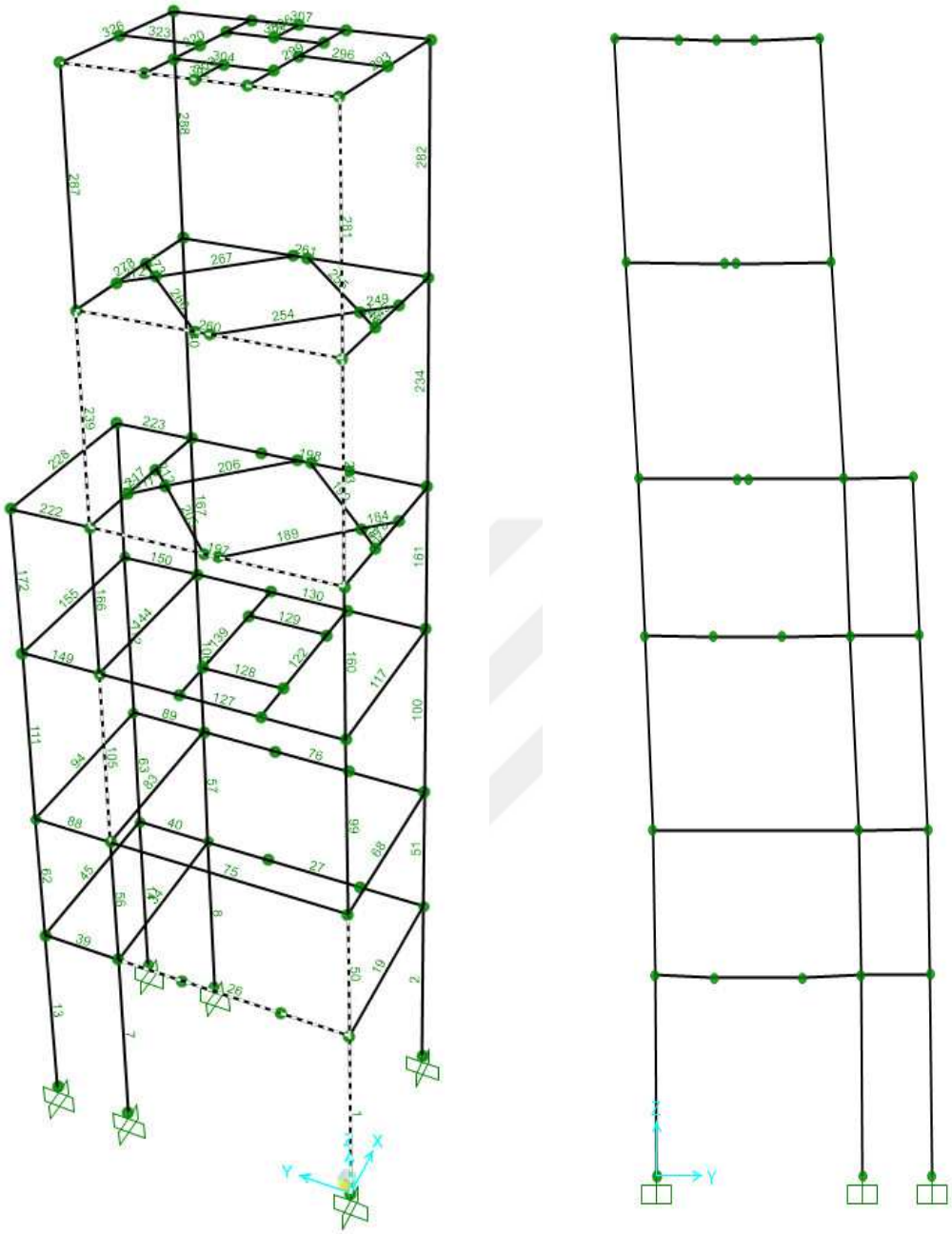
Çizelge 3. 7 Model ağırlıkları ve kullanılan profil sayıları

	Model 1	Model 2	Model 3
HEA100	-	-	12
HEA140	16	28	39
HEA180	83	119	73
HEA200	-	-	126
HEA240	151	142	38
HEA300	78	39	40
Toplam Ağırlık (t)	70,4	64,1	55,3



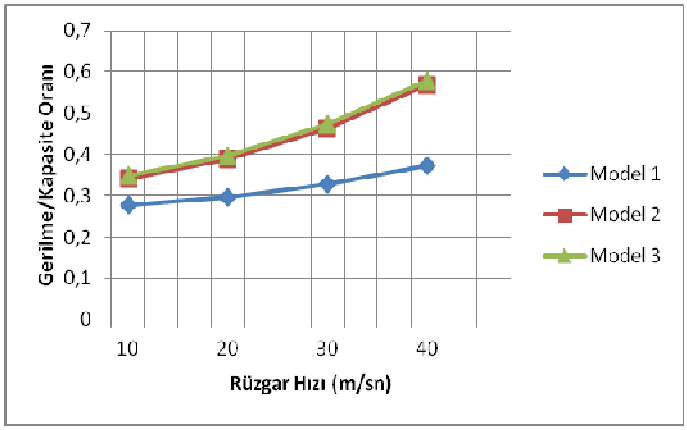
Şekil 3. 17 Model ağırlıkları

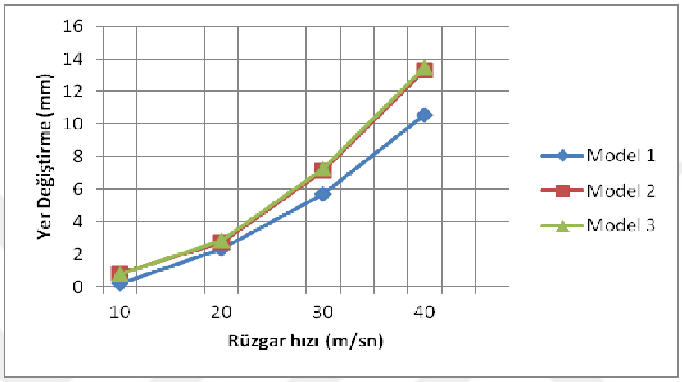
Farklı rüzgar hızları için yapılan analizler boyunca en çok yüklemeye maruz kalan kritik elemanlar ayrıntılı olarak incelenmiştir. Şekil 3.18'de yapının deforme hali ve seçilen kritik elemanlar, kesikli çizgili olarak gözlemlenebilir.



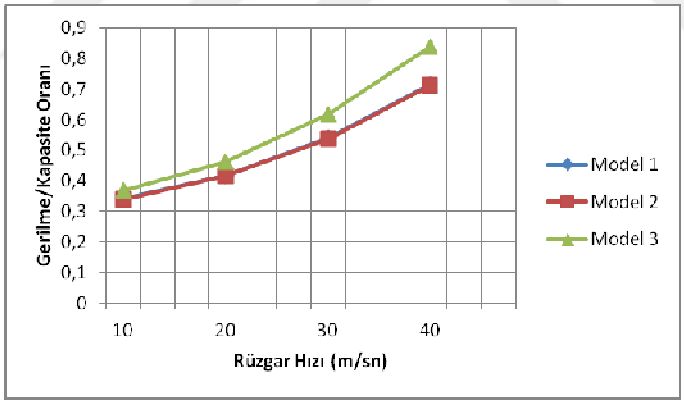
Şekil 3. 18 En çok gerilme taşıyan elemanlar ve yapının deforme hali

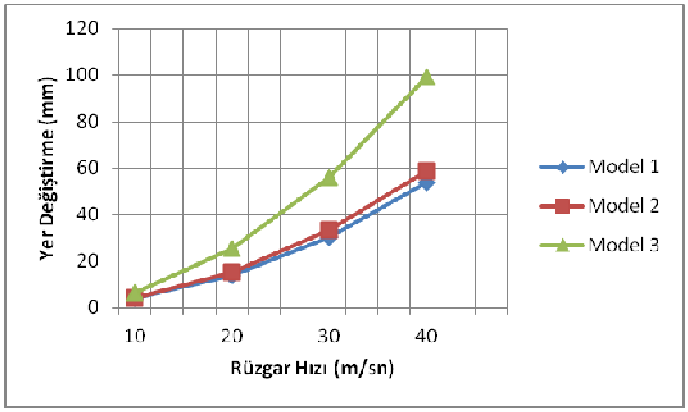
Seçilen bu kritik elemanların her biri için, üç farklı modelde ve farklı rüzgar hızlarında elde edilen gerilme / kapasite oranları ve uç noktalardaki yer değiştirme miktarları grafik haline getirilmiş ve karşılaştırılmıştır. Şekil 3.19 ve 3.20'de '50' ve '281' numaralı kolon elemanları, Şekil 3.21 ve 3.22'de ise '26' ve '302' numaralı kiriş elemanları için elde edilen grafikler örnek olarak verilmiştir.



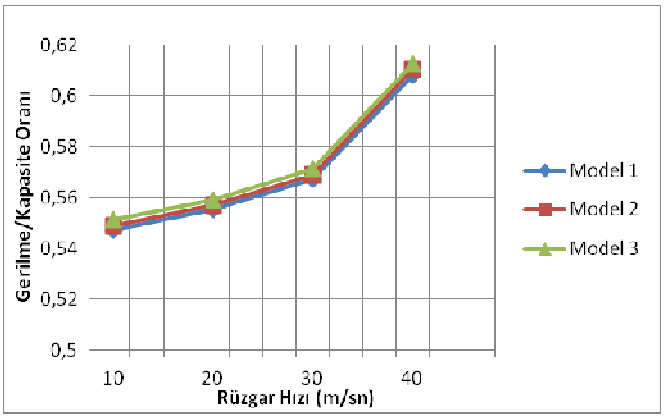


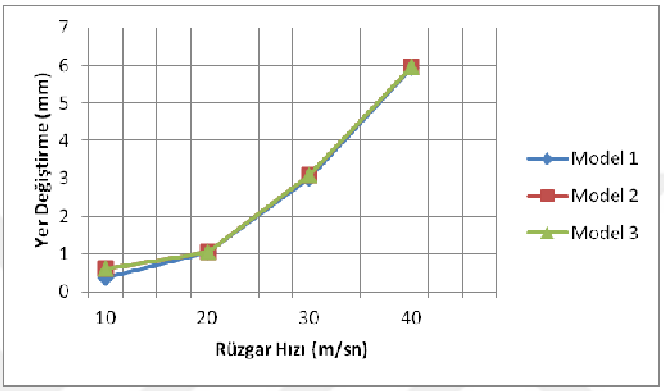
Şekil 3. 19 '50' numaralı eleman için gerilme oranı ve yer değiştirme değerleri



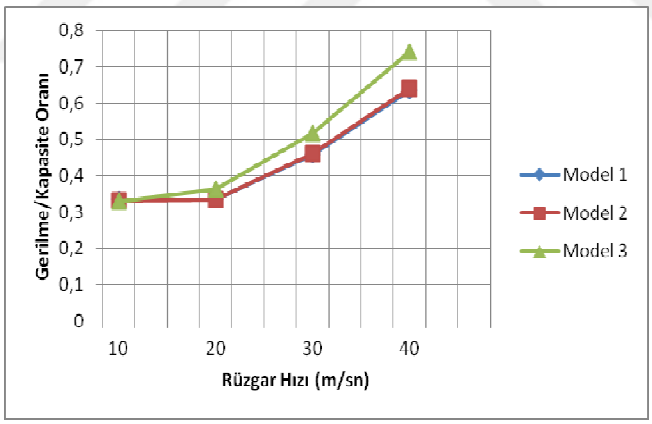


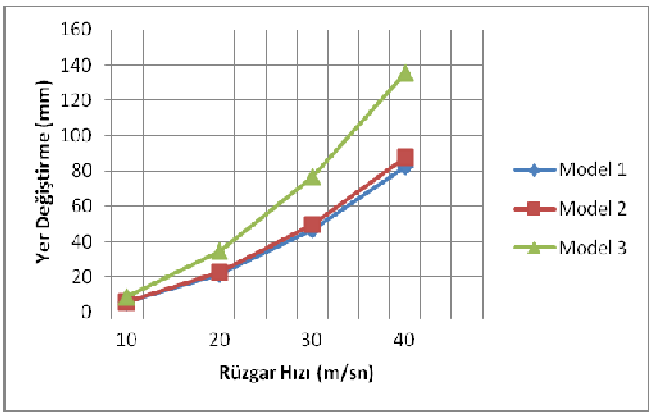
Şekil 3. 20 '281' numaralı eleman için gerilme oranı ve yer değiştirme değerleri





Şekil 3. 21 '26' numaralı eleman için gerilme oranı ve yer değiştirme değerleri





Şekil 3. 22 '302' numaralı eleman için gerilme oranı ve yer değiştirme değerleri

Grafikler değerlendirildiğinde; rüzgar hızları arttıkça ve elemanların kesitleri küçültülüp yapı hafifletildikçe, beklenildiği gibi gerilme / kapasite oranları ve yer değiştirme değerlerinin arttığı görülmüştür. Bunun yanında bu artışın kulenin üst kısımlarında alt kısımlarına göre daha belirgin olduğu söylenebilir.

Bir yapının ağırlığı maliyetinin önemli bir kısmını oluşturmakla beraber, minimum ağırlık tasarımı her zaman minimum maliyet tasarımı anlamına gelmeyebilir. Kullanılan malzemenin kalitesine göre daha hafif olan malzeme daha maliyetli olabilir. Yapısal iyileştirme, son yıllarda yaygın olarak ele alınmış ve çelik iskeletlerin optimal tasarımı alanında yoğun çalışmalar yapılmıştır; ancak mühendisler optimal maliyetlere ulaşabilmeleri hususunda çok fazla araca sahip olmadıklarından, bu çalışmaların çoğu ağırlık minimizasyonu üzerine odaklanmıştır (Hojjat [21]). Maliyet açısından tersane malzeme stoğu, çalışılan tedarikçiler ve malzemelerin nakledilmesi önemli parametrelerdir.

Bu çalışmanın hedefi, emniyetli kısımda kalarak en hafif yapının oluşturulmasıdır. Ancak bu hedef tasarımda tek kriter olmayabilir. Egzoz sisteminin tedarikçisi tarafından ortaya koyulan kriterlere de uyulmalıdır. Bunlardan biri sistemin geminin 3 dereceden fazla meyil yaptığı durumlarda çalışmaya elverişli olmamasıdır. Bu kriter stabilite kısmı tarafından ayrıca incelenir, bu açıdan yapının geminin ağırlık merkezini fazla yukarıya çekmesinden kaçınılmalıdır. Ayrıca kabul edilen standartlar göz önünde bulundurularak yer değiştirme değerleri de kontrol edilmelidir. Sistem son haliyle ortaya koyulan şartları sağlamaktadır.

3.7 AISC 360'a Göre Kesit Kontrolü

Son modele ait 281 numaralı eleman için programın matematiksel çalışma prensibinin gösterilmesi açısından kontrol yapılmıştır.

Eksenel kuvvet ve eğilme etkisi altındaki elemanlar için tasarım;

(a) $\frac{P_r}{P_c} \geq 0,2$ ise; $\qquad \frac{P_r}{P_c} + \frac{8}{9}\left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}}\right) \leq 1,0$ (3.4)

(b) $\frac{P_r}{P_c} < 0,2$ ise; $\frac{P_r}{2P_c} + \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) \leq 1,0$ (3.5)

Eksenel kuvvet için;

Eylemsizlik yarıçapı: $r_g{}^2 = \frac{I}{A} = \frac{2510}{45,3} = 55,4 \;\; r_g = 7,4\,\text{cm}$ (3.6)

Efektif uzunluk: $\frac{KL}{r} = \frac{1 \times 5185}{74} = 70$ (3.7)

(a) $\frac{KL}{r} \leq 4,71\sqrt{\frac{E}{F_y}}$ ise; $F_{cr} = \left[0,658^{\frac{F_y}{F_e}} \right] F_y$ (3.8)

(b) $\frac{KL}{r} > 4,71\sqrt{\frac{E}{F_y}}$ ise; $F_{cr} = 0,877 F_e$ (3.9)

Elastik burkulma gerilmesi: $F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{KL}{r} \right)^2} = \frac{\pi^2 \times 210}{70^2} = 0,423\,\text{GPa}$ (3.10)

$4,71\sqrt{\frac{E}{F_y}} = 4,71\sqrt{\frac{210}{0,235}} = 140,8 > 70$;

$F_{cr} = \left[0,658^{\frac{F_y}{F_e}} \right] F_y = \left[0,658^{\frac{0.235}{0,423}} \right] 0,235 = 0,186\,\text{GPa}$

$P_c = \frac{P_n}{\Omega} = \frac{F_{cr} A_g}{\Omega} = \frac{0,186 \times 4500}{1,67} = 501,2\,\text{kN}$ (3.11)

Eğilme etkisi için;

$M_{cx} = \frac{M_n}{\Omega} = \frac{F_y Z_x}{\Omega} = \frac{0,235 \times 303612}{1,67} = 42723,8\,\text{kN.mm}$ (3.12)

$M_{cy} = \frac{M_n}{\Omega} = \frac{F_y Z_y}{\Omega} = \frac{0,235 \times 147765}{1,67} = 20793,3\,\text{kN.mm}$ (3.13)

$$\frac{P_r}{P_c} = \frac{17,07}{501,2} = 0,034 < 0,2\,;$$

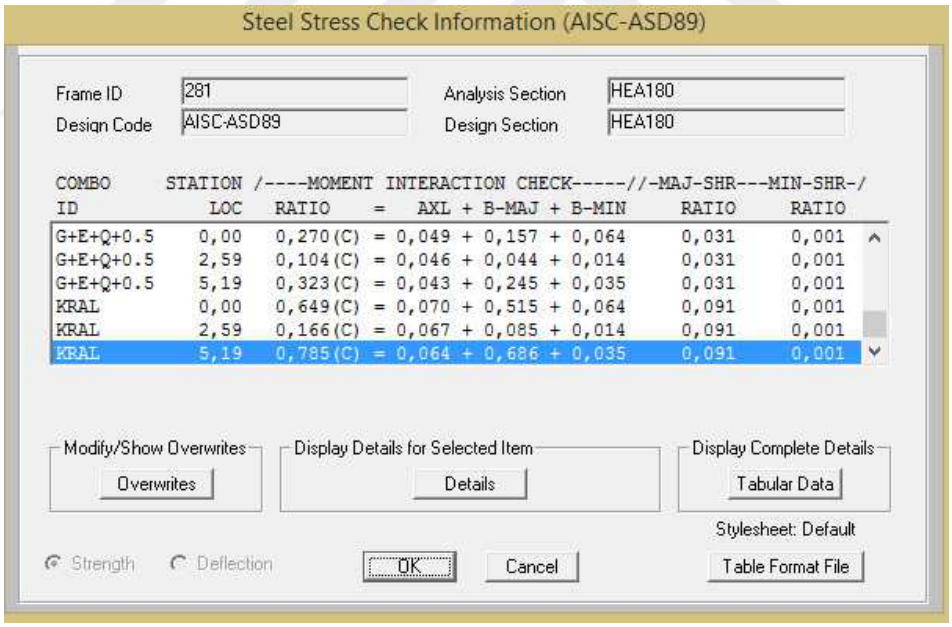
$$\frac{P_r}{2P_c} + \left(\frac{M_{rx}}{M_{cx}} + \frac{M_{ry}}{M_{cy}} \right) = \frac{17,07}{2 \times 501,2} + \left(\frac{26086}{42723,8} + \frac{596}{20793,3} \right)$$
$$= 0,017 + (0,62 + 0,029) = 0,67 \le 1,0$$

Kesme kuvveti için tasarım;

$$V_n = 0,6 F_y A_w C_v = 0,6 \times 0,235 \times 1026 \times 1 = 144,6 \text{ kN} \qquad (3.14)$$

$$\frac{8,81}{144,6} = 0,061 \le 1,0$$

Yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen değerlerin kritik 1 değerinin altında olduğu gösterilmiştir. Ayrıca bu değerler ($0,67$ ve $0,061$) Şekil 3.23'te işaretli olarak gösterilen programdan gelen değerlere ($0,78$ ve $0,091$) yakınlık göstermektedir.



Şekil 3. 23 SAP2000 gerilme kontrol ekranı

BÖLÜM 4

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bir yapıyı en iyi şekilde tasarlamak ya da tasarlanmış bir yapıyı okuyarak optimize etmek öncelikle o sisteme, oluşum aşamasında veya sonrasında, etki eden bütün parametrelerin ve bu parametreler için ne şekilde kabuller yapıldığının çok iyi bilinmesine dayanır. Bu parametreler; ağırlık, rüzgar, deprem, sürekli dinamik etkiler (titreşim, dalga vs.) ve sıcaklık değişimleri gibi dış etkiler olabildiği gibi, dış ortam koşullarına uyum, dayanım gereksinimleri (gerilme, stabilite), kurma, sökme ve bakım gereksinimleri gibi malzeme özellikleri olabilir. Bunun yanında uygulanan şartnameler, parametreler ve konstrüktif koşullar deneyim birikimi ile birlikte dikkate alınmalıdır. Sistem oluşturulurken kullanılacak programların, yöntemlerin kapsamları iyi bilinmeli, sistemin yapılabilirliği ve doğa davranışı uyumu gözetilmelidir. Bu gibi faktörlerin ne kadar çoğu yapılan hesaplamaların içine katılabilirse oluşturulan model o kadar gerçekçi olarak incelenip sağlıklı hesaplar yapılabilir. Bu çalışmada elde olan bilgiler ve bilgisayar yazılımı kullanılarak sistemin uygun şekilde çalışabileceği güvenli bir yapı en hafif şekilde oluşturulmaya çalışılmıştır.

KAYNAKLAR

[1] Cashman, R. M., (1962). “Design of Marine Foundations”, The Society of Naval Architects and Marine Engineers, 723.

[2] Zhang, J., Li, H., Zhao, Y. ve Ren, G., (2017). “An ontology-based approach supporting holistic structural design with the consideration of safety, environmental impact and cost”, Advances in Engineering Software, 115: 26-39

[3] Türk Loydu, (2018). Tekne Yapım Kuralları, Kısım 1, Bölüm 19 Makina Montajı, B Motor Temelleri, İstanbul

[4] Orhan, O., (2014). Su Üstü Savaş Gemilerine Ait Savaş Sistemi Temellerinin Yapısal Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[5] SEFT Gemi Tasarım İmalat/Montaj Notları

[6] Ghenova Ingenieria Equipment Foundations Design Guide

[7] Kutay, M.G., (2009), Civatalar ve Somunlar, http://www.guven-kutay.ch/ozet-konular/08a_civata.pdf, 5 Eylül 2017.

[8] Hamrit, F., Necib, B. ve Driss, Z., (2015). “Analysis of Mechanical Structures Using Beam Finite Element Method”, International Journal of Mechanics and Applications, 1.

[9] Cook, R.D., Malkus, D.S. ve Plesha, M.E., (1989). Concepts and Applications of Finite Element Analysis, Madison.

[10] Lalanne, M., Berthier, P. ve Hagobian, J., (1995). Mécanique des vibrations linéaires, MASSON Edition.

[11] Computers & Structures, Inc. (CSI) (2013). Analysis Reference Manual, Berkeley.

[12] American Institute of Steel Construction (AISC), (2010). Specification for Structural Steel Buildings.

[13] IHS Markit Standards Store, https://global.ihs.com/standards.cfm?publisher=AISC, 5 Ocak 2018.

[14] TSE 498, (1987). Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri, TSE, Ankara.

[15] Engin, G., (2011), SAP2000 Yazılımı Temel Eğitim Notları-1, https://tr.scribd.com/document/59249458/46718723-SAP2000v10-BASLARKEN, 5 Eylül 2017.

[16] Kutay, M.G., (2009), Malzemenin Mukavemet Değerleri, http://www.guven-kutay.ch/mukavemet/05-2-mukavemet-degerleri.pdf, 5 Eylül 2017.

[17] Topçu, A., (2017), Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Betonarme II Ders Notları, http://mmf2.ogu.edu.tr/atopcu/index_dosyalar/betonarme2.htm, 15 Eylül 2017.

[18] Weather Online Wind Speed Archive, http://www.weatheronline.co.uk/, 5 Ocak 2017.

[19] Kocabaş, S., 2005. Çelik Yapıların SAP2000 Programı ile Analiz ve Tasarımı, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

[20] Çağdaş, M., 2016. Uygulamalı SAP2000: Yapı Sistemlerinin Modellenmesi, İstanbul Gelişim Üniversitesi Yayınları, İstanbul.

[21] Hojjat, A. ve Kamal, C.S., (2006). Cost Optimization of Structures, John Wiley & Sons, England

[22] SAP2000 Integrated Software For Structural Analysis And Design, https://www.csiamerica.com/products/sap2000, 10 Ocak 2017.

[23] B2B Metal, http://www.b2bmetal.eu/hea-sections-specification, 1 Aralık 2017.

EK-A

SON MODEL İÇİN SONUÇ DÖKÜMÜ

No	Kesit	Mevcut Gerilme/Kapasite Oranı	Yükleme Durumu Y:Yapı E:Ekipman R:Rüzgar
1	HEA300	0,772	Y+E+R
2	HEA300	0,776	Y+E+R
3	HEA300	0,775	Y+E+R
4	HEA300	0,774	Y+E+R
5	HEA300	0,781	Y+E+R
6	HEA300	0,771	Y+E+R
7	HEA300	0,632	Y+E+R
8	HEA300	0,635	Y+E+R
9	HEA300	0,634	Y+E+R
10	HEA300	0,633	Y+E+R
11	HEA300	0,641	Y+E+R
12	HEA300	0,631	Y+E+R
13	HEA300	0,343	Y+E+R
14	HEA300	0,339	Y+E+R
15	HEA300	0,339	Y+E+R
16	HEA300	0,339	Y+E+R

17	HEA300	0,345	Y+E+R
18	HEA300	0,340	Y+E+R
19	HEA300	0,008	Y+E+R
20	HEA180	0,020	Y+E+R
21	HEA300	0,008	Y+E+R
22	HEA180	0,021	Y+E+R
23	HEA300	0,009	Y+E+R
24	HEA140	0,035	Y+E+R
25	HEA140	0,032	Y+E+R
26	HEA300	0,991	Y+E+R
27	HEA300	0,904	Y+E+R
28	HEA300	0,904	Y+E+R
29	HEA300	0,904	Y+E+R
30	HEA300	0,906	Y+E+R
31	HEA300	0,992	Y+E+R
32	HEA140	0,035	Y+E+R
33	HEA140	0,032	Y+E+R
34	HEA300	0,008	Y+E+R
35	HEA180	0,020	Y+E+R
36	HEA300	0,008	Y+E+R
37	HEA180	0,021	Y+E+R
38	HEA300	0,011	Y+E+R
39	HEA300	0,601	Y+E+R
40	HEA300	0,602	Y+E+R

41	HEA300	0,602	Y+E+R
42	HEA300	0,602	Y+E+R
43	HEA300	0,599	Y+E+R
44	HEA300	0,600	Y+E+R
45	HEA300	0,008	Y+E+R
46	HEA180	0,020	Y+E+R
47	HEA300	0,008	Y+E+R
48	HEA180	0,022	Y+E+R
49	HEA300	0,010	Y+E+R
50	HEA240	0,799	Y+E+R
51	HEA240	0,800	Y+E+R
52	HEA240	0,799	Y+E+R
53	HEA240	0,799	Y+E+R
54	HEA240	0,782	Y+E+R
55	HEA240	0,795	Y+E+R
56	HEA240	0,494	Y+E+R
57	HEA240	0,495	Y+E+R
58	HEA240	0,494	Y+E+R
59	HEA240	0,493	Y+E+R
60	HEA240	0,508	Y+E+R
61	HEA240	0,491	Y+E+R
62	HEA240	0,357	Y+E+R
63	HEA240	0,352	Y+E+R
64	HEA240	0,350	Y+E+R

65	HEA240	0,350	Y+E+R
66	HEA240	0,368	Y+E+R
67	HEA240	0,351	Y+E+R
68	HEA240	0,011	Y+E+R
69	HEA180	0,020	Y+E+R
70	HEA240	0,010	Y+E+R
71	HEA140	0,030	Y+E+R
72	HEA240	0,012	Y+E+R
73	HEA100	0,052	Y+E+R
74	HEA100	0,046	Y+E+R
75	HEA240	0,455	Y+E+R
76	HEA240	0,415	Y+E+R
77	HEA240	0,415	Y+E+R
78	HEA240	0,415	Y+E+R
79	HEA240	0,403	Y+E+R
80	HEA240	0,453	Y+E+R
81	HEA100	0,051	Y+E+R
82	HEA100	0,046	Y+E+R
83	HEA240	0,009	Y+E+R
84	HEA140	0,026	Y+E+R
85	HEA240	0,010	Y+E+R
86	HEA140	0,031	Y+E+R
87	HEA240	0,014	Y+E+R
88	HEA240	0,401	Y+E+R

89	HEA240	0,400	Y+E+R
90	HEA240	0,400	Y+E+R
91	HEA240	0,400	Y+E+R
92	HEA300	0,265	Y+E+R
93	HEA240	0,397	Y+E+R
94	HEA240	0,009	Y+E+R
95	HEA140	0,026	Y+E+R
96	HEA240	0,009	Y+E+R
97	HEA140	0,030	Y+E+R
98	HEA240	0,014	Y+E+R
99	HEA200	0,699	Y+E+R
100	HEA200	0,697	Y+E+R
101	HEA200	0,695	Y+E+R
102	HEA200	0,695	Y+E+R
103	HEA200	0,697	Y+E+R
104	HEA200	0,693	Y+E+R
105	HEA200	0,901	Y+E+R
106	HEA200	0,894	Y+E+R
107	HEA200	0,893	Y+E+R
108	HEA200	0,890	Y+E+R
109	HEA200	0,899	Y+E+R
110	HEA200	0,890	Y+E+R
111	HEA200	0,692	Y+E+R
112	HEA200	0,684	Y+E+R

113	HEA200	0,684	Y+E+R
114	HEA200	0,683	Y+E+R
115	HEA200	0,738	Y+E+R
116	HEA200	0,683	Y+E+R
117	HEA200	0,021	Y+E+R
118	HEA140	0,026	Y+E+R
119	HEA200	0,020	Y+E+R
120	HEA140	0,032	Y+E+R
121	HEA200	0,025	Y+E+R
122	HEA180	0,161	Y+E+R
123	HEA100	0,078	Y+E+R
124	HEA180	0,150	Y+E+R
125	HEA100	0,083	Y+E+R
126	HEA180	0,162	Y+E+R
127	HEA200	0,616	Y+E+R
128	HEA140	0,058	Y+E+R
129	HEA140	0,061	Y+E+R
130	HEA200	0,629	Y+E+R
131	HEA200	0,626	Y+E+R
132	HEA140	0,057	Y+E+R
133	HEA140	0,061	Y+E+R
134	HEA200	0,628	Y+E+R
135	HEA200	0,630	Y+E+R
136	HEA140	0,069	Y+E+R

137	HEA140	0,050	Y+E+R
138	HEA200	0,611	Y+E+R
139	HEA180	0,161	Y+E+R
140	HEA100	0,076	Y+E+R
141	HEA180	0,150	Y+E+R
142	HEA100	0,082	Y+E+R
143	HEA180	0,162	Y+E+R
144	HEA200	0,019	Y+E+R
145	HEA140	0,025	Y+E+R
146	HEA200	0,019	Y+E+R
147	HEA140	0,032	Y+E+R
148	HEA200	0,025	Y+E+R
149	HEA200	0,828	Y+E+R
150	HEA200	0,826	Y+E+R
151	HEA200	0,826	Y+E+R
152	HEA200	0,826	Y+E+R
153	HEA200	0,833	Y+E+R
154	HEA200	0,825	Y+E+R
155	HEA200	0,013	Y+E+R
156	HEA140	0,026	Y+E+R
157	HEA200	0,014	Y+E+R
158	HEA140	0,033	Y+E+R
159	HEA200	0,019	Y+E+R
160	HEA200	0,462	Y+E+R

161	HEA200	0,454	Y+E+R
162	HEA200	0,451	Y+E+R
163	HEA200	0,452	Y+E+R
164	HEA200	0,459	Y+E+R
165	HEA200	0,460	Y+E+R
166	HEA200	0,614	Y+E+R
167	HEA200	0,596	Y+E+R
168	HEA200	0,597	Y+E+R
169	HEA200	0,597	Y+E+R
170	HEA200	0,603	Y+E+R
171	HEA200	0,610	Y+E+R
172	HEA200	0,607	Y+E+R
173	HEA200	0,596	Y+E+R
174	HEA200	0,596	Y+E+R
175	HEA200	0,595	Y+E+R
176	HEA200	0,598	Y+E+R
177	HEA200	0,604	Y+E+R
178	HEA200	0,111	Y+E+R
179	HEA140	0,046	Y+E+R
180	HEA200	0,109	Y+E+R
181	HEA140	0,049	Y+E+R
182	HEA200	0,111	Y+E+R
183	HEA180	0,095	Y+E+R
184	HEA180	0,101	Y+E+R

185	HEA180	0,095	Y+E+R
186	HEA180	0,098	Y+E+R
187	HEA180	0,100	Y+E+R
188	HEA180	0,099	Y+E+R
189	HEA180	0,386	Y+E+R
190	HEA180	0,384	Y+E+R
191	HEA180	0,382	Y+E+R
192	HEA180	0,385	Y+E+R
193	HEA180	0,381	Y+E+R
194	HEA180	0,389	Y+E+R
195	HEA100	0,068	Y+E+R
196	HEA100	0,060	Y+E+R
197	HEA200	0,842	Y+E+R
198	HEA200	0,764	Y+E+R
199	HEA200	0,766	Y+E+R
200	HEA200	0,763	Y+E+R
201	HEA200	0,770	Y+E+R
202	HEA200	0,838	Y+E+R
203	HEA100	0,053	Y+E+R
204	HEA100	0,048	Y+E+R
205	HEA180	0,386	Y+E+R
206	HEA180	0,384	Y+E+R
207	HEA180	0,382	Y+E+R
208	HEA180	0,385	Y+E+R

209	HEA180	0,381	Y+E+R
210	HEA180	0,389	Y+E+R
211	HEA180	0,094	Y+E+R
212	HEA180	0,103	Y+E+R
213	HEA180	0,097	Y+E+R
214	HEA180	0,099	Y+E+R
215	HEA180	0,102	Y+E+R
216	HEA180	0,097	Y+E+R
217	HEA200	0,111	Y+E+R
218	HEA140	0,050	Y+E+R
219	HEA200	0,109	Y+E+R
220	HEA140	0,052	Y+E+R
221	HEA200	0,111	Y+E+R
222	HEA200	0,681	Y+E+R
223	HEA200	0,681	Y+E+R
224	HEA200	0,682	Y+E+R
225	HEA200	0,683	Y+E+R
226	HEA200	0,680	Y+E+R
227	HEA200	0,677	Y+E+R
228	HEA200	0,014	Y+E+R
229	HEA140	0,027	Y+E+R
230	HEA200	0,012	Y+E+R
231	HEA140	0,029	Y+E+R
232	HEA200	0,014	Y+E+R

233	HEA200	0,810	Y+E+R
234	HEA200	0,806	Y+E+R
235	HEA200	0,804	Y+E+R
236	HEA200	0,802	Y+E+R
237	HEA200	0,807	Y+E+R
238	HEA200	0,809	Y+E+R
239	HEA200	0,773	Y+E+R
240	HEA200	0,765	Y+E+R
241	HEA200	0,764	Y+E+R
242	HEA200	0,761	Y+E+R
243	HEA200	0,768	Y+E+R
244	HEA200	0,771	Y+E+R
245	HEA200	0,115	Y+E+R
246	HEA200	0,116	Y+E+R
247	HEA200	0,115	Y+E+R
248	HEA180	0,096	Y+E+R
249	HEA180	0,098	Y+E+R
250	HEA180	0,096	Y+E+R
251	HEA180	0,098	Y+E+R
252	HEA180	0,096	Y+E+R
253	HEA180	0,098	Y+E+R
254	HEA180	0,385	Y+E+R
255	HEA180	0,388	Y+E+R
256	HEA180	0,385	Y+E+R

257	HEA180	0,388	Y+E+R
258	HEA180	0,385	Y+E+R
259	HEA180	0,388	Y+E+R
260	HEA200	0,981	Y+E+R
261	HEA200	0,980	Y+E+R
262	HEA200	0,981	Y+E+R
263	HEA200	0,980	Y+E+R
264	HEA200	0,982	Y+E+R
265	HEA200	0,979	Y+E+R
266	HEA180	0,386	Y+E+R
267	HEA180	0,390	Y+E+R
268	HEA180	0,387	Y+E+R
269	HEA180	0,390	Y+E+R
270	HEA180	0,387	Y+E+R
271	HEA180	0,390	Y+E+R
272	HEA180	0,098	Y+E+R
273	HEA180	0,099	Y+E+R
274	HEA180	0,098	Y+E+R
275	HEA180	0,100	Y+E+R
276	HEA180	0,098	Y+E+R
277	HEA180	0,100	Y+E+R
278	HEA200	0,115	Y+E+R
279	HEA200	0,115	Y+E+R
280	HEA200	0,115	Y+E+R

281	HEA180	0,785	Y+E+R
282	HEA180	0,785	Y+E+R
283	HEA180	0,785	Y+E+R
284	HEA180	0,785	Y+E+R
285	HEA180	0,785	Y+E+R
286	HEA180	0,785	Y+E+R
287	HEA180	0,322	Y+E+R
288	HEA180	0,322	Y+E+R
289	HEA180	0,323	Y+E+R
290	HEA180	0,322	Y+E+R
291	HEA180	0,322	Y+E+R
292	HEA180	0,322	Y+E+R
293	HEA180	0,103	Y+E+R
294	HEA180	0,103	Y+E+R
295	HEA180	0,103	Y+E+R
296	HEA180	0,008	Y+E+R
297	HEA180	0,008	Y+E+R
298	HEA180	0,008	Y+E+R
299	HEA180	0,449	Y+E+R
300	HEA180	0,449	Y+E+R
301	HEA180	0,449	Y+E+R
302	HEA180	0,703	Y+E+R
303	HEA140	0,157	Y+E+R
304	HEA140	0,293	Y+E+R

305	HEA140	0,293	Y+E+R
306	HEA140	0,157	Y+E+R
307	HEA180	0,702	Y+E+R
308	HEA180	0,702	Y+E+R
309	HEA140	0,157	Y+E+R
310	HEA140	0,293	Y+E+R
311	HEA140	0,293	Y+E+R
312	HEA140	0,157	Y+E+R
313	HEA180	0,702	Y+E+R
314	HEA180	0,703	Y+E+R
315	HEA140	0,157	Y+E+R
316	HEA140	0,293	Y+E+R
317	HEA140	0,293	Y+E+R
318	HEA140	0,156	Y+E+R
319	HEA180	0,702	Y+E+R
320	HEA180	0,449	Y+E+R
321	HEA180	0,449	Y+E+R
322	HEA180	0,449	Y+E+R
323	HEA180	0,008	Y+E+R
324	HEA180	0,008	Y+E+R
325	HEA180	0,008	Y+E+R
326	HEA180	0,104	Y+E+R
327	HEA180	0,104	Y+E+R
328	HEA180	0,104	Y+E+R

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Alican AŞKUN

Doğum Tarihi ve Yeri : 01.01.1989 İstanbul

Yabancı Dili : İngilizce

E-posta : alicanburada@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Derece	**Alan**	**Okul/Üniversite**	**Mezuniyet Yılı**
Y. Lİsans	Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği	Yıldız Teknik Üniveritesi	2018
Lisans	Gemi İnşaatı ve Gemi Makineleri Mühendisliği	İstanbul Teknik Üniveritesi	2012
Lise	Sayısal	Kadıköy Anadolu Lisesi	2007

İŞ TECRÜBESİ

Yıl	**Firma/Kurum**	**Görevi**
2013-	SEFT Ship Design	Donatım Mühendisi
2011-2013	777 Yacht Group Company	Naval Architect

YAYINLARI

Makale

1. Aşkun, A. ve Ekinci S., (2018). “Enerji Gemilerinde Egzoz Kulesi Tasarımı”, GMO Gemi ve Deniz Teknolojisi Dergisi, 211: 20-37