

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YÜKLEME VE BOŞALTMA OPERASYONLARINDA DÖKME YÜK
GEMİLERİ İÇİN MUKAVEMET ANALİZİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Özlem AKKUŞ**

Anabilim Dalı : Deniz Ulaştırma Mühendisliği

Programı : Deniz Ulaştırma Mühendisliği

HAZİRAN 2011

**YÜKLEME VE BOŞALTMA OPERASYONLARINDA DÖKME YÜK
GEMİLERİ İÇİN MUKAVEMET ANALİZİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Özlem AKKUŞ
(512091009)**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 10 Mayıs 2011

Tezin Savunulduğu Tarih : 07 Haziran 2011

**Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Sevilay CAN (İTÜ)
Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Hüseyin YILMAZ (YTÜ)
Yrd. Doç. Dr. Özcan ARSLAN (İTÜ)**

HAZİRAN 2011

ÖNSÖZ

Bu çalışmanın hazırlanmasında mesleki tecrübeleri ve dostluklarıyla büyük katkı sağladıkları için Kpt. Tuğsan İŞİAÇIK ÇOLAK'a ve Müh. Muammer SAĞLAM'a teşekkür ederim.

Yaşamımın her anını anlamlı kılan, varlıklarıyla her zaman gurur duyduğum, hak ettiğim mevkilere ulaşma yolunda önüme çıkan engelleme çabalarına karşı birlikte mücadele verdiğimiz ve başarıya birlikte ulaştığımız ailemin tüm bireyelerine en derin saygı ve şükranlarımı sunarım.

Mayıs 2011

Özlem AKKUŞ
Gemi İnşaatı ve Deniz Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER	v
KISALTMALAR	vi
ÇİZELGE LİSTESİ	ix
ŞEKİL LİSTESİ	xi
ÖZET	xiii
SUMMARY	xv
1. GİRİŞ	1
2. DÖKME YÜK GEMİSİ	5
2.1 Temel Tanımlar ve Boyutlar	7
2.2 Dizayn Kriterleri	8
2.3 Dökme Yük Gemisinin Genel Yapısı	9
2.3.1 Gövde yapısı	9
2.3.2 Makine özellikleri	11
2.3.3 Ambar ağızları ve kapakları	11
2.4 Gemi İnşa Çeliğinin Mukavemeti	11
2.4.1 Gemi inşa çeliği	11
2.4.1.1 Yüksek dayanımlı çelik	12
2.4.1.2 Korozyon ve yorulma	13
3. GEMİNİN BOYUNA MUKAVEMETİ	15
3.1 Gemiye Etkiyen Yükler	15
3.1.1 Etki eden yüklerin kaynakları	15
3.1.2 Yüklerin frekansları	16
3.1.2.1 Statik yükler	16
3.1.2.2 Yarı statik yükler	16
3.1.2.3 Yüksek frekanslı yükler	17
3.1.2.4 Darbe yükleri	17
3.2 Geminin Yüklere Karşı Tepkileri	17
3.2.1 Birincil tepkiler	17
3.2.2 İkincil tepkiler	17
3.2.3 Üçüncül tepkiler	18
3.3 Statik Yükleme Durumunda Boyuna Mukavemet Analizi	18
3.3.1 Ağırlık dağılımı	19
3.3.2 Sephiye dağılımı	22
3.3.3 Ağırlık ve sephiyenin analizi	23
3.3.3 Dalga tepesi ve dalga çukuru durumu	26
3.3.4 Kesme kuvveti ve eğilme momentinde yaklaşık düzeltme	29
3.3.4.1 Kesme kuvvetinde yaklaşık düzeltme	29
3.3.4.2 Eğilme momentinde yaklaşık düzeltme	30
3.4 Yükleme ve Boşaltma Esnasında Oluşan Kesme Kuvveti ve Eğilme Momenti	32

3.4.1 Kesme kuvveti ve eğilme momentinin oluşumu	32
3.4.2 İzin verilen kesme kuvveti ve eğilme momenti değerleri	22
4. YÜKLEME VE BOŞALTMA OPERASYONLARI.....	35
4.1 Yükleme ve Boşaltma Ekipmanları	35
4.1.1 Ekipmanlardan kaynaklanabilecek hasarlar	35
4.2 Yükleme Metodları.....	36
4.2.1 Ambar yükleme koşulları ve yükün gemi boyunca dağılımı	36
4.2.1.1 Homojen ambar yükleme.....	36
4.2.1.2 Alternatif ambar yükleme.....	37
4.2.1.3 Blok ambar yükleme.....	38
4.3 Operasyon Süreci.....	40
4.3.1 Yükleme rehberi ve yükleme programı.....	40
4.3.2 Operasyonların planlanması.....	41
4.3.3 Operasyonların gerçekleşmesi.....	42
4.3.4 Operasyonlarda karşılaşılabilecek problemler ve oluşabilecek hasarlar ...	43
4.4.2 Bir dökme yük gemisi için yükleme senaryosu	46
5. KAZA ANALİZLERİ	51
5.1 M/V Derbyshire.....	51
5.2 M/V Algowood.....	54
5.3 M/V Lassia	57
5.4 M/V Flare	58
6. UYGULAMA	61
7. SONUÇ VE ÖNERİLER	65
KAYNAKLAR.....	67
EKLER.....	69
ÖZ GEÇMİŞ.....	93

KISALTMALAR

IMO	: International Maritime Organization
IACS	: International Association of Class Societies
SOLAS	: Safety of Life at Sea
SWSF	: Still Water Shearing Force
SWBM	: Still Water Bending Moment
OBO	: Ore Bulk Oil
O/O	: Ore/Oil
L	: Gemi boyu
w(x)	: Gemi boyunca ağırlık dağılımı
b(x)	: Gemi boyunca sephiye dağılımı
q(x)	: Gemi boyunca net kuvvet dağılımı
Q(x)	: Gemi boyunca kesme kuvveti dağılımı
M(x)	: Gemi boyunca eğilme momenti dağılımı
Δ_0	: Deplasman
I	: Atalet momenti
BML	: Boyuna metasantrik yarıçap
GML	: Boyuna metasantr yüksekliği

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Dökme yük gemilerinin kapasitelerine göre sınıflandırılması	8
Çizelge 2.2 : Yüksek gerilimli çeliğin özellikleri.....	13
Çizelge 3.1 : Bir gemiye ait ağırlıklar ve konumları	20
Çizelge 6.1 : Ağırlık dağılımı	62
Çizelge 6.2 : Yükleme planı	63

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Dökme yük gemisi	6
Şekil 2.2 : SS John Bowes	6
Şekil 2.3 : Geminin ana boyutları	7
Şekil 2.4 : Düşük ve yüksek yoğunluklu yükler	9
Şekil 2.5 : Bir dökme yük gemisinin en kesidi	10
Şekil 2.6 : Dökme yük gemisi ambar yapısı	10
Şekil 3.1 : Gemiye etki eden kuvvetler	15
Şekil 3.2 : Geminin yüklere karşı verdiği tepkilerin sınıflandırılması	18
Şekil 3.3 : Ağırlık dağılımı grafikleri	21
Şekil 3.4 : Bon – Jean eğrileri	22
Şekil 3.5 : Ağırlık ve sephiye grafikleri	24
Şekil 3.6 : Kesme kuvveti ve eğilme momenti	24
Şekil 3.7 : Kesme kuvveti ve eğilme momenti diyagramları	25
Şekil 3.8 : Dalga tepesi ve dalga çukuru	27
Şekil 3.9 : Sarkma ve çökme hallerine karşı gelen trokoidal ve sinüsoidal dalgaların kıyaslanması	28
Şekil 3.10 : Kesme kuvvetindeki hata ve hatanın yapı boyunca dağılımı	29
Şekil 3.11 : Dalga çukurunun veya dalga tepesinin ortada olması halinde sephiye kaydırması	30
Şekil 4.1 : Homojen ambar yükleme	37
Şekil 4.2 : Alternatif ambar yükleme	37
Şekil 4.3 : Alternatif ambar yükleme yapılan bir gemi	37
Şekil 4.4 : Blok ambar yükleme	38
Şekil 4.5 : Farklı yükleme koşulları için eğilme momentleri	39
Şekil 4.6 : Farklı yükleme koşulları için eğilme momentleri	39
Şekil 4.7 : Yükleme planı formu örneği	42
Şekil 4.8 : Asimetrik balast dağılımı	44
Şekil 4.9 : Perdede oluşan basma gerilmesi	45
Şekil 4.10 : Yükten kaynaklanan kesme kuvveti	45
Şekil 4.11 : Panamax tipi dökme yük gemisi	47
Şekil 4.12 : Birinci aşama	47
Şekil 4.13 : İkinci aşama	48
Şekil 4.14 : Üçüncü aşama	48
Şekil 4.15 : Kritik durum-1	49
Şekil 4.16 : Kritik durum-2	49
Şekil 4.17 : Son durum	50
Şekil 4.18 : Aşırı yükleme durumu	50
Şekil 5.1 : M/V Derbyshire	51
Şekil 5.2 : M/V Derbyshire 65. posta	52
Şekil 5.3 : Boyuna perdelerin aynı doğrultuda çakışmaması	53
Şekil 5.4 : M/V Derbyshire bilinen son yükleme durumu	53
Şekil 5.5 : Ambar kapaklarının göçmesi	54

Şekil 5.6 : M/V Algowood.....	55
Şekil 5.7 : M/V Algowood kırılma bölgesi.....	55
Şekil 5.8 : İskele bordada burkulma	56
Şekil 5.9 : 117 ve 119 postalar arası enine perde dip kaplama hasarı	57
Şekil 5.10 : M/V Lassia hasar durumu	58
Şekil 5.11 : M/V Flare kaza sonrası baş tarafı.....	59
Şekil 6.1 : Hidrostatik eğriler.....	61
Şekil 6.2 : Tank planı.....	62
Şekil 6.3 : Gemi boyunca ağırlık dağılımı	63
Şekil 6.4 : Yükleme penceresi örneği	64
Şekil A.1 : 1. dökme	71
Şekil A.2 : 2. dökme	72
Şekil A.3 : 3. dökme	73
Şekil A.4 : 4. dökme	74
Şekil A.5 : 5. dökme	75
Şekil A.6 : 6. dökme	76
Şekil A.7 : 7. dökme	77
Şekil A.8 : 8. dökme	78
Şekil A.9 : 9. dökme	79
Şekil A.10 : 10. dökme	80
Şekil A.11 : 11. dökme	81
Şekil A.12 : 12. dökme	82
Şekil A.13 : 13. dökme	83
Şekil A.14 : 14. dökme	84
Şekil A.15 : 15. dökme	85
Şekil A.16 : 16. dökme	86
Şekil A.17 : 17. dökme	87
Şekil A.18 : 18. dökme	88
Şekil A.19 : 19. dökme	89
Şekil A.20 : 20. dökme	90
Şekil A.21 : 21. dökme	91
Şekil A.22 : 22. dökme	92

YÜKLEME VE BOŞALTMA OPERASYONLARINDA DÖKME YÜK GEMİLERİ İÇİN MUKAVEMET ANALİZİ

ÖZET

Yükleme ve boşaltma operasyonları esnasında dökme yük gemilerinde oluşan kesme kuvvetleri ve eğilme momentlerini incelemek ve sınırların aşılması durumunda karşılaşılabilecek olumsuzlukları tespit etmek amacıyla hazırlanan bu çalışmada; ilk olarak dökme yük gemileri ile ilgili bilgi verilmiş, temel özellikleri anlatılmıştır. Ardından, boyuna mukavemet hesabı yapılmış ve uluslar arası kurallar ışığında sınır değerlerin hesaplanma yöntemleri gösterilmiştir. Yükleme ve boşaltma operasyonlarının hazırlığı ve gerçekleşme süreci ayrıntılı bir biçimde ele alınmıştır. Yükleme ve boşaltma operasyonları sırasında kesme kuvveti ve eğilme momenti sınır değerlerinin aşılması sebebiyle oluşan kazalar incelenmiş, meydana gelen kalıcı hasarlar somut olarak görülmüştür. Tribon programı kullanılarak bir dökme yük gemisi için hazırlanan yükleme senaryosu uygulanmış, her yükleme aşamasında kesme kuvveti ve eğilme momentlerinin izin verilen değerlere oranı, kritik durumlar program yardımıyla incelenmiştir.

Çalışma sonucunda, yükleme ve boşaltma operasyonlarının, geminin mukavemeti açısından oldukça risk taşıyan süreçler olduğu, bu süreçlerin gemi zabitleri ve liman yetkilisi tarafından, uluslararası düzenlemeler dikkate alınarak, uygun ekipmanlarla, özenle takip edilmesi gerekliliği vurgulanmaktadır. Ayrıca, kazaların değerlendirilmesi etkin biçimde yapılması ve sonuçlar ışığında dizayn kriterlerinin gözden geçirilmesi; malzeme yorgunluğu faktörüne bağlı olarak limit değerlerin hesaplanmasında yaş unsurunun dikkate alınması, kalıcı hasarların ve gemi kayıplarının önlenmesi için insan hatalarını en aza indirecek cihazların geliştirilmesi, düzenli eğitim ve uygulamalarla bilinç seviyesinin yükseltilmesi önerilmektedir.

LONGITUDINAL STRENGTH ANALYSIS OF BULK CARRIERS DURING LOADING AND UNLOADING OPERATIONS

SUMMARY

In this study; which aims to analyse the shearing forces and bending moments during loading and unloading operations and to explore the negotiations in case of exceeding the limit values; general information about bulk carries and basic features are given, firstly. Then longitudinal strength of ship is calculated and methods of calculating the international permissible values are examined. Preparing and carrying out the loading and unloading operations are told. Accidents caused by exceeding permissible values are analysed and permanent damages are showed. By using Tribon, a loading scenario is applied on a bulk carrier and in every loading stage the ratio of shearing forces and bending moments to permissible values are researched.

In conclusion, it is emphasized that loading and unloading operations are very risky processes for strength of ships and should be handled carefully with suitable equipments by ship crews and port officers in accordance with international regulations. Also, some advices are given like; accidents should be analysed efficiently and due to results international regulations and design criterias should be reviewed; material fatigue should be taken in consideration in calculating the limit values; to prevent the ship losses and damages, technical devices that minimize the human factor should be developed; and by regular seminars and trainings, personnels' consciousness should be raised.

.

1. GİRİŞ

Deniz taşımacılığı 21. yüzyılda, dünya ticaretinin %80'nin gerçekleştiği en çok kullanılan taşıma yoludur. Bu taşıma yolunun en önemli unsuru ise; belli bir faaliyeti yerine getirmek üzere dizayn edilen ve üretilen endüstriyel yapılar olan gemilerdir.

Gemi gövdesinin şekli; taşıma kapasitesinin iyileştirilmesi, denize elverişlilik, manevra kabiliyeti, rota takibi, deniz koşullarına bağlı olarak mukavemetin korunumu gibi gereklilikleri karşılamak için sürekli evrim geçirmektedir. Evrim sonucunda ise taşıyacağı yükün türü için özelleşmiş farklı tipte gemiler ortaya çıkmaktadır. Bunlardan biri de dökme yük gemileridir.

Dökme yük gemileri 1950'lerde çok büyük miktarlarda paketlenemeyen tahıl, kömür ve demir cevheri gibi yükleri taşımak için geliştirildi. Şu an dünyada 5000 civarında dökme yük gemisi, ticari ürün taşımada hizmet vermektedir. Kuru yük taşımak için geliştirilen dökme yük gemilerinin taşıdığı temel yükler kömür, tahıl, maden cevheri, boksit, fosfat ve nitrattır. Bu yükleri dökme şeklinde taşımanın avantajı paketleme maliyetlerinin düşmesi, yükleme ve boşaltma operasyonlarının hızlı olmasıdır [1].

II. Dünya Savaşı'ndan önce özel dökme yük gemileri için gerçek bir talep söz konusu değildi. 1937'de tüm maden cevheri ticaret hacmi 25 milyon ton kadardı ve tramp gemiler bunun için yeterliydi. 1950'lerden itibaren dökme yük hareketleri arttı. Birçok ülke dökme yük gemisi inşaatına başladı. Talep arttıkça ve gemi inşaat teknolojisi geliştikçe gemi boyutları ve taşıma kapasiteleri de büyüdü. Bugün dökme yük gemileri dünya ticaretinin büyük bir yüzdesini çok emniyetli şekilde taşımaktadır.

Dökme yük gemilerinin dünya ticaretinde büyük bir yeri olmasına rağmen, doksanlı yıllara kadar, emniyetli operasyonları ile ilgili konular yeterince gündeme gelmemekteydi. 1990 ile 1997 yılları arasında yaşanan, 654 insanın ölümüyle sonuçlanan 99 dökme yük gemisi kaybı, dikkatleri dökme yük gemilerinin emniyetine çekti [1].

Daha emniyetli gemilere ve daha temiz denizlere ulaşmayı temel hedef edinen IMO da bu konuyu sorumluluk bilinciyle ele almış; bir dizi sözleşmeler, kodlar ve düzenlemeler yayınlamış; zorunluluklar getirmiştir. Bu sözleşmelerin en önemlisi en genel anlamda SOLAS'tır.

SOLAS'ta bahsedilen tek dökme yük tahıldır; fakat IMO, BC Code olarak bilinen Uluslararası Emniyetli Operasyon Kodu'nu yayınlayarak, konuyu daha kapsamlı açıklamıştır [2].

Geminin servis ömrü boyunca gövdesi, deplasman, sephiye ve dalga kuvvetlerinin etkisi ile çeşitli eğilme momentlerine maruz kalır. Bu kuvvetler güverte ve dip yapılarında plastik deformasyonlara neden olabileceğinden boyuna mukavemet geminin emniyeti açısından hayati önem taşıyan bir konudur.

Yükleme ve boşaltma operasyonları, geminin yapısal bütünlüğü ve mukavemeti için önemli süreçlerdir. Bu süreçte, gemiyi riske sokabilecek yük ve balast dağılımlarına maruz kalabilir.

Yükleme boşaltma operasyonları sürecinde oluşacak mukavemet durumları bugüne kadar bir çok kez incelenmiş, çeşitli çalışmalara konu olmuştur. Young modülü ile tanınan Thomas young, gemilerin boyuna mukavemetini ilk hesaplayan kişidir. Gemiye bir kiriş olarak kabul etmiş, deplasman ve sephiye dağılımını kullanarak kesme kuvveti ve eğilme momenti diyagramlarını çizmiştir [3].

Bu çalışmada özellikle üzerinde durulan konu, yükleme ve boşaltma operasyonlarında oluşan kesme kuvvetleri ve eğilme momentleridir.

Tez çalışmasının ikinci bölümünde, dökme yük gemileri tanıtılmış, temel boyutları verilmiş, yapı elemanları gösterilmiş ve ayrıntılı bilgi verilmiştir. Ayrıca dökme yük gemisi inşasında kullanılan yumuşak çelik ve yüksek dayanımlı çelik özellikleri anlatılmış, kıyaslamalar yapılmıştır.

Üçüncü bölümde, gemilerde boyuna mukavemet hesabı ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Gemiye etkiyen yükler, gemi gövdesinin tepkileri, temel mukavemet kavramları, ağırlık ve sephiye dağılımları, dalga tepesi ve çukurunda mukavemet durumları, kesme kuvveti ve eğilme momenti hesabı işlenmiştir.

Dördüncü bölümde ise, dökme yük gemilerinin yükleme ve boşaltma operasyonları incelenmiştir. Öncelikle kullanılan ekipmanlar tanıtılmış, bunlardan

kaynaklanabilecek hasarlar anlatılmıştır. Dökme yük gemileri için üç temel yükleme metodu resimlerle açıklanmış, hangi şartlarda hangi metodun tercih edileceği ve sakıncaları anlatılmıştır. Yükleme ve boşaltma operasyonlarının planlamasının önemi vurgulanmış, operasyon sırasında oluşan kesme kuvveti ve eğilme momentleri gösterilmiştir.

Yükleme ve boşaltma operasyonları sırasında, limit değerlerin göz ardı edilmesi, kuralların dışına çıkılması sebebiyle oluşan kazalar ve kalıcı hasarlar beşinci bölümde ayrıntılarıyla incelenmiştir. Kaza analizleri sonucunda, uluslar arası kurallar ve dizayn kriterlerinin tekrar gözden geçirilmesi gerekliliği vurgulanmıştır.

Son olarak altıncı bölümde ise, Tribon programından faydalanılmıştır. Oluşturulan yükleme senaryosu, program üzerinde uygulanmış, her yükleme aşamasında karşılaşılan kesme kuvveti ve eğilme momentlerinin, izin verilen değerlere oranı incelenmiştir.

2. DÖKME YÜK GEMİSİ

Dökme Yük Gemisi; 1974 SOLAS Sözleşmesinin Bölüm IX, Kural 1.6'da tanımlanan ve 1997 SOLAS Konferansının 6 sayılı kararında açıklanan anlamda; tek güverteli, ambarlarında güvertenin hemen altında üst yan tankları (top-side tank) ve alt yan tankları (hopper-side tank) bulunan ve esas olarak dökme kuru yük taşımak için yapılmış olan bir gemiyi (Şekil 2.1) ifade eder [4].

Dökme yük gemileri, birim taşıma maliyetini azaltmak amacıyla çok büyük miktarlarda, gemi ambarına paketlenmeden dökülen katı yükleri ve gemi tanklarına pompalanarak boşaltılan sıvı dökme yükleri taşıyan gemilerdir. Sıvı dökme yük gemileri için “tanker” tanımı kullanılarak özel bir adlandırma yapılmıştır. Dökme yük gemisi ise yalnızca kuru dökme yük taşıyan gemileri ifade etmektedir. Demir cevheri, kömür ve tahıl büyük miktarlarda taşındığı için uluslar arası dökme yük taşımacılığının başlıca yükleridir. Bunların dışında maden cevherleri, şeker, çimento, fosfat, suni gübre, kireç, alçı, boksit, potasyum, hayvan yemi, kereste diğer önemli dökme yüklerdir.

Yukarıda sıralanan yüklerin, paketlenmeden, dökme şekilde taşınmasının iki avantajı vardır. Bunlardan ilki yükü birimleştirmek amacıyla yapılan paketleme işleminin olmaması sayesinde maliyetin düşmesidir. Bir diğer avantaj ise, yükün doğrudan ambara boşaltılması ya da ambardan tahliyesi sağlanarak, elleçleme ekipmanlarının devreden çıkması ve operasyon sürelerinin kısılmasıdır.

Dökme yük gemileri, genellikle tek yönde yük taşırlar. Yük ile gidip, boş dönmek stabilite yönünden tehlike arz etmektedir. Ayrıca ekonomik açıdan dezavantajlıdır. Operasyonlara esneklik sağlamak ve boş sefer süresini kısaltmak için kombine taşımacılık geliştirilmiş, O/O (Oil/Ore Carrier), OBO (Oil –Bulk – Ore) gibi gemi tipleri ortaya çıkmıştır. Bu tip gemilerin, sıvı ve katı yükleri taşıyabilmeleri için özel olarak dizayn edilmiş ambarları bulunmatadır. İki farklı yükü bir arada taşıyabildikleri gibi; gidiş seferinde farklı, dönüş seferinde farklı yük de taşıyabilirler.



Şekil 2.1 : Dökme yük gemisi.

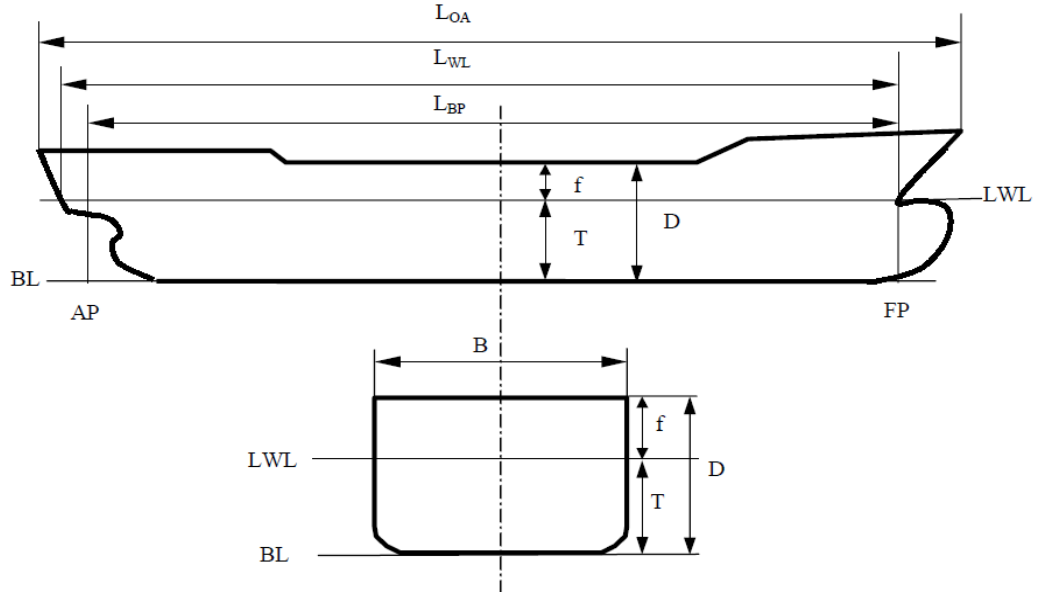
Bilinen ilk dökme yük gemisi, İngiltere bayraklı, kömür taşıyıcı buharlı gemi SS John Bowes'dir (1852) (Şekil 2.2). İlk dizel sevk sistemli dökme yük gemileri 1911'de inşa edilmeye başlandı. Modern dökme yük gemileri, 1960'lardan itibaren uluslar arası deniz taşımacılığında hizmet vermektedir. Bugün dünya ticari filosunun %40 ını, sayıları 6225'ü bulan dökme yük gemileri oluşturmaktadır [4].



Şekil 2.2 : SS John Bowes.

2.1 Temel Tanımlar ve Boyutlar

Bir geminin temel boyutları Şekil 2.3'te gösterilmiştir.



Şekil 2.3 : Geminin ana boyutları.

Burada;

- Baş Dikey (FP): Gemi baş bodoslaması ile dizayn su hattının kesiştikleri noktadan dizayn su hattına dik olarak geçen düşey doğru.
- Kık Dikey (AP): Dümen rodu eksenini ile dizayn su hattının kesiştiği noktadan dizayn su hattına dik olarak geçen düşey doğru.
- Mastori: Baş ve kık dikeyler arası uzaklığın ortası.
- Orta Simetri Düzlemi (CL): Gemiye boyuna yönde sancak ve iskele olarak iki simetrik parçaya bölen düzlem.
- Temel Hattı (BL) : Gemi boyunca dip kaplaması ile simetri düzleminin kesiştiği hat. Bu genellikle yatay bir doğru olmakla birlikte balıkçı gemisi veya romorkör gibi kıçta büyük bir pervane yuvasına sahip olması gereken gemi tiplerinde kıçta eğimli olabilir.
- Tam Boy: Geminin başta ve kıçta en uç noktaları arasındaki yatay uzaklıktır.
- Dikeyler Arası Boy (LBP): Baş ve kık dikeyler arasındaki yatay uzaklıktır.
- Su Hattı Boyu (LWL): Geminin dizayn su hattında yüzerken başta ve kıçta su ile temas eden en uç noktaları arasındaki yatay uzaklıktır.
- Kalıp Genişliği (BM): Geminin en geniş kesidinde sancak ve iskele bordalar arasındaki yatay uzaklıktır.

- Su Çekimi (T): Geminin temel hattı ile yüzdüğü su hattı arasındaki düşey uzaklıktır. Bu değer trimin mevcut olması durumunda gemi boyunca değişken olabilir.
- Su Hattı Genişliği (BWL): Geminin yüzdüğü su hattında ve en geniş kesidinde sancak ve iskele bordalar arasındaki yatay uzaklıktır.
- Derinlik (D): Gemi ortasında temel hattı ile ana güverte arasındaki düşey uzaklıktır.
- Fribord (f): Gemi ortasında dizayn su hattı ile ana güverte arasındaki düşey uzaklıktır. Fribord derinlik ile su çekimi arasındaki farka eşittir.

Dökme yük gemileri, taşıma kapasitelerine göre Çizelge 3.1’de görüldüğü gibi gruplandırılabilirler.

Çizelge 2.1 : Dökme yük gemilerinin kapasitelerine göre sınıflandırılması.

Gemi Tipi	Taşıma Kapasitesi
Small	DWT < 10 000 ton
Handysize	10 000 < DWT < 35 000
Handymax	35 000 < DWT < 50 000
Spramax	50 000 < DWT < 60 000
Panamax	60 000 < DWT < 80 000
Capesize	80 000 < DWT < 200 000
VLBC	200 000 < DWT

2.2 Dizayn Kriterleri

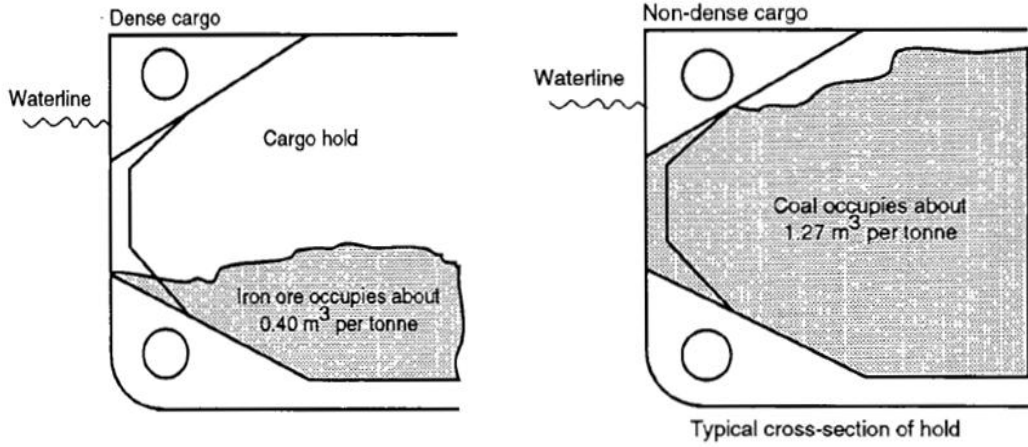
Dökme yük gemilerinin dizaynı, taşıyacağı yük ile doğrudan ilişkilidir. Bir m^3 hacimde taşınan yükün ton olarak değeri olan istif faktörü, dökme yük gemisi dizaynı için anahtar unsurdur.

Dökme yük gemileri ile taşınan yüklerin yoğunluğu, $0,6 \text{ ton}/m^3$ ile $3 \text{ ton}/m^3$ arasında değişmektedir. Yük yoğunluğu fazla olduğunda, ağırlık anlamında maksimum taşıma kapasitesi, dizaynda sınırları belirler. Diğer taraftan yoğunluğu az olan yükler için sınır hacimdir. Çünkü bu durumda, gemi maksimum drafta ulaşmadan, ambar hacimleri dolacaktır (Şekil 2.4).

Belirli bir tonajda, gemi boyutlarını etkileyen ikinci unsur, geminin taşıma yapacağı limanların ve su yollarının boyutlarıdır. Örneğin; Panama Kanalı’ndan geçecek bir gemiyi sınırlayan faktörler, geminin su çekimi ve genişliğidir. Genel olarak dökme yük gemileri için L/B oranı 5 ila 7, L/D oranı ise 11 ila 12 arasında değişmektedir.

IACS'a göre dökme yük gemileri taşıdıkları yükün yoğunluğuna ve taşıma yöntemine göre 3 gruba ayrılır:

- BC-C: Yoğunluğu < 1.0 ton/m³ olan yükler
- BC- B: BC-C ye ek olarak yoğunluğu ≥ 1.0 ton/m³ olan yükler (tüm ambarlar yüklü)
- BC- A: BC-B ye ek olarak yoğunluğu ≥ 1.0 ton/m³ olan yükler (full draftta bazı ambarlar boş)



Şekil 2.4 : Düşük ve yüksek yoğunluklu yükler.

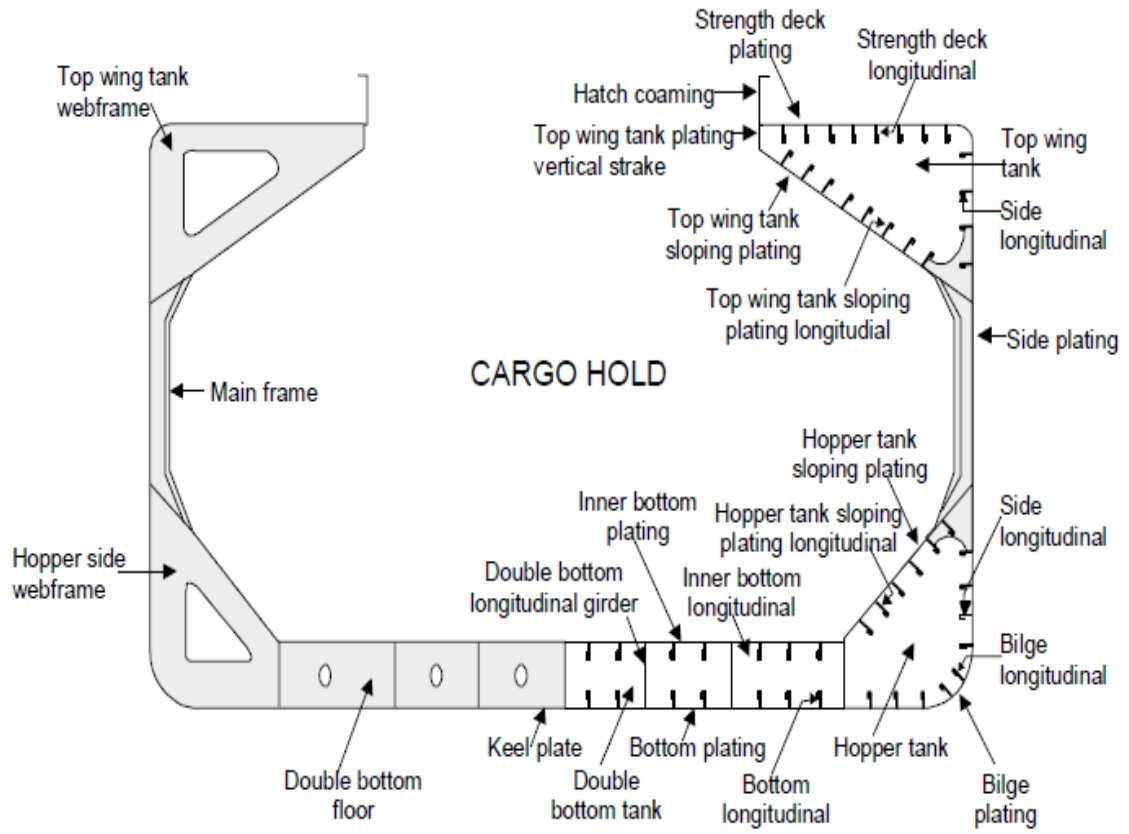
2.3 Dökme Yük Gemisinin Genel Yapısı

Tek güverteli, büyük blok katsayısına sahip, geniş ambar ağızlı dökme yük gemilerinin; makine daireleri ve yaşam mahalleri kıç tarafta yer alır. Birçok ticaret gemisi ile benzer en kesitine sahiptir (Şekil 2.5).

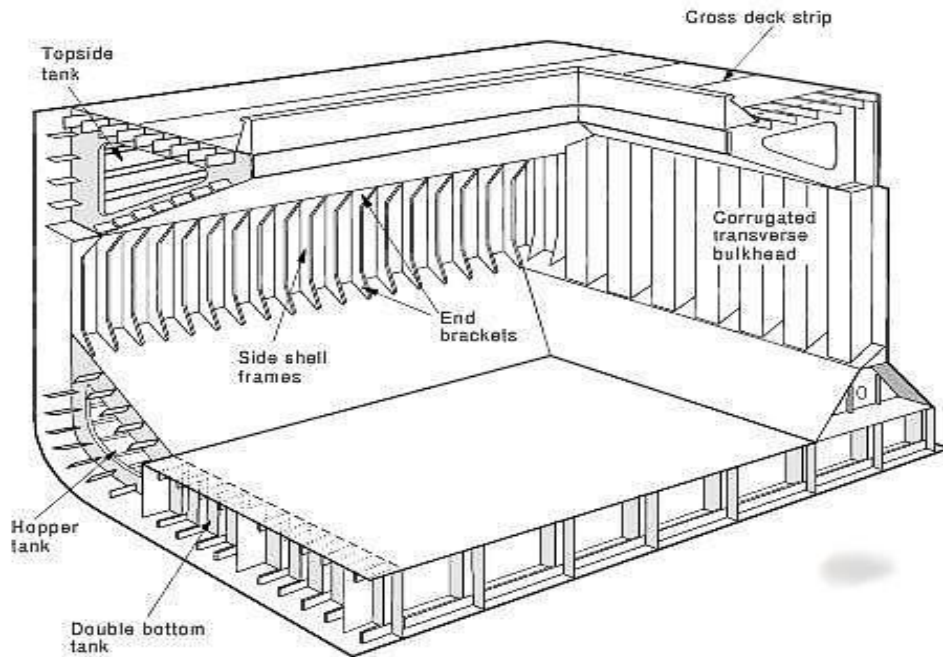
2.3.1 Gövde yapısı

Bir ambarın güverte altı yan tankları (top side tanks) ve dip üstü yan tankları (hopper tanks) gerektiğinde balast suyu alınarak, ağırlık merkezinin istenildiği gibi ayarlanmasına yardımcı olur. Bu sayede güvenli seyir gerçekleşir. Güverte altı yan tanklarının açısı, yükün kaymasını önlemek için, yük ambara yığıldığında aldığı koni şeklinin kenarlarla yaptığı açı olan şev açısından küçük olmalıdır (Şekil 2.6).

Çift dip yüksekliği, boru ve kablo geçişinin rahat sağlanacağı, inceleme ve bakım için insan geçişine olanak verecek şekilde olmalıdır.



Şekil 2.5 : Bir dökme yük gemisinin en kesidi.



Şekil 2.6 : Dökme yük gemisi ambar yapısı.

Tankerlerin çift cidarlı yapılma zorunluluğu bilinmektedir. Benzer şekilde dökme yük gemilerinde de çift cidar uygulaması vardır. Çift cidar sayesinde, geminin ana yapı elemanları ambar dışında kalmakta, böylece yüke bağlı korozyondan ve mekanik hasarlardan korunmaktadır. Ayrıca yükleme boşaltma operasyonlarında ve temizlikte, pürüzsüz ambar yüzeyi kolaylık sağlamaktadır. Çift cidarın diğer avantajları ise balast kapasitesini arttırması, draft ayarını kolaylaştırması ve dış kaplama saclarının hafif hasarı halinde, deniz suyunun ana bölmelere girişini önlemesidir [5].

2.3.2 Makine özellikleri

Dökme yük gemilerinde makine dairesi kıç tarafta, yaşam mahalinin altında ve takıt tanklarının üstünde yer alır. Büyük tonajlı dökme yük gemilerinde iki zamanlı dizel makineler kullanılmaktadır. Ana makine, tek pervaneye bağlanmakta ve pervane ile yardımcı jenaratör arasında bir alternatör bulunmaktadır.

Küçük tonajlı dökme yük gemilerinde ise, dört zamanlı dizel makine ve redüksiyon dişlisi vardır. Dökme yük gemilerinin ortalama dizayn hızı 13,5 ila 15 knot arasında değişmektedir. Pervane hızı ise yaklaşık olarak 90 dönüş / dakikadır [5].

2.3.3 Ambar ağızları ve kapakları

Etkin yükleme ve boşaltma operasyonları için, ambar ağızları büyük olmalıdır. Buna karşın, gövdedeki gerilmeler, ambar ağız kenarlarında yoğunlaşacağı için büyük ambar ağızları yapısal problemlere neden olur. Bu bölgelerde, stifnerlerle güçlendirme yapılır.

Ambar kapakları, hidrolik olarak açılıp kapanır. Farklı ambar kapağı tipleri vardır. Kapaklarda en önemli unsur, sızdırmazlığın tam olarak sağlanmasıdır [5].

2.4 Gemi İnşa Çeliğinin Mukavemeti

2.4.1 Gemi inşa çeliği

Çelik, demir ve karbondan oluşan bir alaşımdır. Karbonun dışında farklı oranlarda alaşım elementler de bulunur. Çelik demir cevherinden veya hurdadan geri dönüşüm ile olmak üzere iki şekilde üretilmektedir [6]. Sıvı çelik üretildikten sonra döküm ile ingot olarak veya sürekli döküm yöntemi ile kütük veya blum olarak şekillendirilir.

Çelik malzemenin teknik karakteristikleri kimyasal yapı değişikliği ile sağlanır. Değişik oranlarda alaşım elementleri katılması ya da ıslah ve normalizasyon gibi çeşitli işlemler uygulanarak, kullanım amacına göre değişik özelliklerde çelik elde edilir. Örneğin; çekme mukavemeti çelikteki karbon miktarını değiştirerek veya kimyasal yapıya krom, nikel, manganez gibi alaşım maddeleri katılarak değiştirilebilir. Genelde karbon miktarının artırılması çeliğin sertliğini artırır.

Gemi inşaatında kullanılan normal tekne inşa çeliği %0.15-0.23 karbon içeren yumuşak çeliktir. İyi bir tekne inşa çeliğinin uygun fiyat, kolay kaynak edilebilme ve şekil verilebilme özelliği, yüksek akma mukavemeti, korozyona dayanıklılık gibi unsurlara sahip olması beklenir. Soğuk ve sıcak şekil vermeye ve kaynağa uygun olan bu malzemenin, işleme sıcaklıklarında mekanik özelliklerinde önemli bir değişme gözlenmez. Ancak çok düşük sıcaklıklarda darbe sertliğini kaybeder, kırılganlık kazanır ve bünyede kırılganlık zafiyeti yaratabilir [6].

Bir çeliğin gemi inşaatında kullanılabilmesi için gemiyi belgeleyecek klas kurumunca denetlenmiş, test edilmiş ve damgalanmış olması gerekir.

Klas kurumları gemi inşaatında kullanılan çelikleri belirli bir gruptandırmaya tabi tutmuş ve bunlara çeşitli semboller vermiştir. Genelde A,B ve C yumuşak çelik; AH 32, AH36, EH 36 ise yüksek dayanımlı çelik türleridir. Klas kuruluşları hangi tip çeliğin hangi şartlar altında kullanılacağını ve mekanik özelliklerinin ne olması gerektiğini açık bir şekilde belirtir.

Gemi inşaatında genelde “yumuşak çelik” kullanılmaktadır. Gerilmelerin yüksek olduğu büyük tanker ve dökme yük gemileriyle ağırlığın önemli olduğu savaş gemileri, ro-ro feri ve yolcu gemileri gibi konstrüksiyonlarda yüksek gerilim çelikleri kullanılır. Benzer şekilde soğutulmuş sıvılaştırılmış LPG ve LNG taşıyan gemilerinin tanklarında soğuk ortamda kırılganlaşmayan ve tanklarında korozyon etkisi yüksek maddeler taşıyan tankerlerde ise korozyona mukavemetli çelik malzeme kullanılır [7].

2.4.1.1 Yüksek dayanımlı çelik

1980’lerden itibaren, dökme yük gemilerinde yüksek dayanımlı çelik kullanımı artış göstermiştir. Bu tip çeliğin temel özelliği, aynı mukavemete sahip yumuşak çeliğe göre daha ince olmasıdır. Örneğin 20 mm kalınlığındaki yüksek dayanımlı çeliğin

mukavemeti, 24-29 mm kalınlığındaki yumuşak çeliğin mukavemetine denktir. Çizelge 2.2’de yüksek gerilimli çeliğin özellikleri verilmiştir [6].

Çizelge 2.2 : Yüksek gerilimli çeliğin özellikleri.

Tip	Akma Sınırı	Toplam Gerilme	Uzama	Çentik
AH 32	315 N/mm ²	440 – 590	% 22	31 J 0 C
AH 36	355 N/mm ²	490 – 620	% 21	34 J 0 C
EH 36	355 N/mm ²	490 – 620	% 21	34 J 40 C

Böylece geminin lightship ağırlığı azalmakta ve kargo kapasitesi artmaktadır. Ayrıca yüksek dayanımlı çeliğin inşa maliyeti de daha azdır.

Tüm bunların yanı sıra, yüksek dayanımlı çeliğin bir takım olumsuz yönleri de vardır. Kalınlığının az olmasından dolayı, korozyonun kritik noktalara hızlı nüfuz etmesi, yüksek dayanımlı çeliğin dezavantajlarından biridir. Ayrıca bu tip çelik, yükün yapısal elemanlara aktarılmasına ve elemanların yüke verdiği tepki kuvvetine daha duyarlıdır.

IACS’a göre, yüksek dayanımlı çelik, posta halkalarının bordalardaki boyuna elemanlara bağlantı noktalarında zayıflık göstermektedir. Loyds’ Register’ın yaptığı bir araştırma ise, yüksek dayanımlı çelikten imal edilen gemilerin, esnek ve kısa dalgalarda titreşime eğilimli olmasından, springing hareketine daha duyarlı olduğunu ortaya koymuştur [4].

Yukarıda açıkça belirtildiği gibi, yüksek dayanımlı çelik kullanılarak üretilen gemiler, en az yumuşak çelikten üretilen gemiler kadar dikkate ve bakıma ihtiyaç duymaktadır.

2.4.1.2. Korozyon ve yorulma

Gemi gövdesi; operasyon, yük elleçlenmesi, hava ve deniz koşulları, deniz suyunun malzeme üzerindeki etkisi gibi nedenlerle sürekli olarak gerilmelere maruz kalır. Bu gerilmelerin etkilerini arttırarak olumsuz durumların gelişmesine neden olan unsurlar ise korozyon ve malzeme yorulmasıdır.

Korozyon, metal ve alaşımlarının sulu ve gaz ortamlar ile girdikleri elektrokimyasal ve kimyasal tepkimeler sonucu uğradıkları hasardır. Korozyon elemanların bozulmasına yol açtığından, metalden imal edilen her şey için ciddi bir problemdir ve bu durum gemiler için hayati önem taşımaktadır.

Gemi, devamlı su ile temas ettiğinden korozyona uğraması daha şiddetli ve hızlıdır. Her hangi özellikteki bir su metaller üzerinde olumsuz etkise sahipse de; deniz suyu içerdiği tuz nedeniyle tatlı suya göre daha zararlıdır.

Korozyon, özellikle dökme biçimde taşınan yükün etkilerinden dolayı ivme kazanabilir. Ambarların iç yüzeyi, yükte mevcut bulunan nem nedeniyle zarar görebilir.

Dökme yük gemileri, ağır deniz koşullarına direnç gösterecek şekilde dizayn edilmiştir. Fakat korozyon ve yorulma gibi faktörler gemi bünyesinde zafiyete yol açar bir takım olumsuz sonuçlar doğurabilir [7].

3. GEMİNİN BOYUNA MUKAVEMETİ

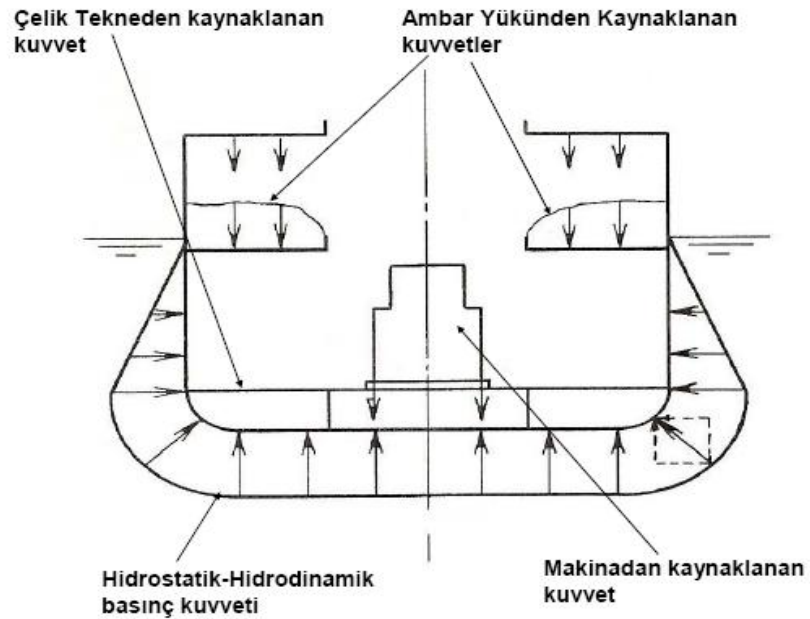
3.1 Gemiye Etkiyen Yükler

Gemi mukavemeti analiz edilirken, öncelikle gemiye etki eden yükleri sınıflandırmak gerekir. Sınıflandırma, yük kaynakları ve frekanslarına bağlı olarak iki koldan yapılır.

3.1.1 Etki eden yüklerin kaynakları

Gemi etki eden yüklerin iki kaynağı vardır. İlki geminin kendi bünyesinden doğan kütle kuvvetleridir. Diğerisi ise bu kuvvetlere tepki olarak doğan, gemi dış yüzeyine etki eden dış kuvvetlerdir.

Kütle kuvvetleri, geminin çelik teknenin, ana ve yardımcı makinelerin, ambardaki yüklerin, balast ve yakıt tanklarındaki yüklerin ağırlıklarıdır. Dış kuvvetler ise geminin dış yüzeyinden etkiyen denizden ve havadan gelen etkiler olmakla birlikte, havanın yoğunluğunun deniz suyu yoğunluğuna kıyasla çok küçük olduğu göz önüne alınarak ihmal edilmektedir. Bu yükler özet bir biçimde Şekil 3.1’de gösterilmektedir [8].



Şekil 3.1 : Gemiye etki eden kuvvetler.

3.1.2 Yüklerin frekansları

Yüklerin karakterleri, hareketin zaman içindeki değişimine göre farklı yapı kazanır. Hareketin çok yavaş değiştiği hallerde bu yükleri statik olarak kabul edilebilir. Öte yandan hareketlerin değişimi hızlandıkça ivmeler önem kazanır ve kütle yüklerinde ağırlıktan ziyade atalet kuvvetleri önem kazanmaya başlar. Statik ve yarı statik yükler, geminin bütününe zorlar ve çok büyük değerlerdedir. Bu zorlamalar, geminin kırılması gibi katastrofik sonuçlar doğurabileceğinden, geminin boyutlandırılmasında esas alınır. Yüksek frekanslı yükler ve darbe yükleri ise gerek yerel olması gerekse zorlamanın boyutlarının küçük olması açısından kırılma gibi ciddi sonuçlar doğurmazlar [8].

3.1.2.1 Statik yükler

Geminin ağırlığı ve sakin suda sephiye kuvveti bu tür kuvvetlere örnektir. Gemi seyir halinde iken yakıt ve tatlı su vs. gibi şeyleri tükettikçe ve limanlardaki yükleme boşaltma sonucu ağırlık değişir ama bu değişim süreci saatler hatta günler mertebesinde çok uzun sürede gerçekleşir. Ayrıca yüklemelerle ortaya çıkan ani değişimleri balastla dengelemek de olanaklı olduğu için bu tür yükler statik kabul edilebilir.

Periyodları çok büyük olan dalgalarda da dinamik yüklerin önem kazanmadığı ve dış yükleri hala hidrostatik kaldığı halleri de bu gruba katmak olanaklıdır. Bu durumda yüklere etki eden ivmeler ihmal edilebilecek kadar küçük varsayılmaktadır. Dış yükler hesap edilirken hız ve ivmeler sonucu ortaya çıkan atalet kuvvetleri ihmal edilerek hesap yapılır[8].

3.1.2.2 Yarı statik yükler

Düşük frekanslı yüklerdir. Dalgalı denizlerde gemiyi etkileyen yükler bu türdendir. Dalgalardan dolayı ortaya çıkan bu kuvvetler dalga basıncı, geminin hareketlerine karşı denizin tepkisinden (ek kütle ve sönüm) oluşur (Şekil 1.3b). Genellikle hareketlerin periyodu $1s < T < 10s$ olduğu için değişimin yavaş olduğunu kabul etmek ve hız ile ivmeye bağlı terimler ihmal edilerek hesap yapmak önemli hatalara neden olabilir. Ancak hareketleri ihmal etmeden hesap yapmak ve dinamik etkileri göz önüne almak doğru değerleri hesaplamak olanağını verir[8].

3.1.2.3 Yüksek frekanslı yükler

Bunlar gemideki makine ile ilişkili titreşimlerden kaynaklanan zorlamalardır. Bir kısmı makine titreşimlerinin ana yataklar aracılığı ile gemi ve üst yapıya aktarılmasından ortaya çıkar bir kısmı da pervane ile gemi arasındaki etkileşimden meydana gelir. Bunlar, $0.5s < T < 0.05s$ gibi daha yüksek frekanslarda olan yerel zorlamalardır[8].

3.1.2.4 Darbe yükleri

Gemilerin dalgalı denizlerde dövünmesi ve kırılan dalgaların yapıya çarpması ile ortaya çıkan zorlamalar bu tür zorlamalardır. Bu yüklerin tekrarlanma süreci $0.0005s < T < 0.005s$ gibi çok kısa olduğu için periyodik tabiatlı olmayıp oluştuğu yörede yapının doğal frekansında yerel kalan titreşimler yaratırlar[8].

3.2 Geminin Yüklere Karşı Tepkileri

Gemilerin gelen yüklere gösterdiği tepkileri genel olarak üç guruba ayırmak mümkündür. Sınıflandırılan bu tepkileri Şekil 3.2’de görmek mümkündür[8].

3.2.1 Birincil tepkiler

Gelen yükler karşısında geminin bir bütün olarak gösterdiği tepkilerdir. Bu tip tepkiler statik ve yarı statik yükler karşısında ortaya çıkarlar. Bunların incelenmesi için gemi bir bütün olarak ele alınır ve kesitlerinin ortaya çıkan kesme kuvveti ve eğilme momentine dayanıp dayanmayacağı araştırılır. İncelemeler sırasında iki yöntem kullanılır. Özellikle yapının ilk tasarımı aşamasında yapıyı bir kiriş olarak ele alıp hesap yapılır. Ancak kiriş yaklaşımının geçerli olabilmesi için yapının narin olması gerektiğini göz önünde bulundurmak gerekir. Tasarımın daha ileri safhalarında veya narin olmayan yapılarda bu tepkilerin hesaplanması için sonlu elemanlar yöntemine başvurmak daha uygun gerekir olacaktır [8].

3.2.2 İkincil tepkiler

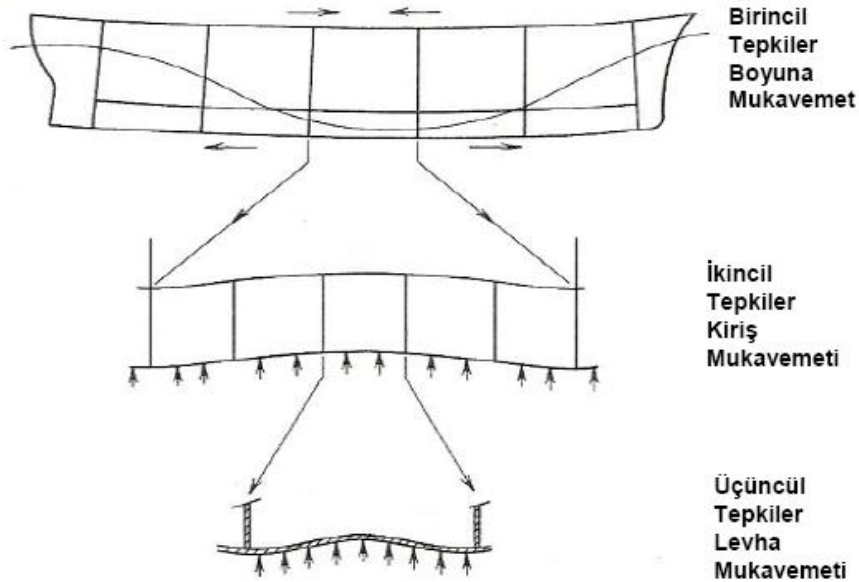
Gelen yükler karşısında geminin sadece bir bölgesinin, örneğin bir ambarının, veya bir dip yapısının tepki gösterdiği hallerdir. Bu tür tepkiler yüksek frekanslı yüklerden kaynaklanabileceği gibi yüklemenin yerel dağılımından da kaynaklanabilir. Ayrıca yapının yerel tasarımı için global yüklerin yerel etkilerini göz önüne almak gerekir.

Bu tür tepkilerin hesabı için bu bölgedeki yapıyı uygun bir şekilde izole edip yapıyı basitleştirerek kiriş mukavemeti hesabı yapılır.

Kiriş mukavemetini de iki yoldan ele almak olanağı vardır. Yine tasarımın ilk aşamalarında yapıyı sadece iki boyutlu çerçeveler olarak değerlendirebileceğimiz gibi daha ileri safhalarda incelenen bölgeyi izole ederek sonlu elemanlar yöntemiyle modellemek daha uygun ve gerekli olacaktır [8].

3.2.3 Üçüncül tepkiler

Yükler karşısında çok daha yerel olan ve tek bir elemanın tepkisi ile karakterize edilen tepkilerdir. En karakteristik örnek iki döşek arasındaki dış kaplama zorlanmaları yani levha mukavemetidir. Bu tür zorlamalar daha ziyade yapıların burkulması, yorulma ve mukavemet yitimi ile ilgilidir [8].



Şekil 3.2 : Geminin yüklere karşı verdiği tepkilerin sınıflandırılması.

3.3 Statik Yükleme Durumunda Boyuna Mukavemet Analizi

Statik yükleme durumunda boyuna mukavemet problemi, gemiyi bir kiriş gibi kabul ederek yapıya etki eden statik yüklerin söz konusu yapı boyunca yarattığı kesit tesirlerinin hesaplanması, bu kesit tesirlerine dayanabilecek kesitin belirlenmesi ve belirlenen kesitler kullanıldığında yapı boyunca ortaya çıkacak deformasyonların saptanması olarak tanımlanabilir[9].

Gemilerin deniz ortamında maruz kaldığı yükler nadiren statik olurlar. Ancak sakin suda veya çok uzun periyotlu dalgalarda yapının hareketleri çok yavaş olup da ortaya

ıkan dinamik yükler ihmal edilebilecek düzeyde kaldığından yüklemeler statik varsayılabilirler. Bu nedenle gemilerin boyuna mukavemetini ele alırken yüklerin sadece statik olduğu halleri de göz önüne almakta yarar vardır. Gemiye etki eden temel statik yükler bileşenleri, geminin kendi ağırlığı ve sephiyedir. Öncelikle bu kuvvetleri gemi boyunca dağılımını analiz edilmelidir [8].

3.3.1 Ağırlık dağılımı

Ağırlık dağılımı hesabı yaparken ağırlıkları dört grupta ele almakta yarar vardır. Bunlar; elik konstrüksiyon ağırlığı, makine ve teçhizat ağırlığı, taşınan yük ve balast ağırlıklarıdır.

elik konstrüksiyon ağırlığı sürekli bir dağılım değildir. Örneğin gemide sızdırmazlığı sağlayan perdeler, derin kemere, derin posta gibi çok daha kısa mesafelere isabet eden ana taşıyıcı elemanlar vardır. Bu tip elemanların tek bir eleman için ağırlıkları oldukça büyüktür ve gemi boyu göz önüne alındığında noktasal yklermiş gibi düşünülebilir. Ancak bu yükler toplam yükle kıyaslandığında çok küçük olduklarından ortaya çıkacak süreksizlik çok önemsiz olacaktır. Bu durumda gemi konstrüksiyonu ve yükleme koşulları belli olduğu taktirde, boyu doğrultusunda oluka sık aralıklara bölünür. Her aralıktaki elik konstrüksiyon elemanlarının toplam ağırlığı hesaplanarak o aralığa düzgün olarak yayılır. Böylece bütün aralıklarda elik ağırlığı dağılımı hesaplandığında yapının elik ağırlığı dağılımını belirlenmiş olur.

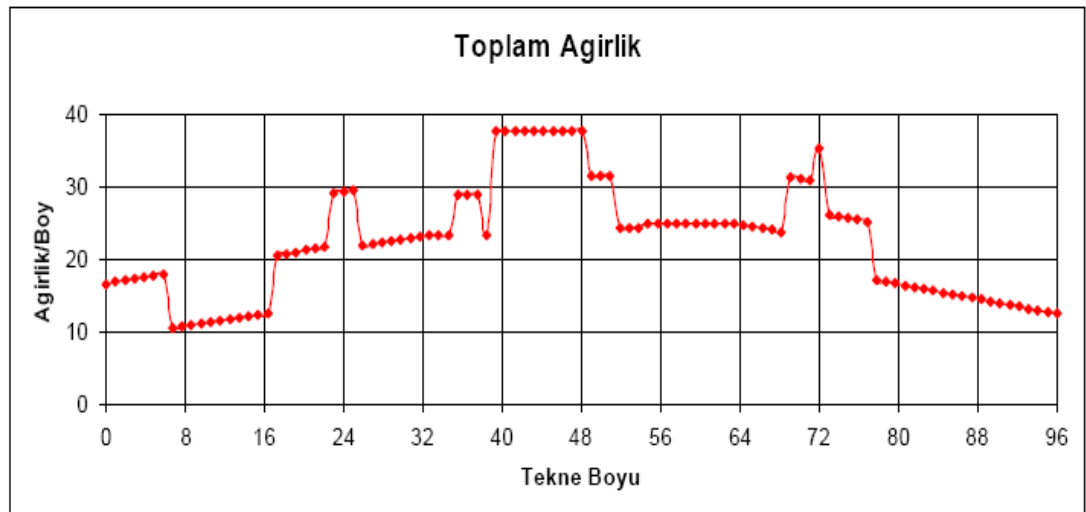
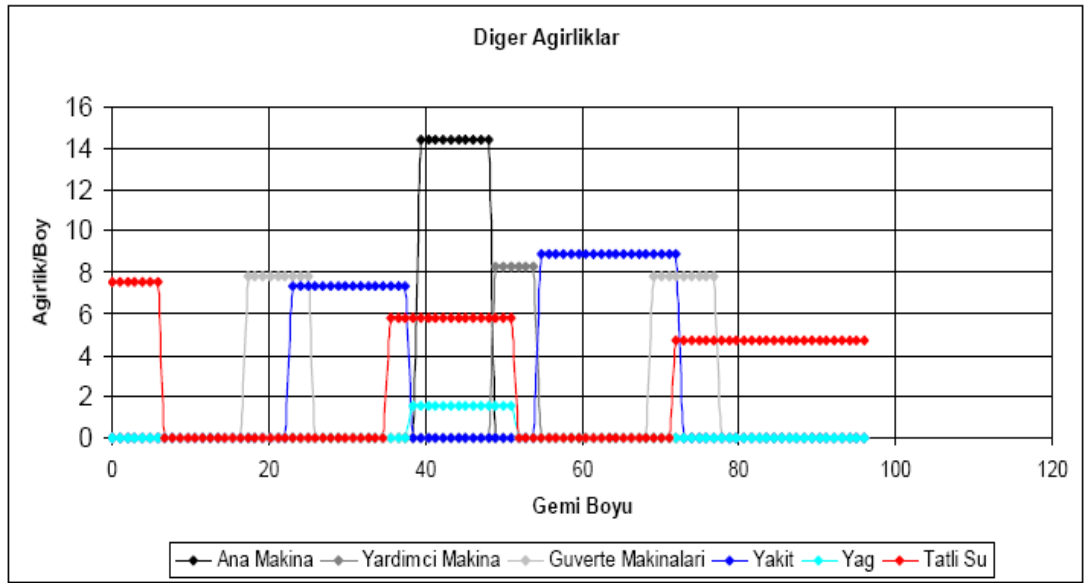
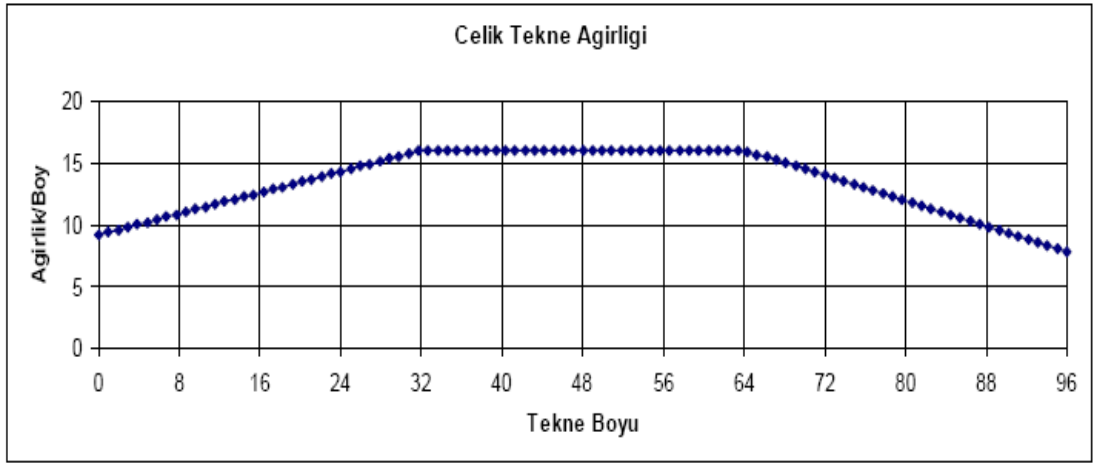
Makine ve teçhizat ağırlığı dağılımı yapılırken, makine ağırlıkları da makinelerin yerleştiriildiği bölgede yükler gibi düzgün yayılı yük olarak göz önüne alınır.

Yoğunlukları belli olan ve tamamen konuldukları ambarın şeklini aldıkları bilinen sıvı veya dökme yükler ambar kesit alanının yapının boyunca değişimine ve yükün yoğunluğuna bağlı olarak dağıtılır.

Balast yükü yoğunluğu belli olan sıvı yük olduğu için balast yükleri aynen sıvı ve dökme yüklerde olduğu gibi göz önüne alınır. Çizelge 3.1’de özellikleri verilen, 96 m boyundaki bir geminin boyuna ağırlık dağılımı ve grafikleri Şekil 3.3’te görülmektedir [8].

Çizelge 3.1 : Bir gemiye ait ağırlıklar ve konumları.

Ağırlık tipi	Ağırlık (ton)	Konumu (m)
Çelik tekne ağırlığı	1300	0 – 96
Ana makine ağırlığı	130	39 - 48
Yardımcı makinelerin ağırlığı	50	48 - 54
Yakıt ağırlığı	160	54 -72
	110	23 -38
Yağlama yağı ağırlığı	20	38 -51
Tatlı su ağırlığı	113	72 – 96
	92	35 – 51
	45	0 – 6
Güverte makineleri ağırlığı	63	17 – 25
	63	69 - 77

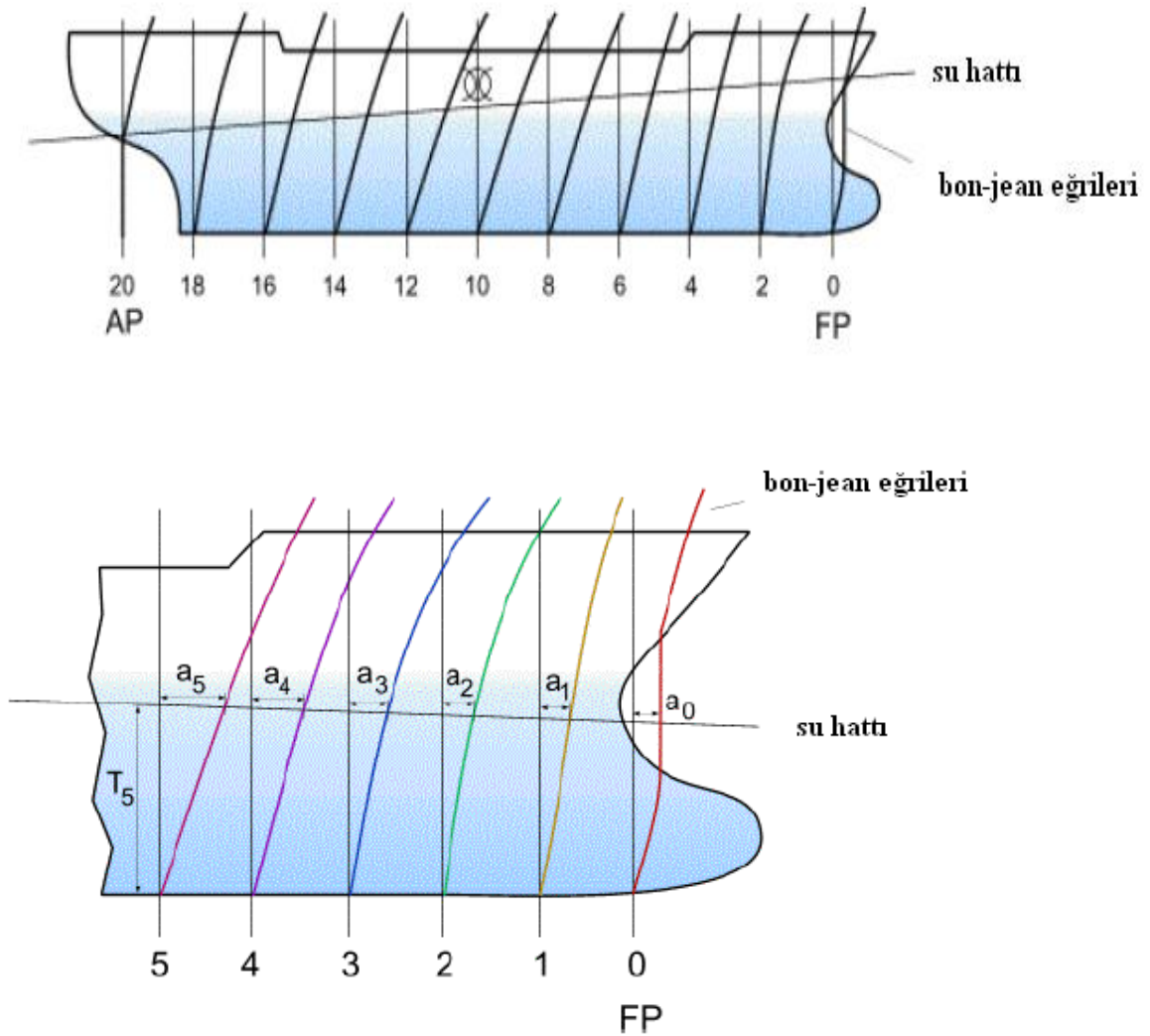


Şekil 3.3 : Ağırlık dağılımı grafikleri.

3.3.2 Sephiye dağılımı

Gemi sephiyesinin hesabı geminin deniz yüzeyi altında kalan hacminin hesabıdır. Dolayısıyla bu hesabı yapabilmek için iki temel bilgi gerekmektedir. Bunlardan ilki yapı boyunca kesit alanlarının değişimi, diğeri de deniz yüzeyinin tanımıdır.

Sephiye, geminin kesitlerine ait Bon-Jean (Şekil 3.4) alan eğrileri ve geminin yüzeyi tanımlandığında, her kesitte deniz yüzeyinin altında kalan alanın değerinden elde edilebilir. Bu değerleri bütün kesitler için tekrarlayarak yapının verilmiş deniz yüzeyinin altında kalan hacminin yapı boyunca değişimini gösteren sephiye değişimini elde edilir[9].



Şekil 3.4 : Bon – Jean eğrileri.

Buradan integrasyon ile seçilen dalga altında kalan sephiye ve sephiye merkezi aşağıdaki formüllerle elde edilir:

$$\begin{aligned}\Delta_0 &= \int_0^L (b(x)dx \\ x_B &= \frac{1}{\Delta_0} \int_0^L xb(x)dx\end{aligned}\tag{3.1}$$

3.3.3 Ağırlık ve sephiyenin analizi

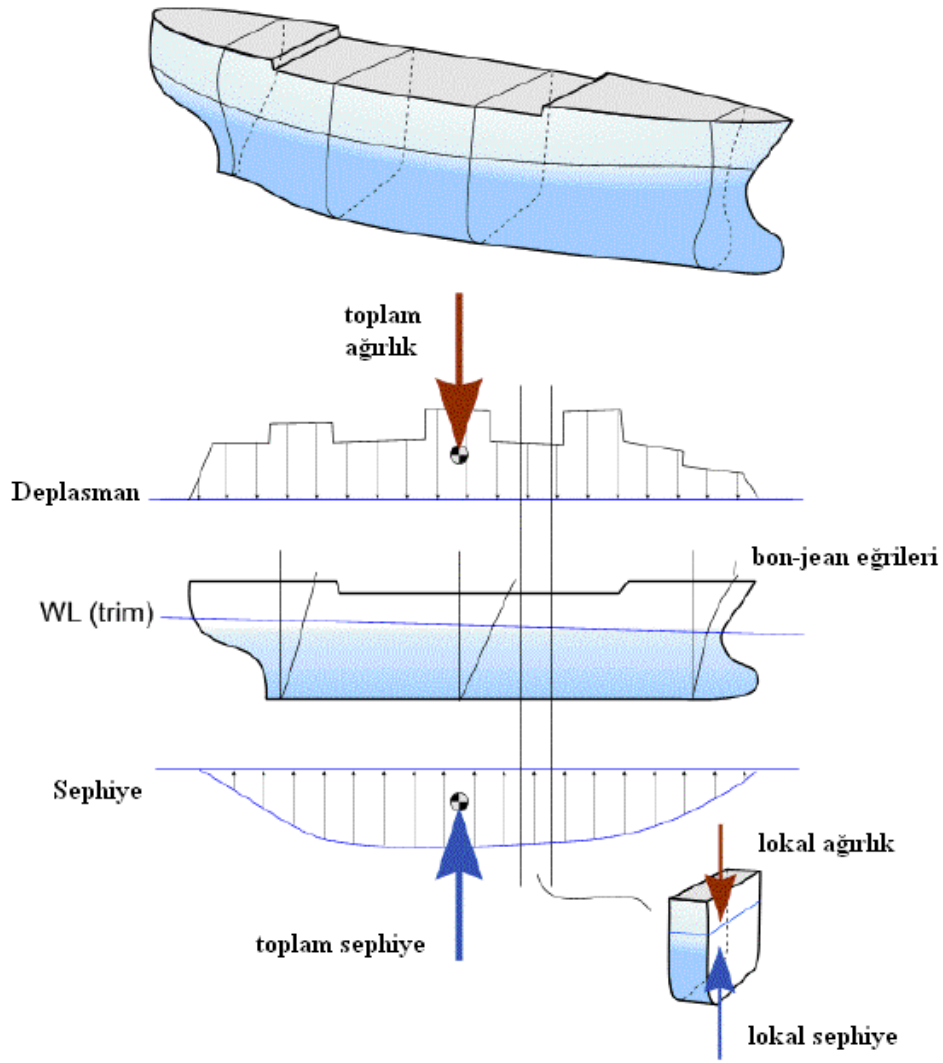
Yapının denge halinde olabilmesi için ağırlık ve sephiye ile bunların belirli sabit bir noktaya göre momentleri birbirlerine eşit olmalıdır:

$$\begin{aligned}\int_0^L w(x)dx &= \int_0^L b(x)dx \\ \int_0^L (x - x_0)w(x)dx &= \int_0^L (x - x_0)b(x)dx\end{aligned}\tag{3.2}$$

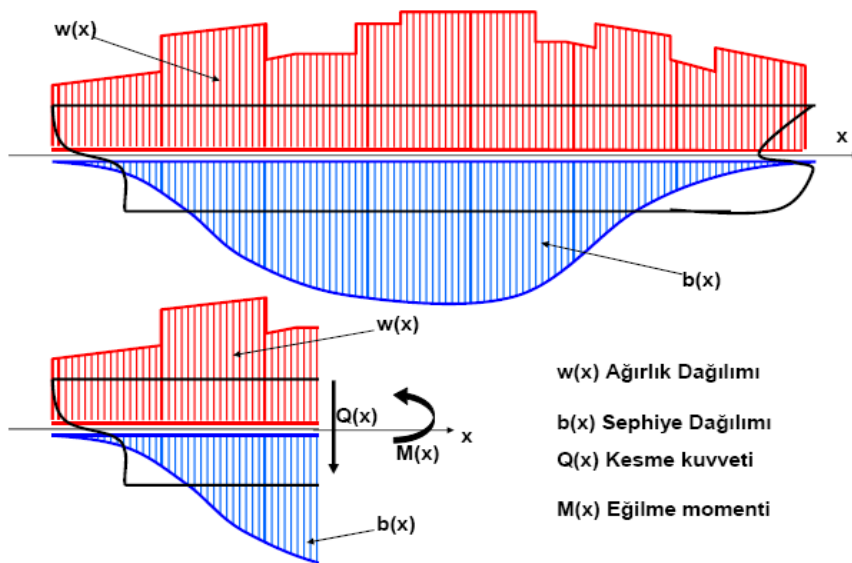
Birinci denklem ağırlığın sephiyeye, ikinci denklem ise ağırlık ile sephiyenin bir x_0 noktasına göre alınmış momentlerinin birbirine eşit olduğunu gösterir. Eğer bu koşullar sağlanmıyorsa yapı dengede değildir ve dengeye gelene kadar draft ve trimi değişir. Burada verilen $w(x)$ ağırlık ve $b(x)$ sephiye dağılımlarının yukarıdaki koşulları sağladığı ve yapının denizde denge halinde olduğunu varsayılır. Ancak bu koşullar ağırlık ve sephiye dağılımları arasında yerel olarak eşitliği garanti etmezler (Şekil 3.5). Bu durumda da gemi boyunca dengelenmemiş bir yük dağılımı ortaya çıkar ve yapıda kesme kuvvetleri ve eğilme momentleri yaratırlar Ortaya çıkan durumu mukavemet açısından incelemek için göz önüne alınan yapı idealleştirilip sephiye ile ağırlık etkisindeki bir kiriş olarak modellenir. Problemin ilk aşaması gemi boyunca dengelenmemiş kuvvet $q(x)$ dağılımını hesaplamaktır. Dengelenmemiş kuvvet geminin $w(x)$ ağırlığı ile $b(x)$ sephiyesi arasındaki farklılıktır ve aşağıdaki gibi hesaplanır [9]:

$$q(x) = b(x) - w(x)\tag{3.3}$$

Gemi boyunca dengelenmemiş kuvvet $q(x)$ in yapının herhangi bir kesitinde yaratacağı $Q(x)$ kesme kuvvetini ve $M(x)$ eğilme momentini kesitteki bu tepkiler ile kesite kadar olan yüklerin dengede olması koşulundan tayin edilir (Şekil 3.6) [8].



Şekil 3.5 : Ağırlık ve sephiye grafikleri.



Şekil 3.6 : Kesme kuvveti ve eğilme moment.

Düşey doğrultuda kuvvetlerin dengede olması gerektiği göz önüne alınırsa;

$$Q(x) = \int_0^x [b(\xi) - w(\xi)] d\xi = \int_0^x q(\xi) d\xi \quad (3.4)$$

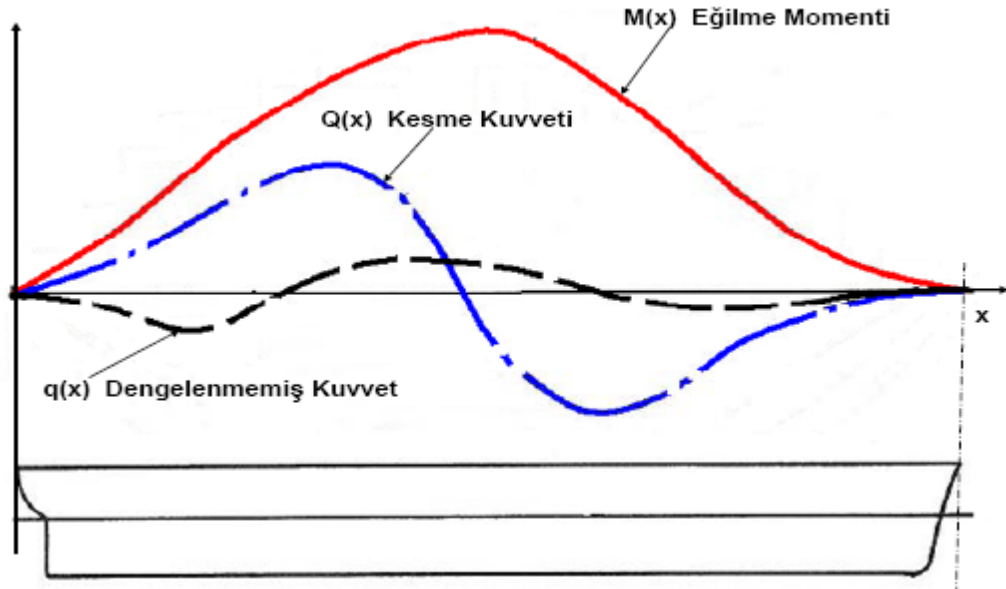
eşitliği elde edilir. Bu, yapının herhangi bir kesitindeki kesme kuvvetinin yapıya etki eden dengelenmemiş kuvvetlerin yapı boyunca söz konusu kesite kadar integrasyonuna eşit olacağını göstermektedir. İkinci olarak yapıya etki eden kuvvetlerin sabit bir noktaya göre momentlerinin de dengede olması gerekeceğinden;

$$M(x) = xQ(x) - \int_0^x \xi [b(\xi) - w(\xi)] d\xi = xQ(x) - \int_0^x \xi q(\xi) d\xi \quad (3.5)$$

eşitliği elde edilir. Yukarıdaki denklemde integrali kısmi integrasyonla integre edip (3.5)'den yararlanılarak kesitteki eğilme momenti;

$$M(x) = \int_0^x Q(\xi) d\xi \quad (3.6)$$

olarak elde edilir Bu denklemden de herhangi bir kesitteki eğilme momentinin yapıya etki etmekte olan kesme kuvvetinin söz konusu kesite kadar integrasyonuna eşit olacağı görülmektedir. Ağırlık dağılımı ve formu, dolayısı ile sephiye dağılımı, belirli olan herhangi kesit tesirleri (3.4) ve (3.5) integrasyonlarından elde edilir ve gemi boyunca çizilir (Şekil 3.7) [8].



Şekil 3.7 : Kesme kuvveti ve eğilme momenti diyagramları.

Geminin denge halinde yüzüyor olabilmesi için Δ_0 sephiyesi W_0 ağırlığına ve x_B sephiye merkezinin boyuna konumu da x_G ağırlık merkezinin boyuna konumuna eşit olması gerekir. Oysa genellikle bu koşullar sağlanmaz ve sephiye ile ağırlık arasında bir farklılık olur. Bu sonuçlar başlangıç değerleri olarak alınıp aradaki farklılık sıfıra inene dek ortalama draftta ve trimde değişiklik yapılır. İlk düzeltme için δ paralel batması ve δ' trimi;

$$\delta = \frac{W_0 - \Delta_0}{\rho g A_{WL}} \quad \delta' = \frac{x_G W_0 - x_B \Delta_0}{M_{t^{1m}}} \quad (3.7)$$

denklemlerinden hesaplanabilir. Burada $M_{T^{1m}}$ 1m trim yapma momenti olup

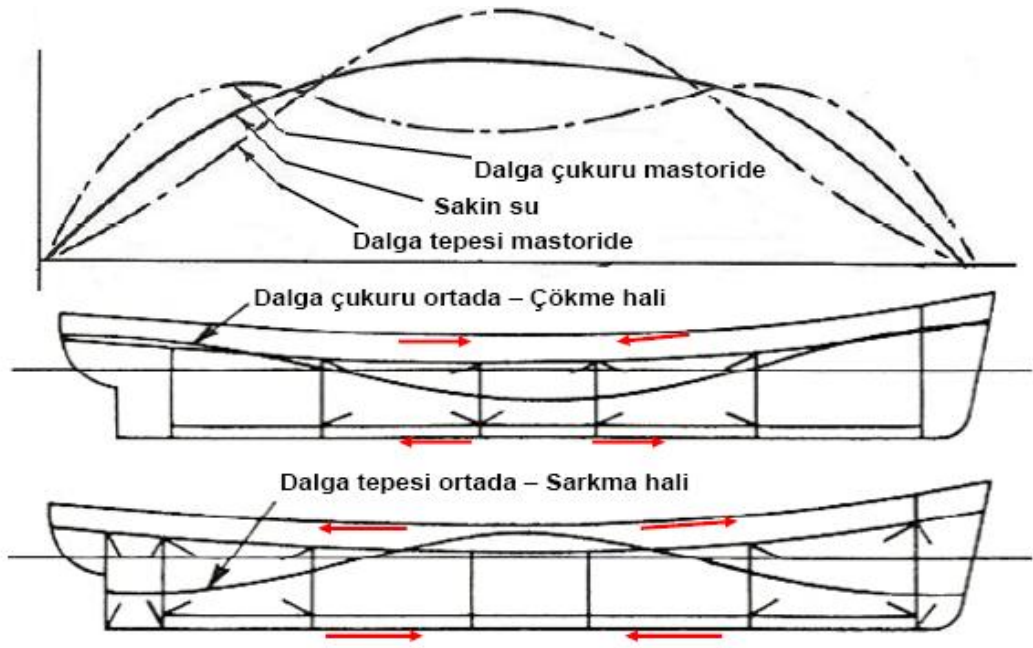
$$M_{t^{1m}} = \frac{\Delta_0 G M_L}{L} \cong \frac{\Delta_0 B M_L}{L} \quad (3.8)$$

şeklinde hesaplanacağı hatırlanmalıdır. Burada $G M_L$ ile $B M_L$ arasındaki farkın küçük olduğunu ve trim değişiminin yaklaşık olarak hesabının yeterli olacağını göz önünde tutuyoruz. Ortalama su hattında bu düzeltmeler yapıldıktan sonra sephiye hesapları tekrarlanır ve ağırlık ile sephiye arasındaki farklılık seçilen hata mertebesinin altına indikten sonra sephiye dağılımı belli olmuş olur [10].

3.3.3 Dalga tepesi ve dalga çukuru durumu

Sonuçlar genel olarak yapının sakin suda dalga tepesinde veya dalga çukurunda olmasına bağlı olarak belirli karakteristikler gösterir. Kesit tesirleri belli olduktan sonra geminin kesitlerinin yeterli mukavemete sahip olup olmadığı belirlenebilir. etki etmekte olan kesme kuvvetinin söz konusu kesite kadar integrasyonuna eşit olacağı gözükmemektedir.

Sephiyenin belirlenebilmesi için öncelikle deniz yüzeyinin belirlenmesi gerekir. Deniz yüzeyinin belirlenebilmesi için iki çevre koşulu göz önüne almak gerekir. Birinci hal olarak sakin suda seyir hali ikinci hal ise dalgalı denizde seyir haline karşı gelir. Ayrıca yapının dalgalı denizde karşılaşabileceği iki ekstrem hal vardır. Bunlardan birincisi dalga tepesinin geminin ortasına geldiği ve gemideki deformasyonların sarkma şekline ortaya çıktığı haldir. İkinci halde ise dalga çukuru geminin yapısının ortasına gelir ve yapısında deformasyon çökme şeklinde olur [8] (Şekil 3.8).



Şekil 3.8 : Dalga tepesi ve dalga çukuru.

Gemi inşaatında genellikle iki türlü dalgadan söz etmek mümkündür. En yaygın olarak kullanılan dalga türü sinusoidal dalga türüdür ve H dalga yüksekliği ve λ dalga boyuna bağlı olarak;

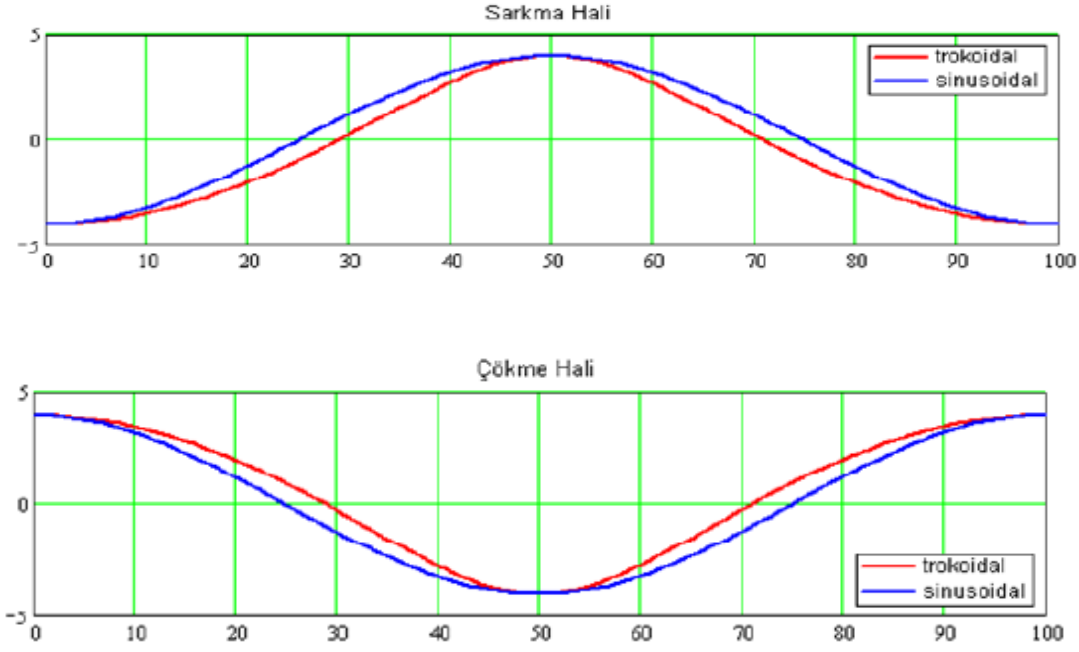
$$y = \frac{H}{2} \cos\left(\frac{2\pi}{\lambda}x + \phi\right) \quad 0 \leq x \leq L \quad (3.9)$$

şeklinde verilir. Burada ϕ faz farkı olup $\phi = \pi$ için dalga tepesi açıkdeniz yapısının ortasında $\phi = 0$ için de dalga çukuru açıkdeniz yapısının ortasında olur.

İkinci tür dalga ise trokoid dalga olup θ parametresi cinsinden dalga yüksekliğine ve boyuna bağlı olarak şöyle verilir.

$$x = \frac{\lambda}{2\pi} \theta + \frac{H}{2} \sin \theta \quad y = -\frac{H}{2} \cos(\theta + \phi) \quad (3.10)$$

Burada da ϕ faz farkı olup $\phi = \pi$ için dalga tepesi açıkdeniz yapısının ortasında $\phi = 0$ için de dalga çukuru açıkdeniz yapısının ortasında olur. Trokoidal şekil itibari ile gerçek dalgalara daha yakın olmakla birlikte denklemleri sağlamazlar. Oysa sinusoidal dalgalar teorik denklemleri sağlarlar ve daha yüksek merteye çözümleri kullanıldıkça şekil itibari ile de gerçek dalgalara yaklaşırlar. Trokoid dalgalar ile sinusoidal dalgalar arasındaki farklılık Şekil 3.9’de gösterilmiştir.



Şekil 3.9 : Sarkma ve çökme hallerine karşı gelen trokoidal ve sinüsoidal dalgalarının kıyaslanması.

Hesaplar sırasında dalga boyu gemi boyuna eşit almak uygun görülmektedir. Gerçekten de eğer dalga boyu gemi boyuna nazaran çok uzun olursa gemi boyunca değişim o kadar az olur ki bu sakin su halinden pek farklı olmaz. Öte yandan dalga boyu gemi boyuna nazaran çok küçük olursa bu kez dalga gemi çok fazla tekrarlandığı için sephiye dağılımı yine sakin su dağılımına doğru yaklaşır. Burada dalga yüksekliklerinin dalga boylarına göre çok daha küçük olduklarından dalga boyunun küçülmesi halinde dalga yükseklikleri iyice küçük hale geleceklerini unutmamak gerekir. Her ne kadar en kritik dalga boyunun gemi boyu ile aynı olması gerekmediği deneyimlerle sabit olsa dahi boyları gemi boyuna eşit dalgalar kritik bölgeye yeteri kadar yakın olur.

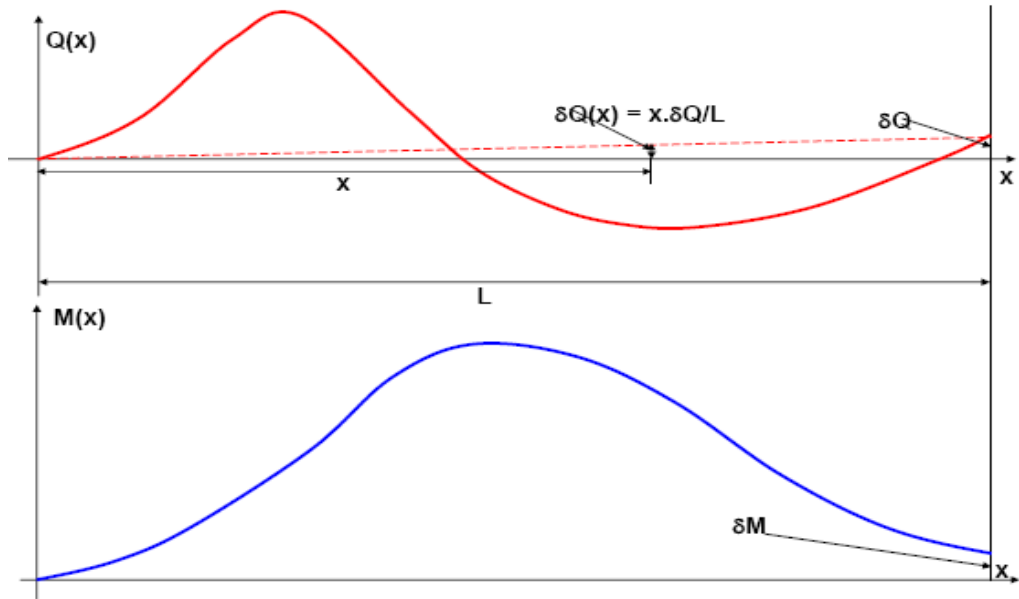
Dalga yüksekliği için ise henüz tam olarak hangi değerin seçilmesi gerektiği tam olarak belli değildir. Herşeyden önce H/λ değerinin derin su kırılma limiti olan $1/14$ değerinden küçük olması gerekir. Bir süre bu değer $H/\lambda = 0.05$ olarak kullanılmıştır. Daha sonraları dalga boylarının artması ile dalgaların dikliklerinde bir azalma olduğu gözlenmiş ve Lloyd Register tarafından dalga diklikleri için önceleri $H/\lambda = 1.1/\lambda^{0.5}$ şeklinde daha sonra da $H/\lambda = 1.1/\lambda^{0.7}$ şeklinde amprik formüller önermişlerdir. Dalga yüksekliklerinde henüz evrensel bir değer üzerinde uzlaşamamıştır ve değişik klas kuruluşları farklı dalga yüksekliği tanımları önermektedir.

3.3.4 Kesme kuvveti ve eğilme momentinde yaklaşık düzeltme

Gemi denizde serbestçe yüzdüğü için boyuna mukavemeti açısından uç noktalarında herhangi bir iç zorlama taşımaz. Yani uç noktalarında gerek kesme kuvveti gerekse eğilme momenti sıfır olmak zorundadır. Her iki kesit tesiri de integrasyon ile hesaplandığı için başlangıç noktasında hem kesme kuvvetini hem de eğilme momentini keyfi olarak sıfır alabileceğimiz için bu noktada gerekli koşulu doğrudan sağlamış oluruz. Ancak integrasyonun üst limiti olan diğer uç noktasında kesme kuvveti de eğilme momenti de integrasyon sonucu olarak elde edilir. Daha evvelce sephiye ve ağırlığı dengelerken yapılan yaklaşık hesaplar sonucu kesme kuvveti ile eğilme momentinde bazı hatalar kaçınılmaz olur. Bu hataların yanısıra sayısal integrasyon sırasında da hatalar yapılacağından geminin uç noktalarında sıfırdan farklı kesme kuvvetleri ve eğilme momentleri ortaya çıkar. Bu hataların mertebesi belirli bir değerin altında kalıyorsa bunları yaklaşık yöntemlerle düzeltme olanağı vardır [8].

3.3.4.1 Kesme kuvvetinde yaklaşık düzeltme

Dengelenmemiş kuvvetin integrasyonu sonucu elde edilen $Q(x)$ kesme kuvveti alt limitte sıfır olarak başlamakla birlikte üst limitte sıfırdan farklı küçük bir δQ değerine ulaşıyor olsun (Şekil 3.10). Eğer hata miktarı δQ maksimum kesme kuvvetine oranla %3'ün altında kalıyorsa bu hatayı yapı boyunca lineer olarak dağıtmak olanaklıdır.



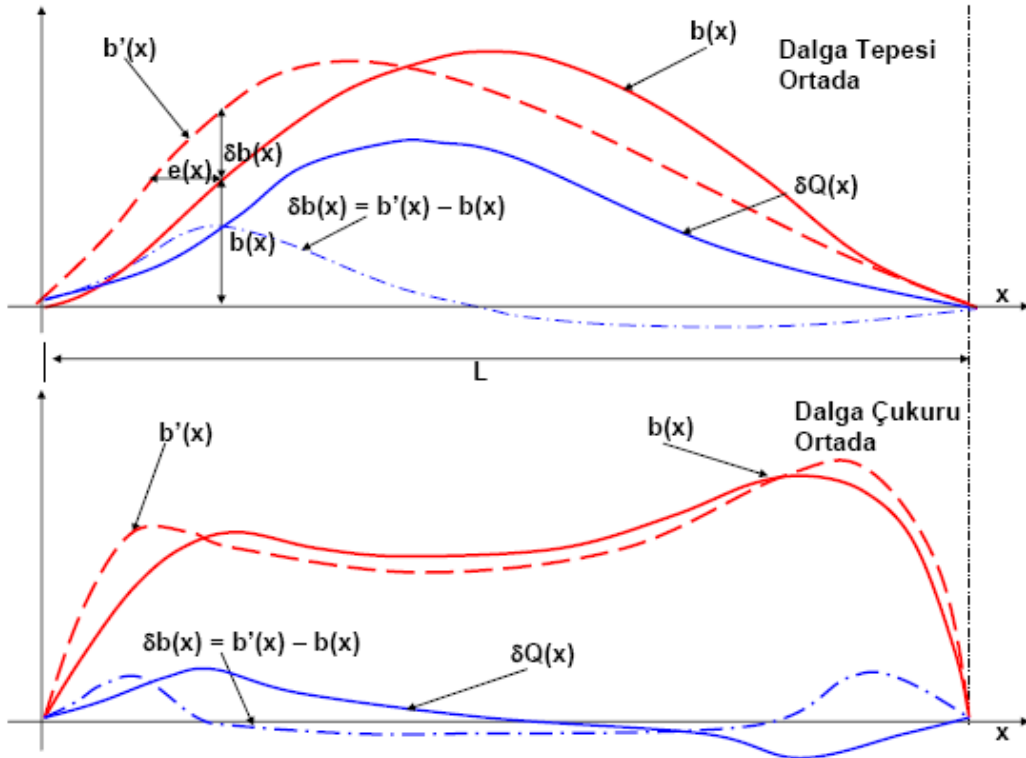
Şekil 3.10 : Kesme kuvvetindeki hata ve hatanın yapı boyunca dağılımı.

$$\delta Q(x) = \frac{x}{L} \delta Q \quad \delta Q \leq 0.03 Q_{\max} \quad (3.11)$$

iken bu ağırlık ile sephiye arasındaki dengeyi sağlarken yapılan hatanın kabul edilemeyecek kadar büyük olduğunu gösterir ve tekrar (3.6)'ya dönerek dengelemeyi daha hassas yapmak gerekecektir.

3.3.4.2 Eğilme momentinde yaklaşık düzeltme

Kesme kuvvetinin hesabında ortaya çıkan hataya benzer bir hata eğilme momentinde de ortaya çıkar. İntegrasyon aralığının alt limitinde eğilme momenti sıfır seçilmesine rağmen üst limitte sıfırdan farklı bir δM moment değeri elde edilir. Eğer bu üst limit değeri δM hesaplanan maksimum moment değeri $M_{\max}$ 'ın %6'sından küçük değer alıyorsa sonuçlara kesme kuvvetine uygulanana benzer yaklaşık bir düzeltme uygulanabilir. Ancak bu düzeltme doğrudan lineer bir düzeltme olmayıp sephiyeyi uygun şekilde değiştirerek uygularız. Sephiye eğrisi daha evvelce de gördüğümüz gibi dalga çukuru için diğer iki halden farklı olduğu için bu halde sephiye kaydırmasını uygularken daha farklı bir yol izlenir (Şekil 3.11).



Şekil 3.11 : Dalga çukurunun veya dalga tepesinin ortada olması halinde sephiye kaydırması.

Öncelikle dalga tepesinde veya sakin suda yüzmekte olan bir gemiyi veya açıkdeniz yapısını göz önüne alınmalıdır. Hesaplanmış olan sephiye dağılımına uygun bir düzeltme verecek $e(x)$ kaydırmasını uyguladığımızı düşünelim. Burada $e(x)$ herhangi bir x noktasındaki kayma miktarı e de sephiye merkezinin kayma miktarı olsun. Bu sephiye kaydırılması sonucunda ortaya çıkacak $\delta b(x)$ sephiye değişiminin birinci ve ikinci integralleri $\delta Q'(x)$ ve $\delta M'(x)$ ek kesme kuvveti ve eğilme momenti oluşacaktır. Yapılan sephiye kaydırmasının hataları ortadan kaldırabilmesi için bunların değerlerinin üst limitde kesme kuvveti ve eğilme momenti hatalarına eşit ve ters işaretli olmaları gerekir.

$$\delta Q'(x) = \int_0^x \delta b(\xi) d\xi \quad \delta M'(x) = \int_0^x \delta Q'(\xi) d\xi \quad (3.12)$$

Bu denklemlerin yanısıra $e \ll L$ (örneğin $e = L/30$) ise şu yaklaşımlar yapılabilir:

$$\frac{\delta b(x)}{e(x)} \approx \frac{\delta b(x)}{e} \approx \frac{\delta b(x)}{dx} \rightarrow \delta b(x) \approx e \frac{db(x)}{dx} \quad (3.13)$$

Bu yaklaşımları yukarıdaki denklemlerde yerine koyarsak aşağıdaki sonuçları elde edilir:

$$e = -\frac{\delta M}{\Delta_0} \quad \delta Q'(x) = eb(x) \quad \delta M'(x) = e \int_0^x b(\xi) d\xi \quad (3.14)$$

Buradan açıkça görülmektedirki momentte düzeltme yapmak için sephiyeyi kaydırmaya gerek kalmamıştır ve düzeltme doğrudan uygulanabilir. Buradaki kesme kuvveti düzeltmesinin ilk düzeltmeye ilave olduğunu ve bu düzeltmenin sephiye kaydırmanın sonucu olduğunu belirtmek gerekir. Yukarıda anlatılan uygulamayı dalga çukuruna uyarlamak olanaklı değildir zira dalga çukuru halinde sephiye eğrisinde orta civarında bir çökme vardır ve bu nedenle $\delta Q'(x)$ değişimi işaret değiştirir. Bu durumda $dQ'(x)$ değişimi için;

$$\delta Q'(x) = q \left(1 - \cos \frac{2\pi x}{L} \right) \quad (3.15)$$

q sonradan belirlenmek üzere şeklinde yazabiliriz. Eğilme momentinin kesme kuvvetinin integrali olduğu göz önüne alınırsa şu ifadeler bulunur.

$$q = -\frac{\delta M}{L}$$

$$\delta Q'(x) = -\frac{\delta M}{L} \left(1 - \cos \frac{2\pi x}{L} \right) \quad \delta M'(x) = -\frac{\delta M}{L} \int_0^x \left(1 - \cos \frac{2\pi \xi}{L} \right) d\xi \quad (3.16)$$

Burada da sephiye eğrisi üzerinde herhangi bir düzeltmeye gerek kalmaksızın kesme kuvveti ve eğilme momenti düzeltmeleri uygulanabilir.

3.4 Yükleme ve Boşaltma Esnasında Oluşan Kesme Kuvveti ve Eğilme Momenti

Tüm gemiler, operasyon ömürleri boyunca, yapısal bütünlüğünü koruyacak limitler ölçüsünde dizayn edilirler. Bu limitlerin aşılması, büyük gerilmelere, buna bağlı olarak da büyük yapısal hasarlara yol açar.

Gemi gövdesi; gemi ağırlığı ve suyun kaldırma kuvvetini içeren statik yükler ile dalga ve gemi hareketlerinden kaynaklanan dinamik yüklere dayanabilecek şekilde dizayn edilmiştir. Her hangi bir ambarın limitleri dışında fazla yüklenmesi, gövdedeki statik gerilmeyi arttıracak ve geminin denizde karşılaşacağı dinamik yüklere karşı dayanımını azaltacaktır.

Klas kuruluşuna bağlı tüm dökme yük gemileri için izin verilen iki tip kesme kuvveti ve eğilme momenti vardır. Bunlar:

- Seyir halindeki SF ve BM
- Limandaki SWSF ve SWBM

Limanda gemi, korunaklı bir alanda kabul edilir ve burada daha az dinamik kuvvete maruz kalır. Gemi kirişi statik yükler tarafından oluşturulan daha büyük gerilmeleri taşıyabilir. Bun nedenle liman sınır değerleri daha büyüktür. Liman sınır değerleri, liman operasyonları boyunca aşılmamalıdır.

3.4.1 Kesme kuvveti ve eğilme momentinin oluşumu

Gemi sakin suda yüzerken, toplam ağırlığı ve suyun kaldırma kuvvetinden oluşan statik yüklerin etkisindedir. Gemi boyunca, ağırlık ve kaldırma kuvveti dengesinde farklılıklar oluşabilir. Bu dengelenmemiş net dik kuvvetler gemi kirişinde global kayma gerilmeleri ve eğilme momentlerine yol açar. Ayrıca seyir halinde sürekli değişen dalga kuvvetleri de bu mukavemet durumlarına etki yapar. Dış yüzeydeki hidrostatik kuvvetler ve içerideki tank basınçlarının dengelenemediği durumlarda ise yerel kayma kuvvetleri ve eğilme momentleri görülür [13].

3.4.2 İzin verilen kesme kuvveti ve eğilme momenti değerleri

İzin verilen sınır değerler IACS'ın 14 Aralık 2005' te kabul edip, 1 Aralık 2006'da yürürlüğe koyduğu "Common Structural Rules for Bulk Carriers" (CSR)' a göre hesaplanır. CSR, tek ve çift cidarlı, boyu 90 m ve üzeri olan, hooper ve topside tanklara sahip ya da hibrid dökme yük gemilerini kapsar. Gemilerin ekonomik ömrü

boyunca emniyetli kalması için gereken kuralları içerir. Dökme yük gemileri için mevcut bulunan kurallardan çok farklı olmamakla beraber; mukavemet, korozyon ve yorulma gibi özel konulara daha fazla ağırlık vermektedir.

IACS CSR ye göre liman koşullarında izin verilen kesme kuvveti aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$Q_{p,p} = \varepsilon Q_p + Q_{WV} - Q_{WV,p} \quad (3.17)$$

Burada:

$$\varepsilon = \text{sgn } Q_{SW}$$

Q_p : seyir esnasında izin verilen sakin su kesme kuvveti olup

Q_{WV} : dikey dalga kuvveti

$Q_{WV,p}$: limanda dikey dalga kuvveti

Q_{SW} : dizayn sakin su kesme kuvveti

IACS CSR'ye göre liman koşullarında izin verilen kesme kuvveti ise aşağıda verilen formülle hesaplanır:

$$M_{p,p} = M_{SW} + M_{WV} - M_{WV,p} \quad (3.18)$$

Burada:

M_{WV} : dikey dalga eğilme momenti

$M_{WV,p}$: limanda dikey dalga eğilme momenti

M_{SW} : dizayn sakin su eğilme momenti

4. YÜKLEME VE BOŞALTMA OPERASYONLARI

4.1 Yükleme ve Boşaltma Ekipmanları

Yükleme ve boşaltma operasyonları, oldukça zaman alan ve riskli operasyonlardır. Bu süreç kaptan ve liman yetkilisi tarafından, uluslararası düzenlemeler dikkate alınarak, uygun ekipmanlar belirlenerek, çok iyi planlanmalı ve takip edilmelidir[11].

Yükleme ve boşaltma sırasında kullanılacak ekipmana, gemi ve liman koşulları dikkate alınarak karar verilmelidir. Gelişmemiş limanlarda yükleme işlemleri, ambar kapağındaki deliklerden yükün çuvallar ve kürekler yardımıyla dökülmesi ile gerçekleşir. Bu yöntem, günümüzde yerini daha hızlı ve daha az iş gücü gerektiren yöntemlere bırakmıştır. Örneğin yaygın biçimde kullanılan double-articulation kreynlerin yükleme hızı saatte 1000 ton, gantry kreynlerin yükleme hızı ise saatte 2000 tona ulaşmaktadır.

Yükleme için bir diğer kullanışlı metod ise konveyörlerdir. Konveyörlerin standart yükleme hızı saatte 100 ila 700 ton arasında değişmekte iken bazı gelişmiş limanlarda bu hız saatte 16000 tona çıkmaktadır. Konveyörler hızlı yükleme olanağı sunarken, operasyonu durdurma sırasında bazı riskler taşımaktadır. Durdurma düğmesine basılması ile konveyörün tamamen durması arasındaki sürede, gemiye oldukça büyük miktarda yükleme yapılabilir. Bu durumda yükleme sınırlarının üzerine çıkılıp, olumsuz durumlarla karşılaşılabilir.

Yük boşaltılmasında hız, kreynlerin bucket kapasitesi ile doğru orantılıdır ki bu değer ise saatte 6 ila 40 ton arasında değişmektedir. Ayrıca boşaltma hızına etki eden bir diğer faktör de kreynin yükü gemiden alıp, limana istifledikten sonra tekrar gemiye dönmesi için geçen süredir. Modern gantry kreynler için bu süre 50 saniye kadardır [4].

4.1.1 Ekipmanlardan kaynaklanabilecek hasarlar

Özellikle yük boşaltma işlemi kepçeler tarafından yapıldığında, ambar iç yapısı, koruyucu boya ve bu ambara bitişik çift dipte hasar oluşma olasılığı fazladır. Boş bir

kepçenin ağırlığı 35 ton olduğu düşünülürse, kepçenin yol açacağı hasarın boyutları daha iyi anlaşılacaktır. Traktörler ve buldozerler gibi diğer boşaltma ekipmanlarının da borda saclarına, posta ve braketler zarar verme olasılığı vardır.

Terminal operatörleri, kullandıkları yük elleçleme ekipmanlarının gemi yapısına zarar vermemesi için çok dikkatli olmalıdırlar. Kepçenin çalıştığı yüzeye paralel hareketlerle hasardan koruma sağlanabilir. Yük boşaltma işlemine her zaman yükün en üst yüzeyinden başlanmalıdır. Bununla birlikte; yetersiz aydınlatma ve sis gibi çevre koşulları, ekipmanlardaki mekanik problemler ve kontrol yetersizliği, uygun olmayan çalışma koşulları da ekipmanların gemiye zarar vermesine zemin hazırlamaktadır [2].

Boşaltma operasyonlarından sonra, ambarlar ve güverte, güverte zabiti tarafından, fiziksel hasar, korozyon ve boya hasarı olup olmadığını anlamak için kontrol edilmelidir. Gemi bütünlüğünü ya da denize elverişliliği etkileyecek herhangi bir hasar olduğunda, durum derhal klas kuruluşuna bildirilmelidir.

4.2 Yükleme Metodları

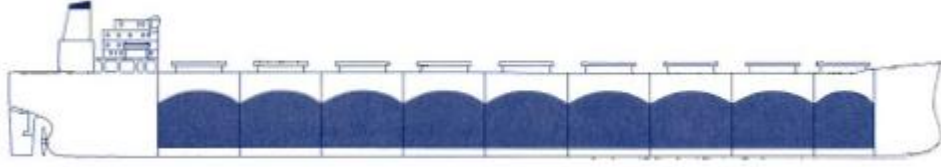
4.2.1 Ambar yükleme koşulları ve yükün gemi boyunca dağılımı

Dökme yük gemileri, çeşitli tipte ve yoğunlukta yükleri taşımak için dizayn edilirler. Farklı tipteki yükler için, farklı yükleme uygulamaları mevcuttur. Gemi boyunca yük dağılımı, kesme kuvveti ve eğilme momenti üzerinde doğrudan etkiye sahip olduğundan, yük dağılım koşullarına özel önem vermek gerekir. Genelde uygulanan yük dağılımları şu şekildedir:

- Homojen ambar yükleme (Tam yüklü halde)
- Alternatif ambar yükleme (Tam yüklü halde)
- Blok ambar yükleme (Kısmi yüklü halde)

4.2.1.1 Homojen ambar yükleme

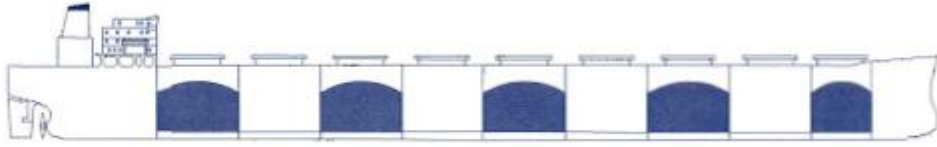
Bu tip yüklemede, yük tüm ambarlara, aynı oranda ve dengeli bir şekilde dağıtılır (Şekil 4.1). Genellikle buğday, kömür gibi yoğunluğu az olan yüklerin taşınmasında kullanılan bir yöntem olmasına rağmen; demir cevheri gibi yüksek yoğunluklu yüklerin taşınmasında da kullanılabilir.



Şekil 4.1 : Homojen ambar yüklemesi.

4.2.1.2 Alternatif ambar yüklemesi

Demir cevheri gibi yüksek yoğunluklu yüklerin taşınmasında genellikle bu yöntem kullanılır. Alternatif ambar yüklemesinde bazı ambarlar doldurulurken, diğerleri boş kalır. Şekil 4.2’te görüldüğü gibi tek numaralı ambarlar yüklenmiş, çift numaralı ambarlar ise boş kalmıştır [12].



Şekil 4.2 : Alternatif ambar yüklemesi.

Alternatif ambar yükleme metodu, gemini ağırlık merkezini yukarı çıkarır ve bu sayede rolling hareketini yumuşatır. Yüksek yoğunluklu kargo, bu yöntem ile taşındığı taktirde, her ambar homojen yüklemede taşıyacağı yükün, iki katı hacminde doldurulur. Yüksek yoğunluklu yükün taşınacağı ambarlar özel olarak dizayn edilmiş ve yapısal olarak kuvvetlendirilmiştir. Bağlı olduğu klas kuruluşu tarafından alternatif ambar yüklemesi yapması onaylanmamış gemiler, bu yöntemle yük taşıyamazlar (Şekil 4.3).



Şekil 4.3 : Alternatif ambar yüklemesi yapılan bir gemi.

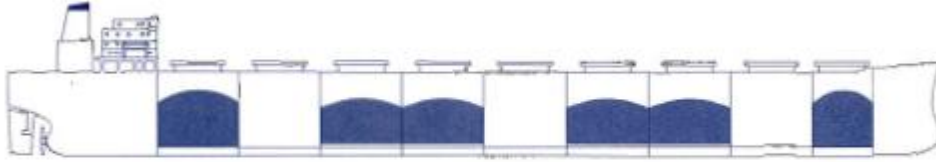
4.2.1.3 Blok ambar yüklemesi

Bu yükleme yönteminde ardışık iki veya daha fazla ambar yüklenip, bu ambarlara bitişik olan ambarlar boş bırakılır. Blok ambar yüklemesi genellikle gemi tam yüklenmeyecekse uygulanır (Şekil 4.4).

Gemi dizayn aşamasında özel olarak belirtilmedi ve gereken yerlerde uygun güçlendirmeler yapılmadıysa, blok yükleme koşulları yükleme rehberinde yer almaz. Bu yöntemde gemi gövdesine aşırı yük binmemesi için, her ambarda taşınacak yük miktarına ve seyir draftına özen gösterilmelidir.

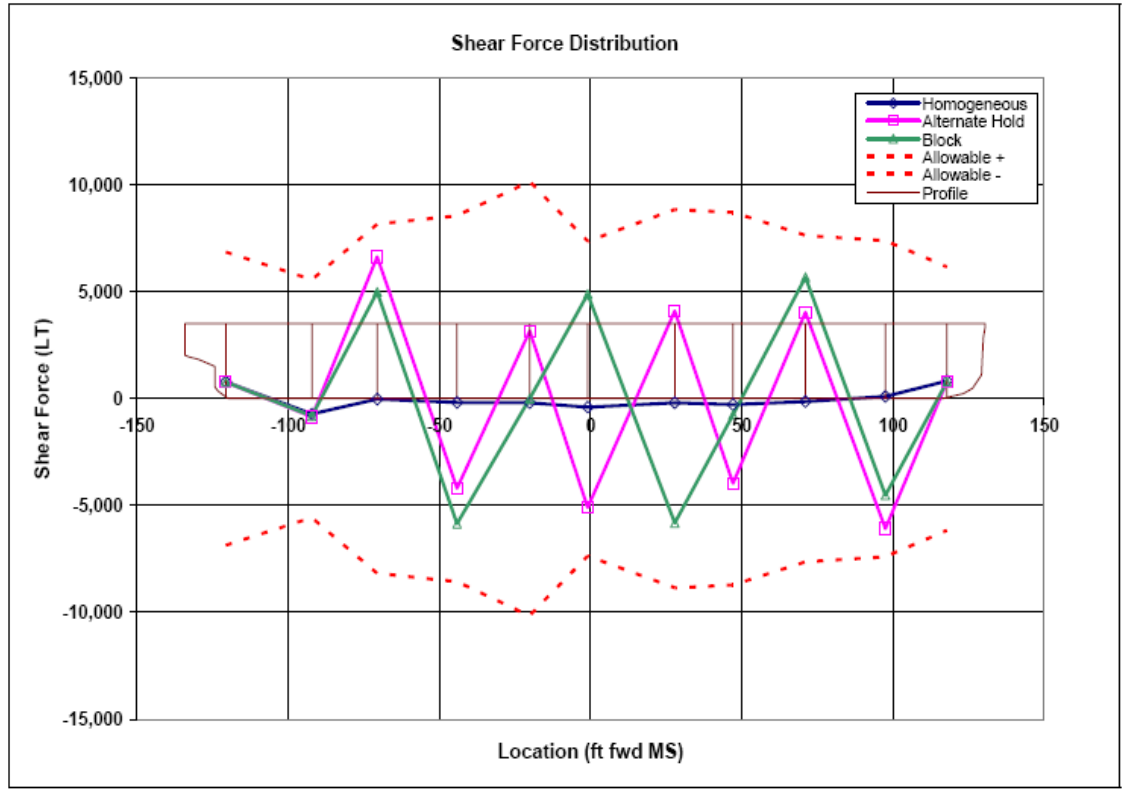
Blok yükleme yapılmış bir gemi, tam dolu halde taşıyacağı yük miktarından daha az taşır. Bu durumda yüzdüğü draft da, maksimum drafttan az olacaktır. Gemi draftındaki bu azalma, gemi dip sacına etkiyen kaldırma kuvvetini de azaltır. Bu nedenle daha düşük draftta kısmi yükleme yapılmış gemilerde, her hangi bir ambardaki yük miktarını azaltmak gerekebilir.

Blok yükleme yapılabilmesi için cross deck, çift dip yapısı ve blok olarak yüklenen ambarlar arasındaki enine perdenin özel dizayn edilmesi ve kuvvetlendirilmesi gerekmektedir; çünkü bu bölgelerde büyük kesme kuvvetleri oluşmaktadır.

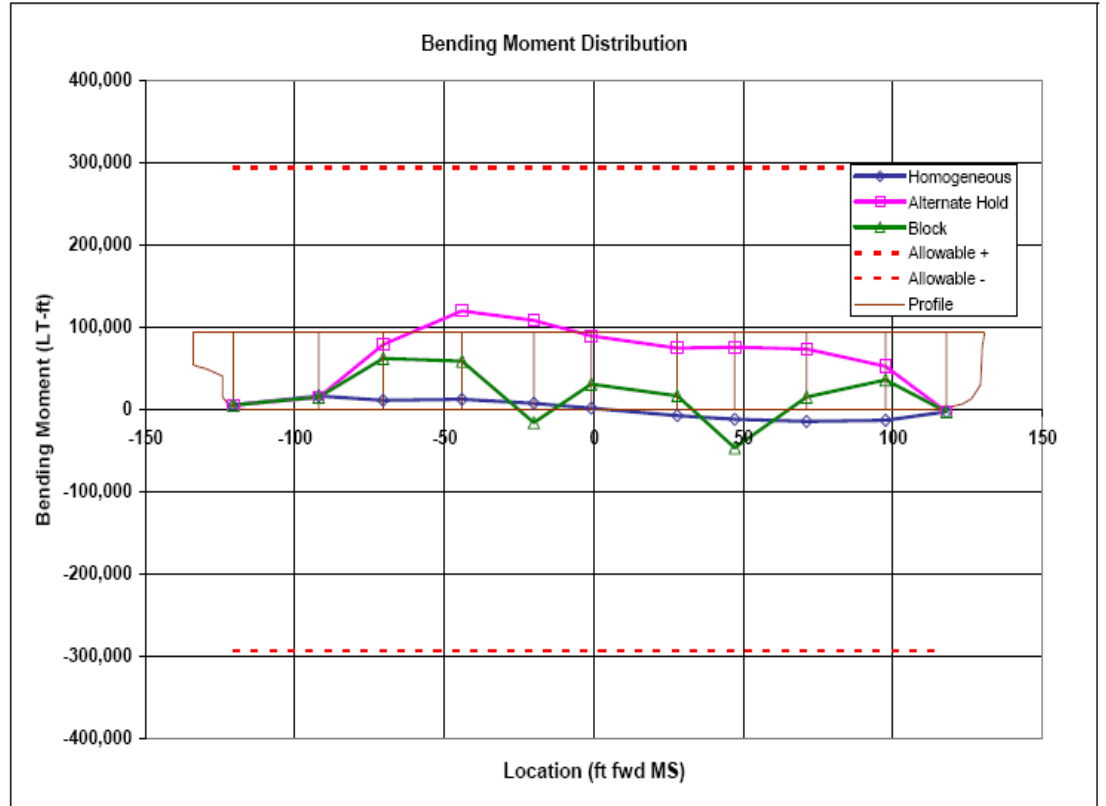


Şekil 4.4 : Blok ambar yüklemesi.

Farklı yükleme koşulları için, farklı kesme kuvvetleri ve eğilme momentleri oluşacaktır. Örneğin alternatif ambar yüklemesinde, gemi ağırlığının kaldırma kuvvetinden fazla olduğu bölgelere denk gelen perdelerde daha büyük kesme kuvveti ve eğilme momenti oluşur. Değişen yükleme koşulları için kesme kuvveti ve eğilme momenti grafikleri Şekil 4.5 ve Şekil 4.6 da görülmektedir [14].



Şekil 4.5 : Farklı yükleme koşulları için eğilme momentleri.



Şekil 4.6 : Farklı yükleme koşulları için eğilme momentleri.

Yükleme ve boşaltma operasyonları boyunca, kesme kuvveti ve eğilme momentleri mümkün olduğunca minimize edilmelidir. Gemi mürettebatı ve liman personeli, planlama ve operasyon sırasında devamlı koordinasyon içinde olmalıdır. Aksi halde, istenmeyen durumlar oluşacaktır. Örneğin Haziran 2000’de Kanada’da Algowood isimli gemide kum ve agrega yükleme operasyonu yapılırken, gemide burkulma oluşmuştur. Yükleme süreci önceden planlanmasına rağmen, gemi şifting yapamadığı için plan revize edilmiş, yeni yükleme sisteminde ise gemi, yetkililerin yaptığı incelemeye göre eğilme momenti SWBM’in 2,3 katına çıkmıştır [14].

4.3 Operasyon Süreci

4.3.1 Yükleme rehberi ve yükleme programı

Dökme yük gemileri, Uluslar arası yükleme Hatları Konvansiyonu (1966) tarafından zorunlu kılınan, bağlı olduğu klas kuruluşu tarafından onaylanmış bir “yükleme rehberi”ne sahiptirler. Yükleme rehberi, yükleme, boşaltma ve istif operasyonlarının planlanmasında takip edilecek bir kılavuzdur. Yükleme rehberi [12];

- İzin verilen SWSF ve SWBM’i içeren geminin dizaynını baz alan yükleme koşullarını
- Her yükleme koşuluna göre hesaplanan SWSF ve SWBM’leri
- İzin verilen bölgesel yükleri

içerir. Yükleme rehberi, gemiye özel bir dökümandır ve onaylanmış içeriği yalnızca ait olduğu gemi için geçerlidir.

Yükleme cihazı ise; 1 Temmuz 1998’den itibaren boyu 150 m’den fazla olan yük gemileri için zorunlu olmuştur. Yük ve balast operasyonlarının planlanması ve kontrolünde, herhangi bir yükleme koşuluna göre SWSF ve SWBM hesaplanmasında, aşılmaması gereken yapısal limitlerin belirlenmesinde, yükleme zabıtine yardımcı olan değerli bir araçtır. Ancak yükleme cihazı hiçbir zaman yükleme rehberinin yerini alamaz, bu nedenle yükleme zabiti çelişkiye düştüğü durumlarda referans olarak yükleme rehberini almalıdır. Bağlı olunan klas kuruluşu tarafından onaylı olan yükleme cihazı, belirli aralıklarla kontrol edilir [12].

4.3.2 Operasyonların planlanması

Dökme yük gemilerinde yüklemenin bazı limitleri vardır. Yüklemeye başlamadan önce liman ve kaptan, yükleme metodu, yüklemenin hızı gibi konularda anlaşmaya varmalıdır. Genelde bu anlaşma geminin özel yükleme/boşaltma kurallarını baz alır. Yükleme planı; balast pompalama hızı ve yükleme hızı, gemi yapısında aşırı stres oluşturmayacak şekilde hazırlanmalıdır. Son yük miktarı hesaplanırken, konveyör stop edildiği andan duruna kadar geçen zamanda gemiye yükleyeceği miktar da unutulmamalıdır.

Şekil 4.7’ de bir örneği verilen operasyon planını hazırlarken; yüke, limana ve gemiye ait bir takım unsurları göz önünde bulundurmak gerekir. Bu unsurlar aşağıda sıralanmıştır:

- Yükün cinsi ve istif faktörü, şev açısı gibi özellikleri
- Yükün ulaşılabilirliği ve yükleme planı için özel gereklilikler
- Yükleme ve boşaltma ekipmanlarının özellikleri, miktarları, hareket etme mesafeleri ve kapasiteleri
- Rıhtım ve geçitteki minimum su derinlikleri
- Rıhtımdaki su yoğunluğu
- Hava draftı sınırlamaları
- Liman otoritesi tarafından belirlenen maksimum seyir draftı ve minimum güvenli manevra draftı
- Geminin dur ihbarından sonra konveyörde kalan yük miktarı
- Geminin hareketi için terminalin varsa talep ve uygulamaları
- Yakıt alma, balast operasyonu atık boşaltma için yerel kısıtlamalar

Yükleme planı hazırlanırken, balast operasyonları da dikkate alınmalıdır. Balast operasyonları, yük operasyonları ile senkronize olmalı, iskele ve sancak balast tankları operasyonları dengeyi bozmayacak şekilde gerçekleşmelidir. Ayrıca, plan hazırlanırken SWSF ve SWBM kriterlerine ve blok yükleme koşullarına dikkat edilmelidir. Yükleme operasyonunda aşağıda sıralananlar yükleme planında her bir adımda açıkça belirtilmelidir.

- Yük miktarı ve ilgili ambarlar,
- İlgili balast tankları ve alınıp/basılacak balast miktarları,
- Her bir yük operasyonu adımı draft ve trim miktarları,
- Her bir adımda SWSF ve SWBM değerleri,

- Her bir adımın tahmini tamamlanma süresi,
- Yükleme/boşaltma ekipmanlarının öngörülen miktarları
- Balasting/de-balasting öngörülen miktarları,
- Yükleme/boşaltma için izin verilen gerekli duraklamaların süreleri.

Yükleme ve boşaltma operasyonları sırasında gemi ve liman arasında etkili bir iletişim kurulması son derece önemlidir. Yük operasyonunu gerektiği zamanda durdurmak için bir “stop prosedürü” hazırlanmalıdır. Sorumlu gemi zabiti, IMO Ship/Shore Safety Check List kullanmasını iyi bilmelidir. Yük operasyonuna başlanmadan önce yapısal bir hasar olmadığından, sintine ve balast sistemlerinin çalıştığından emin olunmalıdır.

Example Loading/Unloading Plan The loading or unloading plan should be prepared in a form such as shown below. Worked examples of this form are shown overleaf. A different form may be used provided it contains the essential information enclosed in the heavy line box.

LOADING/UNLOADING PLAN Version No 1		Date 96-03-24	Vessel BARBICAN	Voyage No 044
Load/Unload Port BOCA GRANDE	Cargoes IRON ORE	Assumed stowage factor of cargo LUMP 1.40	Ballast pumping rate 4,000 t/hr	Deck water density 1.025
From/To Port JAPAN F.O.	Last cargo IRON ORE & COAL	No. of loaders/dischargers 1	Load/discharge rate 4,500 t/hr	Max draught available (HWS) 17.88m
Tonnes	Grade	1 14,756 FINES	2 17,000 LUMP	3 16,382 LUMP
Tonnes	Grade	4 16,900 FINES	5 15,382 LUMP	6 13,050 FINES
Tonnes	Grade	7 14,706 FINES	8 17,294 LUMP	9 14,300 FINES
Tonnes	Grade	10 14,706 FINES	11 17,294 LUMP	12 14,300 FINES
Tonnes	Grade	13 14,706 FINES	14 17,294 LUMP	15 14,300 FINES
Tonnes	Grade	16 14,706 FINES	17 17,294 LUMP	18 14,300 FINES
Tonnes	Grade	19 14,706 FINES	20 17,294 LUMP	21 14,300 FINES
Tonnes	Grade	22 14,706 FINES	23 17,294 LUMP	24 14,300 FINES
Tonnes	Grade	25 14,706 FINES	26 17,294 LUMP	27 14,300 FINES
Tonnes	Grade	28 14,706 FINES	29 17,294 LUMP	30 14,300 FINES
Tonnes	Grade	31 14,706 FINES	32 17,294 LUMP	33 14,300 FINES
Tonnes	Grade	34 14,706 FINES	35 17,294 LUMP	36 14,300 FINES
Tonnes	Grade	37 14,706 FINES	38 17,294 LUMP	39 14,300 FINES
Tonnes	Grade	40 14,706 FINES	41 17,294 LUMP	42 14,300 FINES
Tonnes	Grade	43 14,706 FINES	44 17,294 LUMP	45 14,300 FINES
Tonnes	Grade	46 14,706 FINES	47 17,294 LUMP	48 14,300 FINES
Tonnes	Grade	49 14,706 FINES	50 17,294 LUMP	51 14,300 FINES
Tonnes	Grade	52 14,706 FINES	53 17,294 LUMP	54 14,300 FINES
Tonnes	Grade	55 14,706 FINES	56 17,294 LUMP	57 14,300 FINES
Tonnes	Grade	58 14,706 FINES	59 17,294 LUMP	60 14,300 FINES
Tonnes	Grade	61 14,706 FINES	62 17,294 LUMP	63 14,300 FINES
Tonnes	Grade	64 14,706 FINES	65 17,294 LUMP	66 14,300 FINES
Tonnes	Grade	67 14,706 FINES	68 17,294 LUMP	69 14,300 FINES
Tonnes	Grade	70 14,706 FINES	71 17,294 LUMP	72 14,300 FINES
Tonnes	Grade	73 14,706 FINES	74 17,294 LUMP	75 14,300 FINES
Tonnes	Grade	76 14,706 FINES	77 17,294 LUMP	78 14,300 FINES
Tonnes	Grade	79 14,706 FINES	80 17,294 LUMP	81 14,300 FINES
Tonnes	Grade	82 14,706 FINES	83 17,294 LUMP	84 14,300 FINES
Tonnes	Grade	85 14,706 FINES	86 17,294 LUMP	87 14,300 FINES
Tonnes	Grade	88 14,706 FINES	89 17,294 LUMP	90 14,300 FINES
Tonnes	Grade	91 14,706 FINES	92 17,294 LUMP	93 14,300 FINES
Tonnes	Grade	94 14,706 FINES	95 17,294 LUMP	96 14,300 FINES
Tonnes	Grade	97 14,706 FINES	98 17,294 LUMP	99 14,300 FINES
Tonnes	Grade	100 14,706 FINES	101 17,294 LUMP	102 14,300 FINES
Tonnes	Grade	103 14,706 FINES	104 17,294 LUMP	105 14,300 FINES
Tonnes	Grade	106 14,706 FINES	107 17,294 LUMP	108 14,300 FINES
Tonnes	Grade	109 14,706 FINES	110 17,294 LUMP	111 14,300 FINES
Tonnes	Grade	112 14,706 FINES	113 17,294 LUMP	114 14,300 FINES
Tonnes	Grade	115 14,706 FINES	116 17,294 LUMP	117 14,300 FINES
Tonnes	Grade	118 14,706 FINES	119 17,294 LUMP	120 14,300 FINES
Tonnes	Grade	121 14,706 FINES	122 17,294 LUMP	123 14,300 FINES
Tonnes	Grade	124 14,706 FINES	125 17,294 LUMP	126 14,300 FINES
Tonnes	Grade	127 14,706 FINES	128 17,294 LUMP	129 14,300 FINES
Tonnes	Grade	130 14,706 FINES	131 17,294 LUMP	132 14,300 FINES
Tonnes	Grade	133 14,706 FINES	134 17,294 LUMP	135 14,300 FINES
Tonnes	Grade	136 14,706 FINES	137 17,294 LUMP	138 14,300 FINES
Tonnes	Grade	139 14,706 FINES	140 17,294 LUMP	141 14,300 FINES
Tonnes	Grade	142 14,706 FINES	143 17,294 LUMP	144 14,300 FINES
Tonnes	Grade	145 14,706 FINES	146 17,294 LUMP	147 14,300 FINES
Tonnes	Grade	148 14,706 FINES	149 17,294 LUMP	150 14,300 FINES
Tonnes	Grade	151 14,706 FINES	152 17,294 LUMP	153 14,300 FINES
Tonnes	Grade	154 14,706 FINES	155 17,294 LUMP	156 14,300 FINES
Tonnes	Grade	157 14,706 FINES	158 17,294 LUMP	159 14,300 FINES
Tonnes	Grade	160 14,706 FINES	161 17,294 LUMP	162 14,300 FINES
Tonnes	Grade	163 14,706 FINES	164 17,294 LUMP	165 14,300 FINES
Tonnes	Grade	166 14,706 FINES	167 17,294 LUMP	168 14,300 FINES
Tonnes	Grade	169 14,706 FINES	170 17,294 LUMP	171 14,300 FINES
Tonnes	Grade	172 14,706 FINES	173 17,294 LUMP	174 14,300 FINES
Tonnes	Grade	175 14,706 FINES	176 17,294 LUMP	177 14,300 FINES
Tonnes	Grade	178 14,706 FINES	179 17,294 LUMP	180 14,300 FINES
Tonnes	Grade	181 14,706 FINES	182 17,294 LUMP	183 14,300 FINES
Tonnes	Grade	184 14,706 FINES	185 17,294 LUMP	186 14,300 FINES
Tonnes	Grade	187 14,706 FINES	188 17,294 LUMP	189 14,300 FINES
Tonnes	Grade	190 14,706 FINES	191 17,294 LUMP	192 14,300 FINES
Tonnes	Grade	193 14,706 FINES	194 17,294 LUMP	195 14,300 FINES
Tonnes	Grade	196 14,706 FINES	197 17,294 LUMP	198 14,300 FINES
Tonnes	Grade	199 14,706 FINES	200 17,294 LUMP	201 14,300 FINES
Tonnes	Grade	202 14,706 FINES	203 17,294 LUMP	204 14,300 FINES
Tonnes	Grade	205 14,706 FINES	206 17,294 LUMP	207 14,300 FINES
Tonnes	Grade	208 14,706 FINES	209 17,294 LUMP	210 14,300 FINES
Tonnes	Grade	211 14,706 FINES	212 17,294 LUMP	213 14,300 FINES
Tonnes	Grade	214 14,706 FINES	215 17,294 LUMP	216 14,300 FINES
Tonnes	Grade	217 14,706 FINES	218 17,294 LUMP	219 14,300 FINES
Tonnes	Grade	220 14,706 FINES	221 17,294 LUMP	222 14,300 FINES
Tonnes	Grade	223 14,706 FINES	224 17,294 LUMP	225 14,300 FINES
Tonnes	Grade	226 14,706 FINES	227 17,294 LUMP	228 14,300 FINES
Tonnes	Grade	229 14,706 FINES	230 17,294 LUMP	231 14,300 FINES
Tonnes	Grade	232 14,706 FINES	233 17,294 LUMP	234 14,300 FINES
Tonnes	Grade	235 14,706 FINES	236 17,294 LUMP	237 14,300 FINES
Tonnes	Grade	238 14,706 FINES	239 17,294 LUMP	240 14,300 FINES
Tonnes	Grade	241 14,706 FINES	242 17,294 LUMP	243 14,300 FINES
Tonnes	Grade	244 14,706 FINES	245 17,294 LUMP	246 14,300 FINES
Tonnes	Grade	247 14,706 FINES	248 17,294 LUMP	249 14,300 FINES
Tonnes	Grade	250 14,706 FINES	251 17,294 LUMP	252 14,300 FINES
Tonnes	Grade	253 14,706 FINES	254 17,294 LUMP	255 14,300 FINES
Tonnes	Grade	256 14,706 FINES	257 17,294 LUMP	258 14,300 FINES
Tonnes	Grade	259 14,706 FINES	260 17,294 LUMP	261 14,300 FINES
Tonnes	Grade	262 14,706 FINES	263 17,294 LUMP	264 14,300 FINES
Tonnes	Grade	265 14,706 FINES	266 17,294 LUMP	267 14,300 FINES
Tonnes	Grade	268 14,706 FINES	269 17,294 LUMP	270 14,300 FINES
Tonnes	Grade	271 14,706 FINES	272 17,294 LUMP	273 14,300 FINES
Tonnes	Grade	274 14,706 FINES	275 17,294 LUMP	276 14,300 FINES
Tonnes	Grade	277 14,706 FINES	278 17,294 LUMP	279 14,300 FINES
Tonnes	Grade	280 14,706 FINES	281 17,294 LUMP	282 14,300 FINES
Tonnes	Grade	283 14,706 FINES	284 17,294 LUMP	285 14,300 FINES
Tonnes	Grade	286 14,706 FINES	287 17,294 LUMP	288 14,300 FINES
Tonnes	Grade	289 14,706 FINES	290 17,294 LUMP	291 14,300 FINES
Tonnes	Grade	292 14,706 FINES	293 17,294 LUMP	294 14,300 FINES
Tonnes	Grade	295 14,706 FINES	296 17,294 LUMP	297 14,300 FINES
Tonnes	Grade	298 14,706 FINES	299 17,294 LUMP	300 14,300 FINES
Tonnes	Grade	301 14,706 FINES	302 17,294 LUMP	303 14,300 FINES
Tonnes	Grade	304 14,706 FINES	305 17,294 LUMP	306 14,300 FINES
Tonnes	Grade	307 14,706 FINES	308 17,294 LUMP	309 14,300 FINES
Tonnes	Grade	310 14,706 FINES	311 17,294 LUMP	312 14,300 FINES
Tonnes	Grade	313 14,706 FINES	314 17,294 LUMP	315 14,300 FINES
Tonnes	Grade	316 14,706 FINES	317 17,294 LUMP	318 14,300 FINES
Tonnes	Grade	319 14,706 FINES	320 17,294 LUMP	321 14,300 FINES
Tonnes	Grade	322 14,706 FINES	323 17,294 LUMP	324 14,300 FINES
Tonnes	Grade	325 14,706 FINES	326 17,294 LUMP	327 14,300 FINES
Tonnes	Grade	328 14,706 FINES	329 17,294 LUMP	330 14,300 FINES
Tonnes	Grade	331 14,706 FINES	332 17,294 LUMP	333 14,300 FINES
Tonnes	Grade	334 14,706 FINES	335 17,294 LUMP	336 14,300 FINES
Tonnes	Grade	337 14,706 FINES	338 17,294 LUMP	339 14,300 FINES
Tonnes	Grade	340 14,706 FINES	341 17,294 LUMP	342 14,300 FINES
Tonnes	Grade	343 14,706 FINES	344 17,294 LUMP	345 14,300 FINES
Tonnes	Grade	346 14,706 FINES	347 17,294 LUMP	348 14,300 FINES
Tonnes	Grade	349 14,706 FINES	350 17,294 LUMP	351 14,300 FINES
Tonnes	Grade	352 14,706 FINES	353 17,294 LUMP	354 14,300 FINES
Tonnes	Grade	355 14,706 FINES	356 17,294 LUMP	357 14,300 FINES
Tonnes	Grade	358 14,706 FINES	359 17,294 LUMP	360 14,300 FINES
Tonnes	Grade	361 14,706 FINES	362 17,294 LUMP	363 14,300 FINES
Tonnes	Grade	364 14,706 FINES	365 17,294 LUMP	366 14,300 FINES
Tonnes	Grade	367 14,706 FINES	368 17,294 LUMP	369 14,300 FINES
Tonnes	Grade	370 14,706 FINES	371 17,294 LUMP	372 14,300 FINES
Tonnes	Grade	373 14,706 FINES	374 17,294 LUMP	375 14,300 FINES
Tonnes	Grade	376 14,706 FINES	377 17,294 LUMP	378 14,300 FINES
Tonnes	Grade	379 14,706 FINES	380 17,294 LUMP	381 14,300 FINES
Tonnes	Grade	382 14,706 FINES	383 17,294 LUMP	384 14,300 FINES
Tonnes	Grade	385 14,706 FINES	386 17,294 LUMP	387 14,300 FINES
Tonnes	Grade	388 14,706 FINES	389 17,294 LUMP	390 14,300 FINES
Tonnes	Grade	391 14,706 FINES	392 17,294 LUMP	393 14,300 FINES
Tonnes	Grade	394 14,706 FINES	395 17,294 LUMP	396 14,300 FINES
Tonnes	Grade	397 14,706 FINES	398 17,294 LUMP	399 14,300 FINES
Tonnes	Grade	400 14,706 FINES	401 17,294 LUMP	402 14,300 FINES
Tonnes	Grade	403 14,706 FINES	404 17,294 LUMP	405 14,300 FINES
Tonnes	Grade	406 14,706 FINES	407 17,294 LUMP	408 14,300 FINES
Tonnes	Grade	409 14,706 FINES	410 17,294 LUMP	411 14,300 FINES
Tonnes	Grade	412 14,706 FINES	413 17,294 LUMP	414 14,300 FINES
Tonnes	Grade	415 14,706 FINES	416 17,294 LUMP	417 14,300 FINES
Tonnes	Grade	418 14,706 FINES	419 17,294 LUMP	420 14,300 FINES
Tonnes	Grade	421 14,706 FINES	422 17,294 LUMP	423 14,300 FINES
Tonnes	Grade	424 14,706 FINES	425 17,294 LUMP	426 14,300 FINES
Tonnes	Grade	427 14,706 FINES	428 17,294 LUMP	429 14,300 FINES
Tonnes	Grade	430 14,706 FINES	431 17,294 LUMP	432 14,300 FINES
Tonnes	Grade	433 14,706 FINES	434 17,294 LUMP	435 14,300 FINES
Tonnes	Grade	436 14,706 FINES	437 17,294 LUMP	438 14,300 FINES
Tonnes	Grade	439 14,706 FINES	440 17,294 LUMP	441 14,300 FINES
Tonnes	Grade	442 14,706 FINES	443 17,294 LUMP	444 14,300 FINES
Tonnes	Grade	445 14,706 FINES	446 17,294 LUMP	447 14,300 FINES
Tonnes	Grade	448 14,706 FINES	449 17,294 LUMP	450 14,300 FINES
Tonnes	Grade	451 14,706 FINES	452 17,294 LUMP	453 14,300 FINES
Tonnes	Grade	454 14,706 FINES	455 17,294 LUMP	456 14,300 FINES
Tonnes	Grade	457 14,706 FINES	458 17,294 LUMP	459 14,300 FINES
Tonnes	Grade	460 14,706 FINES	461 17,294 LUMP	462 14,300 FINES
Tonnes	Grade	463 14,706 FINES	464 17,294 LUMP	465 14,300 FINES
Tonnes	Grade	466 14,706 FINES	467 17,294 LUMP	468 14,300 FINES
Tonnes	Grade	469 14,706 F		

Geminin emniyeti, uygun GM'e ve gerilmelerin limitler dahilinde olmasına bağlıdır. Geminin stabilitesini ve gövde mukavemetini korumak için, operasyonlardan sonra aşağıdaki hususlara kontrol edilmelidir [11]:

1. GM değeri, yükleme rehberinde belirtildiği gibi ve IMO kuralları ile uyum içinde olmalıdır.
2. GZ eğrilerine dikkat edilmelidir.
3. stabilite ve mukavemeti korumak için, karşılaşılabilecek deniz ve hava koşulları dikkate alınmalıdır.
4. serbest yüzey ve çalkantı etkileri gözden kaçırılmamalıdır.
5. denizde eğilme momenti, kesme kuvveti, burulma gerilmesi kabul edilen limitleri geçmemelidir.
6. seyir draftı kurallara uygun olmalıdır.
7. hava draftı, köprüler, ekipmanlar dikkate alınarak hesaplanmalıdır.
8. baş draftı salıngı önleyecek şekilde ayarlanmalıdır.
9. pervanenin tamamen su içinde olması sağlanmalıdır.
10. değişen su yoğunluklarına göre trim ve draft değişiklikleri dikkate alınmalıdır.

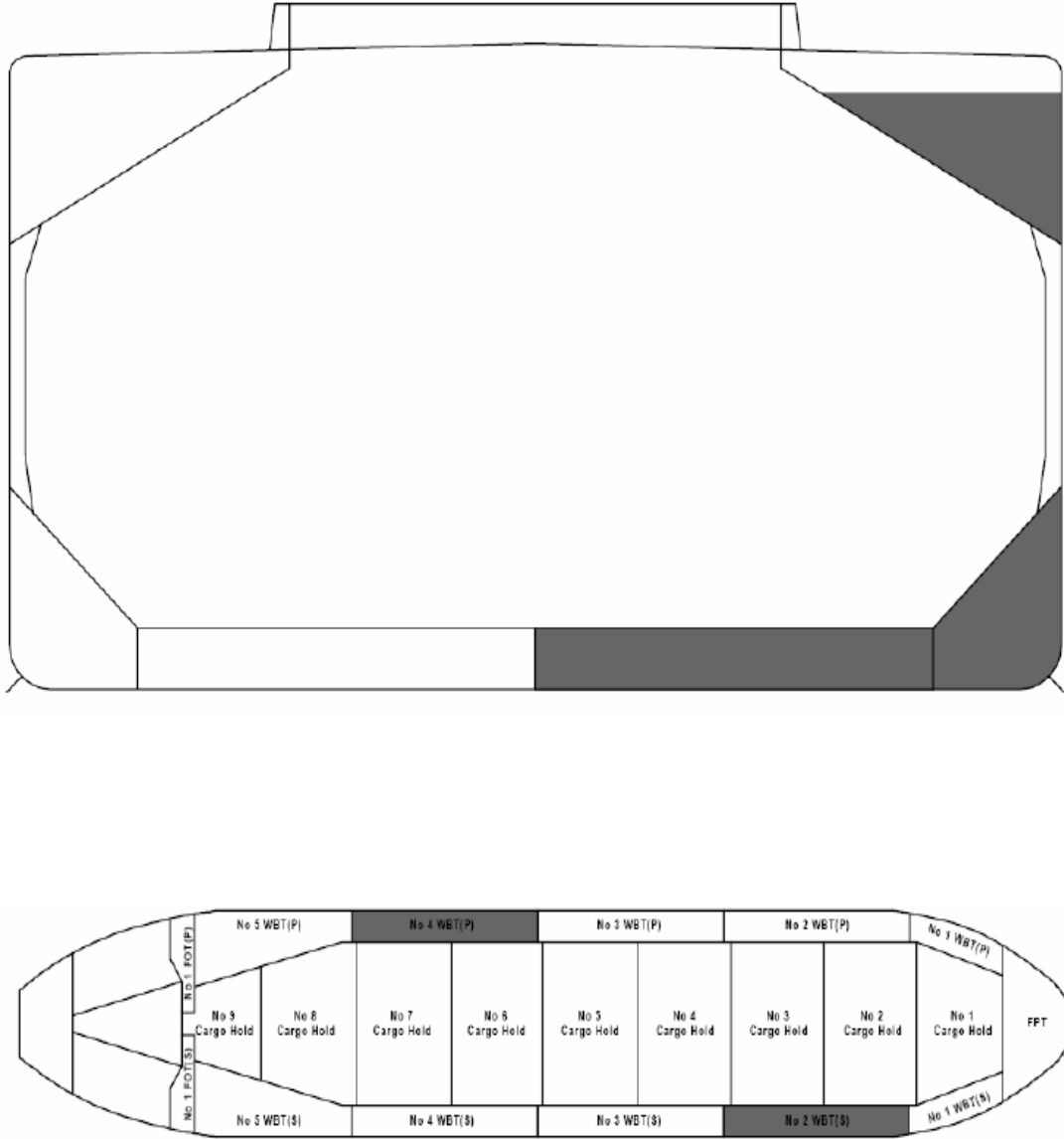
4.3.4 Operasyonlarda karşılaşılabilecek problemler ve oluşabilecek hasarlar

Yükleme ve boşaltma operasyonları esnasında, bazı problemlerle karşılaşılabılır. Bunlardan en önemlisi yükleme rehberinden sapmadır. Bu sapma, gemi bünyesinde geri dönüşü olmayan hasarlara yol açabilir. Geminin onaylanmış yükleme rehberindeki izin verilen limitleri kesinlikle aşılmamalıdır. Bölgesel yapı elemanlarındaki aşırı gerilmelerden kaçınmak çok önemlidir. SWSF ve SWBM izin verilen limitlerde kalmalıdır.

Çok hızlı yükleme kapasitesi bulunan limanlarda gemilerin aşırı yüklenme riski vardır. Yüksek kapasiteli yükleyicilerle geminin aşırı yüklenmesi ve bu şekilde teknenin yapısal elemanlarının hasar görmesi söz konusu olabilir.

Orta simetri hattı boyunca ambarda yükün enine asimetric istif edilmesi, yapıda torsional yükler oluşturur, bu da gemi girişinde burulmalara yol açar. Kirişteki burulma, cross deckte kesme kuvveti ve eğilme momentinin artmasına, ambar köşelerinde çatlaklar oluşmasına ve böylece ambar kapaklarında fittinglerinde problemlere neden olur. Aynı şekilde balastın da iskele ve sancak tanklarına asimetric dağılımı mukavemet problemlerine yol açacaktır (Şekil 4.8). Bunu

önlemek için balast operasyonları iskele ve sancak tanklar için eş zamanlı yapılmalı ve geriye kalan balast miktarının eşit olmasına dikkat edilmelidir [12].

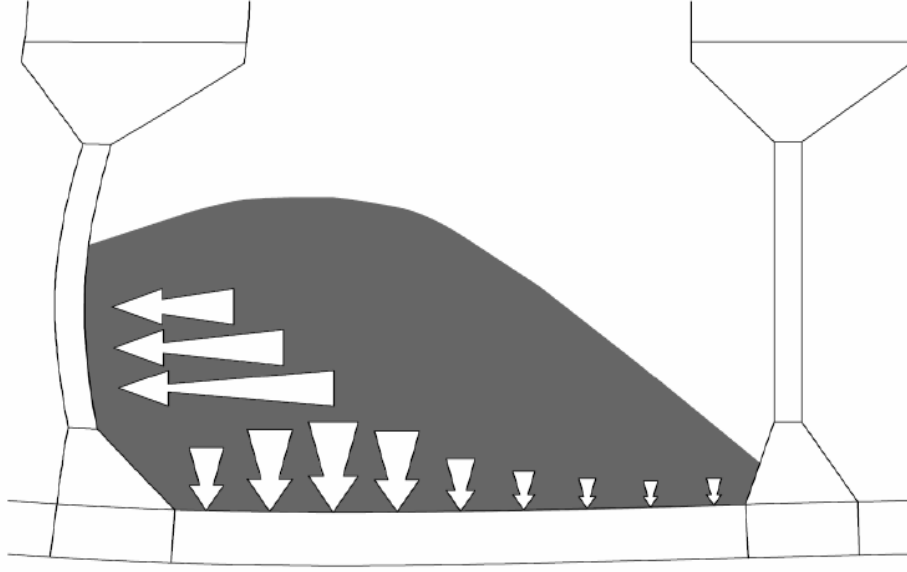


Şekil 4.8 : Asimetrik balast dağılımı.

Kısmi dolu balast tankları ile seyir yapmak tehlikeli ve yasaktır. Balast tankları yalnızca liman pozisyonunda, hava draftını azaltmak amacıyla kısmen doldurulur. Böyle durumlar söz konusu olduğunda çalkantı problemi ortaya çıkacak; tanklarda oluşan dinamik yükler, gemi yapısına hasar verecektir.

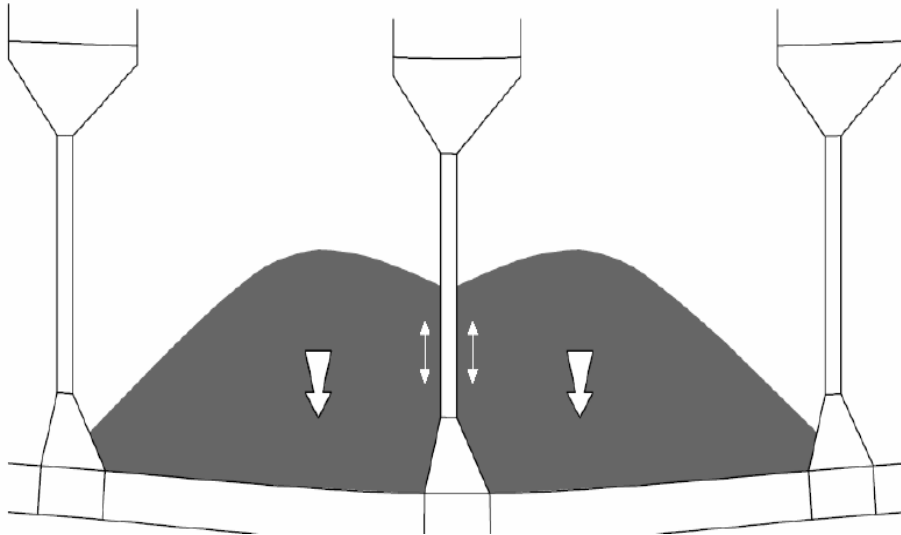
Boyuna asimetrik yük dağılımı da yapısal hasarlara yol açabilecek bir problemdir. bu problem, genelde yüksek yoğunluklu yüklerin ambarın bir tarafından yüklenmesi ile ortaya çıkar. Yük ambara düzgün olarak dağılmaz, gereken trimming yapılmazsa,

ambarın tek bir tarafında toplanır ve bulunduğu yerdeki enine perdeye etki yapar ve perdedeki basma gerilmesi artar (Şekil 4.9).



Şekil 4.9 : Perdede oluşan basma gerilmesi.

Eğer ardışık iki ambar aynı şekilde yüklenirse, iki ambar arasında kalan perdeye binen enine kuvvetler dengelenir; ancak çift dip yapısına etkiyen dik kuvvetler, iki dolu ambar arasındaki perdeye transfer edilir. Bu durumda perdede buckling, cross deck te basma gerilmesi ve perde boyunca artan kesme kuvveti ve eğilme momenti oluşur (Şekil 4.10). Dolayısıyla, yük, her zaman gemi boyunca simetrik istif ve trim edilmelidir.



Şekil 4.10 : Yükten kaynaklanan kesme kuvveti.

Gemi ve liman arasında kopuk haberleşme, operasyonlarda karşılaşılan bir başka problemdir. Gemi zabiteleriyle yükleme terminali arasında, operasyonun anında durdurulması için özel iletişim kurulmalıdır. Aksi taktirde aşırı yükleme tehlikesi söz konusu olacaktır.

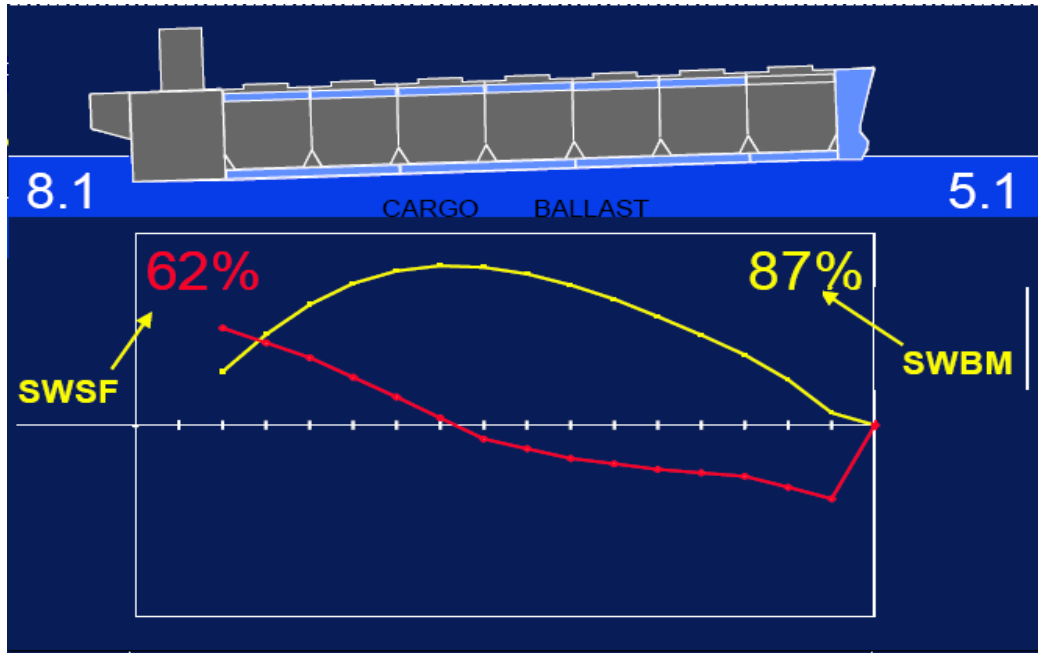
Güvenli bir operasyon, izin verilen gerilmelerin aşılmamasına bağlıdır. Modern gemiler, bilgisayar programları ile yüklerin pozisyonlarını, miktarlarını yapı üzerindeki etkilerini takip ve kontrol edebilme olanağı vermektedir. Uluslar arası sularda seyreden tüm gemiler, Uluslararası Yükleme Hatları Sözleşmesi (1966) hükümleri gereği, “fribord markası” taşımak zorundadır. Seyre çıkmadan önce fribord markasının su içine batmamış olması kontrol edilmelidir.

Yükleme sırasında yük ağırlık ölçümünün yetersiz olması ise bir başka önemli problemdir. Gemi zabiti gerek gördüğü an yüklemeyi durdurarak draftları ve yüklemenin yükleme planına uygun yapıp yapılmadığını kontrol etmelidir. IACS, özellikle yükleme hızı yüksek olan terminallerde, ağırlık ölçümü yapacak ekipmanların uygun bölgelere konumlandırılmasını gerekli görmektedir [4]. Terminaller, yüklemenin durdurulması istendiği anda konveyörler üzerinde ne kadar yük olduğunu gemiye bildirmek durumundadır.

Oluşabilecek tüm problemler göz önüne alındığında, yükleme ve boşaltma operasyonlarının ne kadar riskli olduğu ve dikkat gerektirdiği anlaşılmaktadır. Operasyon bittikten sonra, gemi zabiti, gemide yapısal bir hasar olup olmadığını kontrol etmeli, oluşmuş bir hasar varsa bunun geminin su geçirmezliğine ve denize elverişliliğine etkisini analiz etmeli ve gerekirse bağlı olunan klas kuruluşuna haber vermelidir.

4.4.2 Bir dökme yük gemisi için yükleme senaryosu

Dökme yük gemilerinde, alternatif yükleme yapılırken karşılaşılabilecek kesme kuvvetleri ve eğilme momentlerini hesaplamak için Lloyd’s Register bir çalışma yapmıştır [15]. Çalışmada, yedi ambarı olan, Panamax tipi bir dökme yük gemisine (Şekil 4.11) toplam 60.300 ton yükleme yapılmıştır.

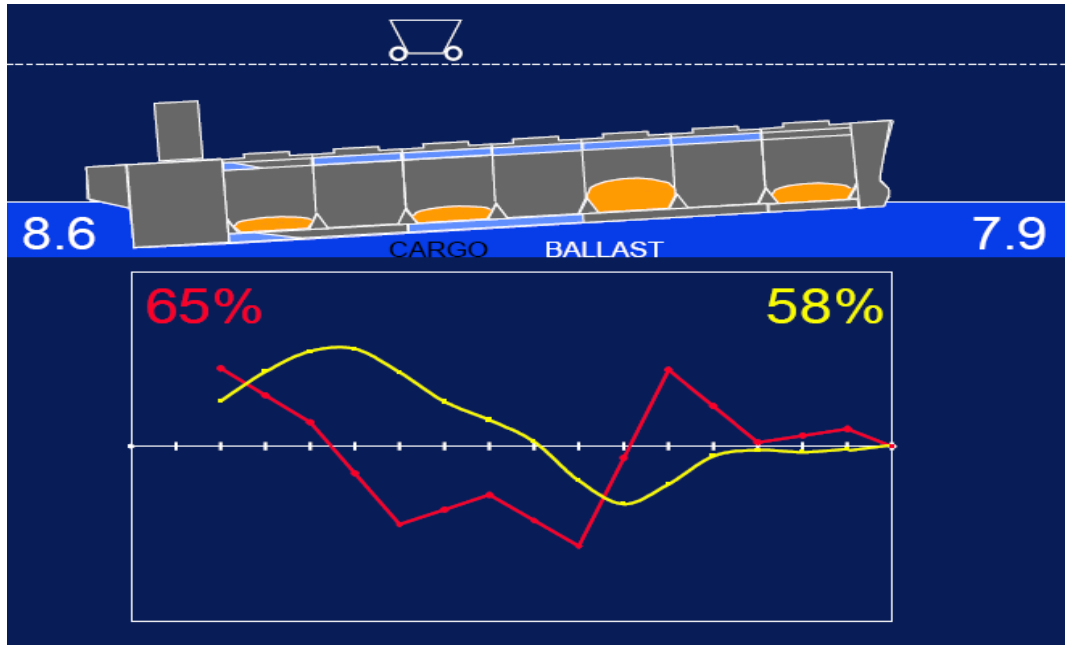


Şekil 4.11 : Panamax tipi dökme yük gemisi.

İlk aşamada, 5000 ton yük, dört dökme işlemiyle; ikinci aşamada 14.500 ton yük, yedi dökme işlemiyle; üçüncü aşamada 16.300 ton yük, dört dökme işlemiyle yüklenmiştir. Yükleme yapılan ambarlarda, boş kalan hacimlere ise 4.500 ton yükleme yapılmıştır.

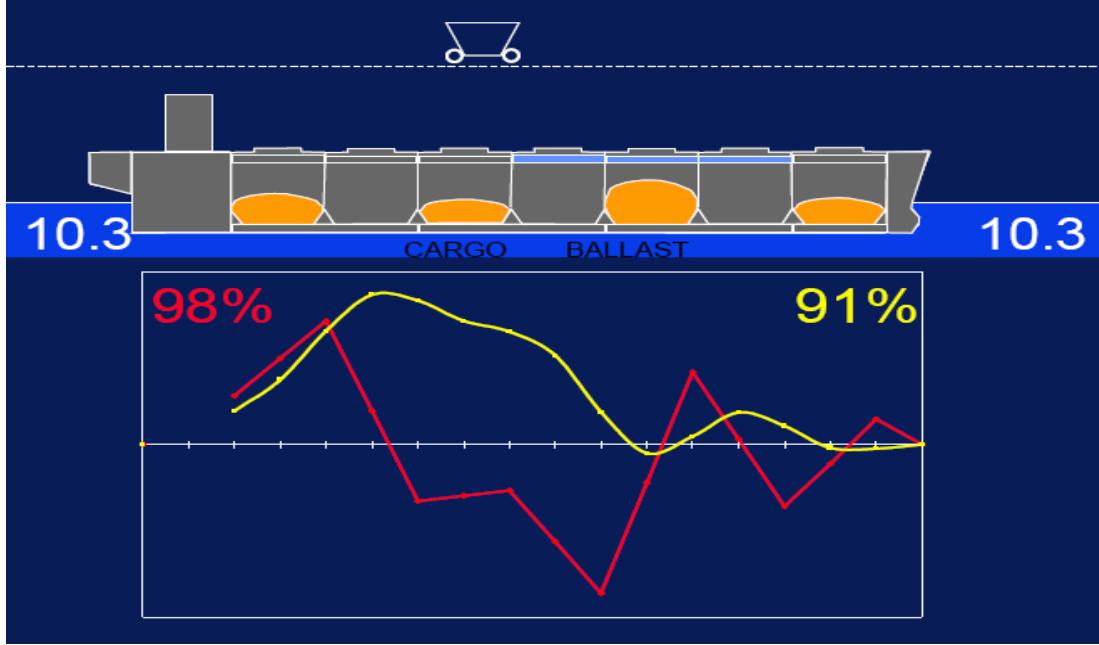
Aşağıdaki şekillerde, her aşama tamamlandığında geminin kıç ve baş draftları ile ölçülen kesme kuvvetleri ve eğilme momentleri gösterilmiştir.

Birinci aşamada 5000 ton yüklendikten sonra, kıç draft 8,5 m; baş draft 7,9 m olmuştur (Şekil 4.12).



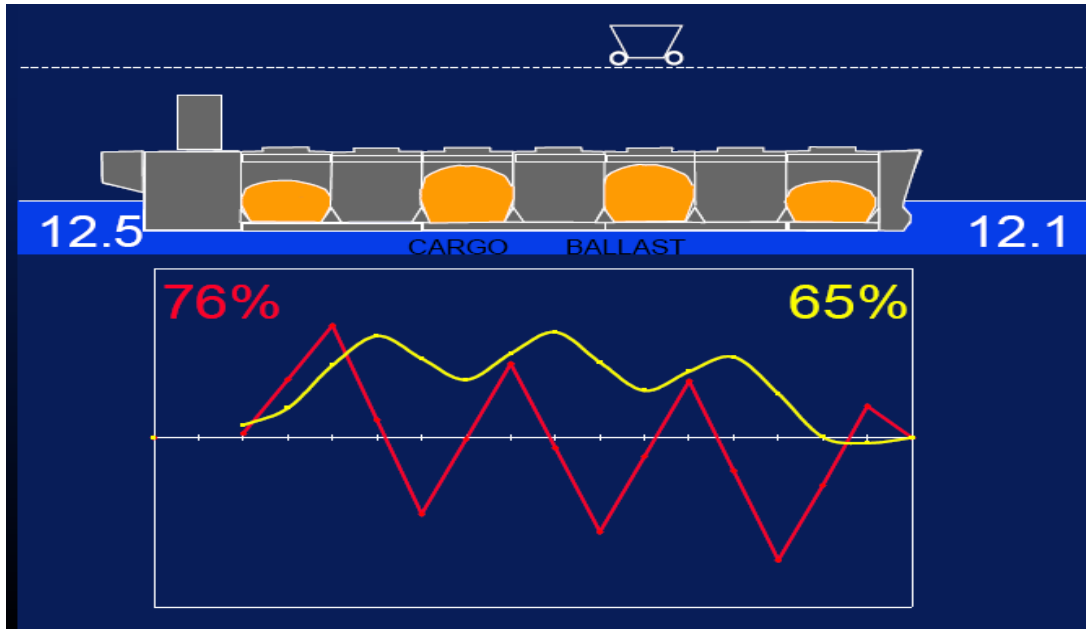
Şekil 4.12 : Birinci aşama.

İkinci aşama sonunda, kış draft 10,3 m; baş draft 10,3 m olmuştur (Şekil 4.13). kritik SWSF ve SWBM gözlemlenmektedir.



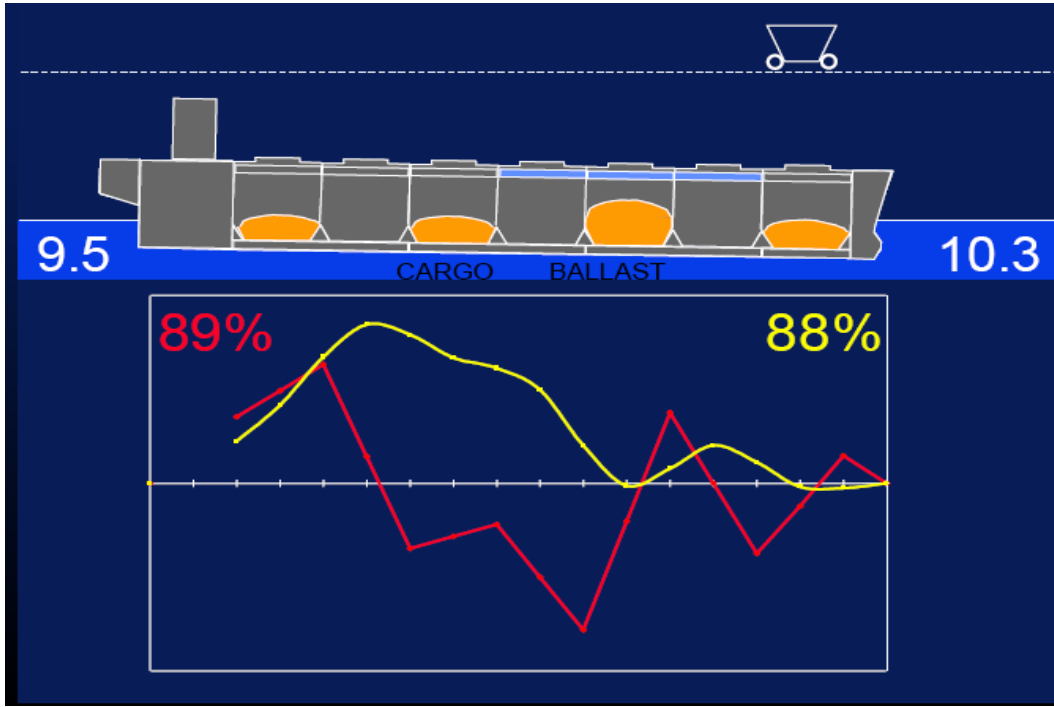
Şekil 4.13 : İkinci aşama.

Üçüncü aşama sonunda, kış draft 12,5 m; baş draft 12,1 m olmuştur (Şekil 4.14).

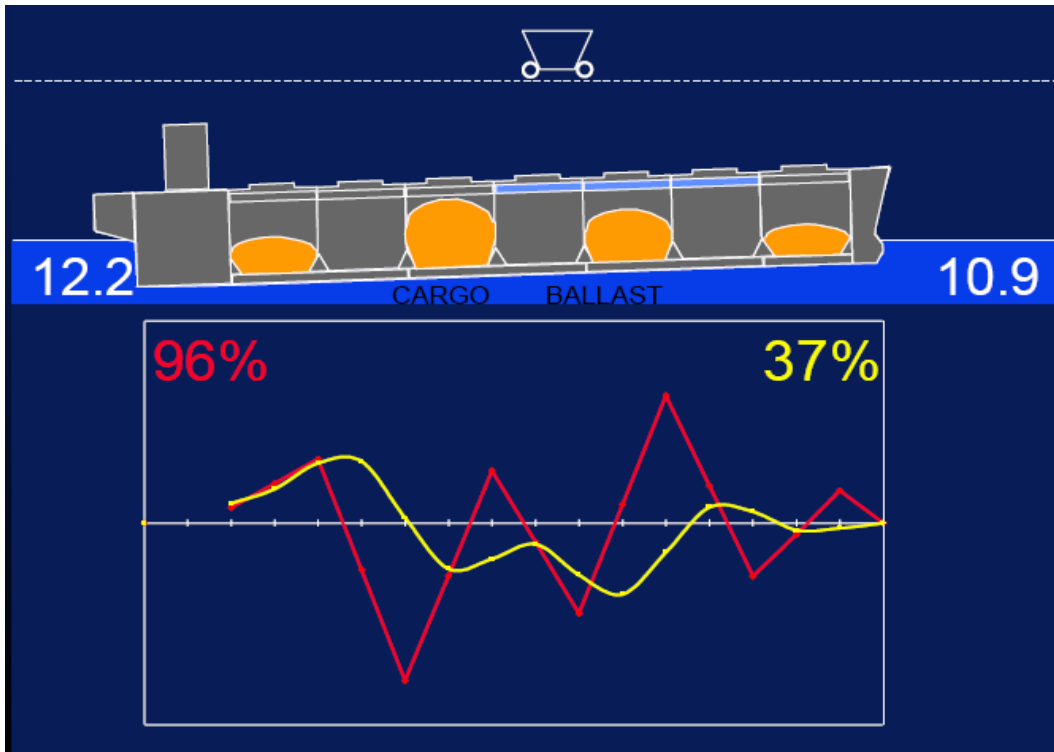


Şekil 4.14 : Üçüncü aşama.

Bu aşamalar tamamlanmadan önce, yani yükleme devam ederken de bazı kritik kesme kuvvetleri ve eğilme momentleri gözlemlenmiştir. Bu durumlar Şekil 4.15 ve Şekil 4.16'da gösterilmiştir.

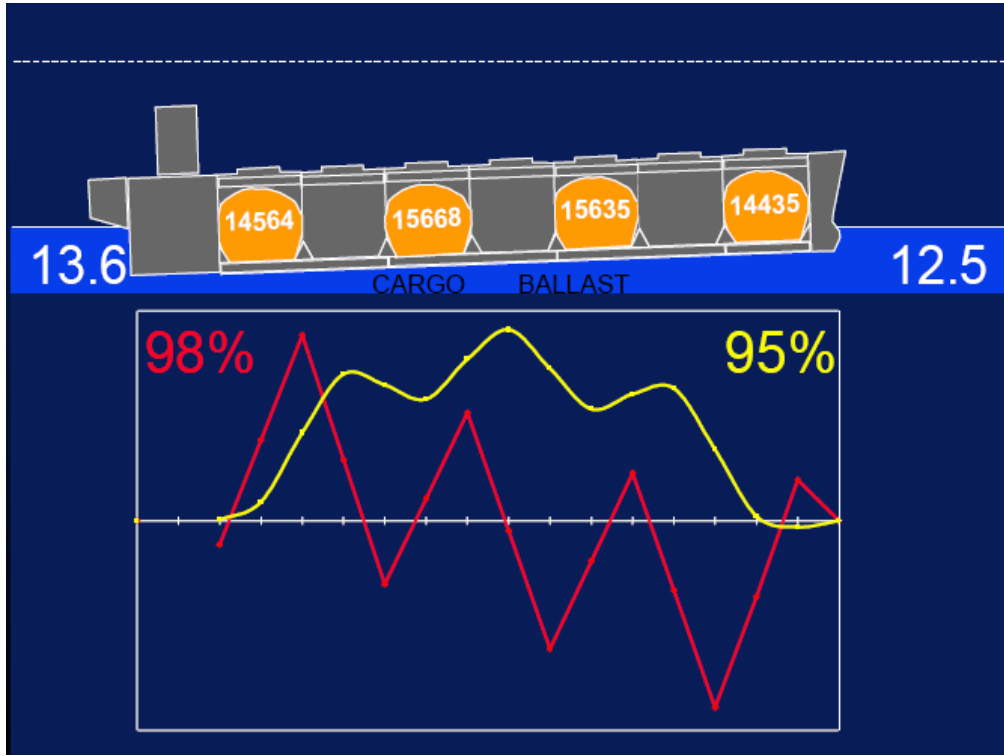


Şekil 4.15 : Kritik durum-1.



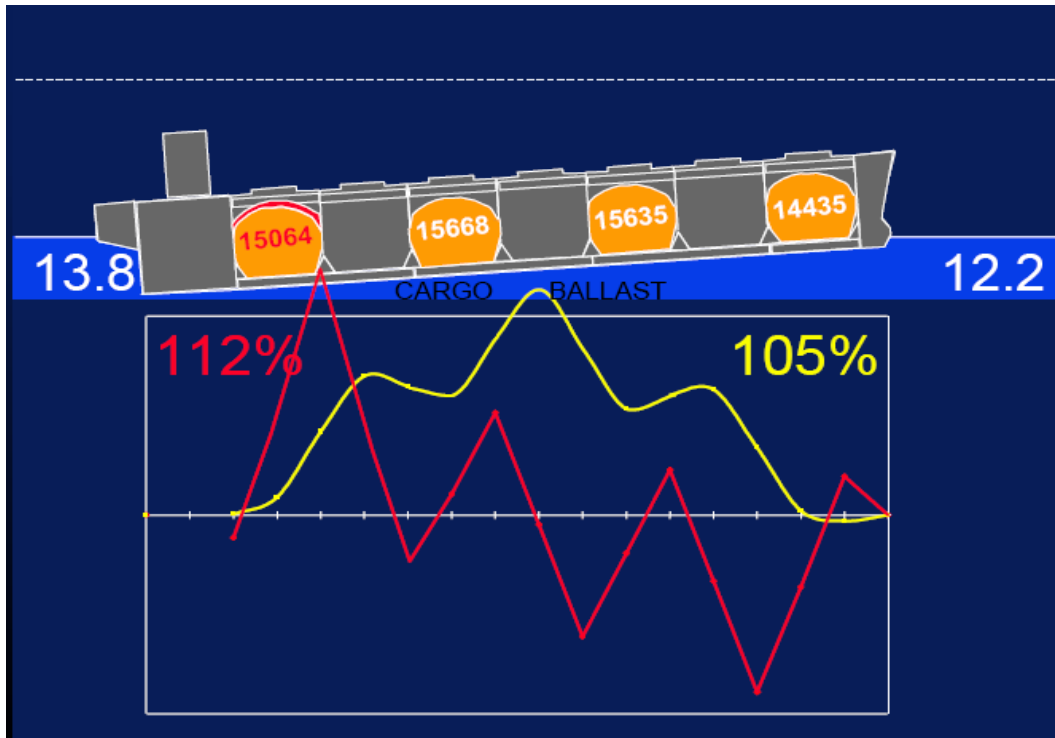
Şekil 4.16 : Kritik durum – 2.

Yükleme tamamlandıktan sonraki görünüm Şekil 4.17’de verilmiştir.



Şekil 4.17 : Son durum.

7 nolu ambara 500 ton fazla yükleme yapıldığı düşünülürse, kesme kuvveti ve eğilme momenlerinin dışına çıktığı görülür (Şekil 4.18)



Şekil 4.18 : Aşırı yükleme durumu.

5. KAZA ANALİZLERİ

Kesme kuvveti ve eğilme momentleri için sınır değerlerin aşılması durumunda çeşitli olumsuzluklarla ve geri dönüşü olmayan hasarlarla karşılaşılabilceği daha önce belirtilmişti. Sınır değerlerin aşılması nedeniyle meydana gelen kazaların incelenmesi, bu konunun hassasiyetini somut biçimde ortaya koyacaktır.

5.1 M/V Derbyshire

M/V Derbyshire kazası, dökme yük gemilerinin emniyeti konusunun, uluslararası platformda gündeme gelmesinde büyük önem taşır. Bu kaza sonucunda, dökme yük gemileri daha büyük bir ciddiyetle ele alınmış, klas kuruluşları ve uluslararası kuruluşlar; dökme yük gemisi dizayn kriterlerini, yapısal zafiyetleri ve limitleri tekrar gözden geçirme gerekliliğinin farkına varmışlardır [18].

M/V Derbyshire (Şekil 5.1), 1978 yılında inşa edilmiş olan OBO tipi olup, kendi döneminin en büyük ve en emniyetli gemilerinden biriydi. Genel özellikleri aşağıdaki gibidir:

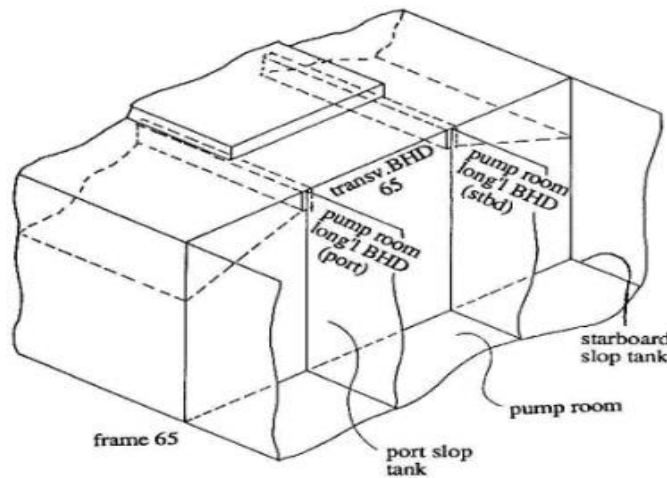


Şekil 5.1 : M/V Derbyshire.

- L_{BP} : 281.940 m
- B: 44.196 m
- D: 24.994 m
- T: 17.035 m
- C_b : 0.84
- Ambar sayısı: 9
- Kapasite: 169 000 DWT
- İnşa yılı: 1978
- Tip: OBO
- Klas: LR

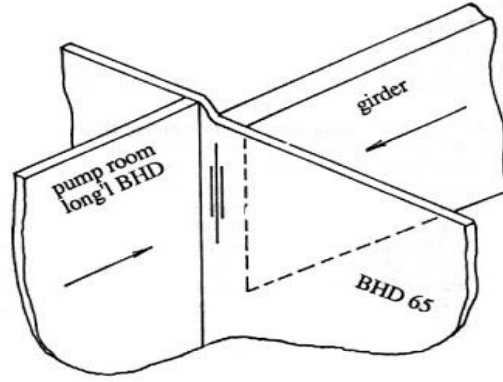
M/V Derbyshire, 9 Eylül 1980’de, Kanada’dan Japonya’ya demir cevheri taşıırken, Kuzey Pasifik’te yakalandığı tayfun sonucu battı. Gemi battığı ve kaza sebebi ile araştırmalar çok geç başladığı için somut delillere ulaşmak zor olmuş, kaza senaryoları genellikle kardeş gemilerden yola çıkılarak oluşturulmuştur. 1994’te tamamlanan araştırmalar ortaya net bir sebep koyamadığı halde, iki önemli olasılık üzerinde durulmaktadır. Bunlardan ilki yapısal hasar sonucu geminin kırılması, ikincisi ise ambar kapaklarının göçmesiyle birlikte ambarlara su dolmasıdır.

İlk olasılık değerlendirildiğinde gemi yapısında bir takım problemler göze çarpmaktadır. Örneğin, M/V Derbyshire gemisinin 65. postası (Şekil 5.2) yapısal olarak zaafiyet göstermektedir. Bu tez, aynı dizayn ve yapıya sahip olan M/V Derbyshire’nın kardeş gemilerinin 65. postalarında da rastlanan problemlerle desteklenmektedir [18], [19].



Şekil 5.2 : M/V Derbyshire 65. posta.

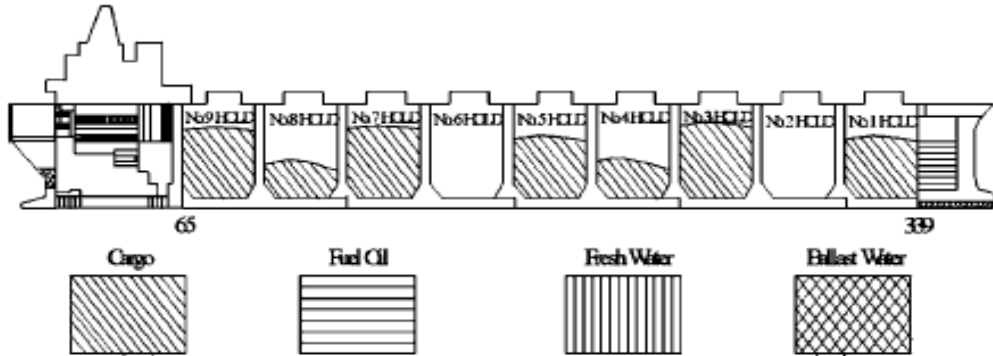
65. posta bu gemide ve kardeş gemilerinde, bir enine su geçmez perde olup, dokuzuncu ambar ve pompa odasını birbirinden ayırmaktadır. Aynı zamanda boyuna se geçmez perdelerle de bağlantılıdır. Kardeş gemilerden M/V Tyne Bridge’te bu postada oluşan çatlaklar ve M/V Kowloon Bridge’in karaya oturması sonucu bu postadan kırılması, 65. postanın dizaynında problemler olduğuna işaret etmektedir. Ayrıca, yine kardeş gemilerde 65. posta ile bağlantılı boyuna perdelerin, enine perde üzerinde aynı doğrultuda yer almadığı gözlemlenmiştir (Şekil 5.3). Perdelerin aynı doğrultuda çakışmaması durumunun zorlamalara maruz kalarak, geminin yorulma ömrünü kısalttığı düşünülmüştür.



Şekil 5.3 : Boyuna perdelerin aynı doğrultuda çakışmaması.

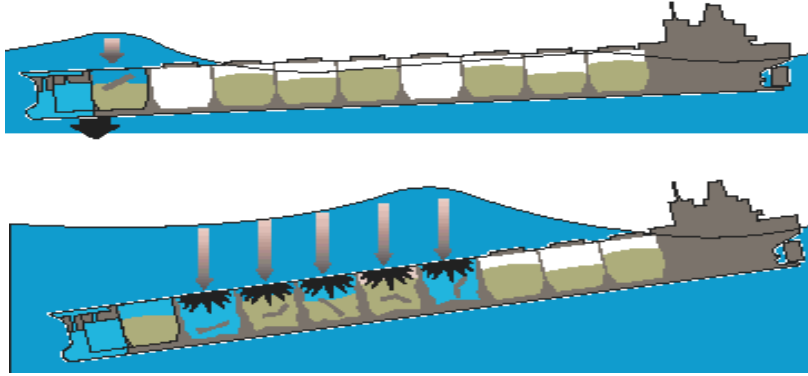
Diğer bir yapısal problem ise geminin alt borda ve dip saclarının yumuşak çelikten inşa edilmiş olması ve inşa sırasında tipik plaka değerlerinin referans alınmasıdır. Oysa bu değerler, yalnızca plakalar için geçerli olup, elemanlarla desteklenmiş plakalar için burkulmama garantisi vermemektedir [19].

Yapısal hasar olasılığına göre özellikle Şekil 5.4’te görülen yük dağılımının ve geminin tayfunda karşılaştığı zorlamaların etkisiyle, hassas olan 65. Posta bölgesinde büyük eğilme momentleri oluşarak kırılma gerçekleşmiş veya dip saclardaki zaafiyetin ani çökmelere yol açtığı ve ambarlara su girmiştir [18].



Şekil 5.4 : M/V Derbyshire bilinen son yükleme durumu.

M/V Derbyshire kaza sebepleri araştırılırken ortaya çıkan ikinci olasılıkta ise ambar kapaklarının uygun dizayn edemediği, kapakların taşıma kapasitesin yetersiz olduğu düşünülmektedir. Bu olasılığa göre, tayfunda baş taraftaki depo bölümüne ve vantilatörlerden gemi içine su girmeye başlamış, oluşan ağırlıkla başa trim oluşmuş, ilk ambardan başlayarak kapaklar göçmüş ve ambartlar suyla dolmuştur (Şekil 5.5) [18].



Şekil 5.5 : Ambar kapaklarının göçmesi.

5.2 M/V Algowood

Bu kaza, yükleme sırasında plana sadık kalınmamasının ve kesme kuvveti ile eğilme momenti sınırlarının aşılmasının doğuracağı sonuçların en somut örneğidir. M/V Algowood (Şekil 5.6), 1981 yılında inşa edilmiş bir dökme yük gemisidir. Genel özellikleri aşağıdaki gibidir [20]:

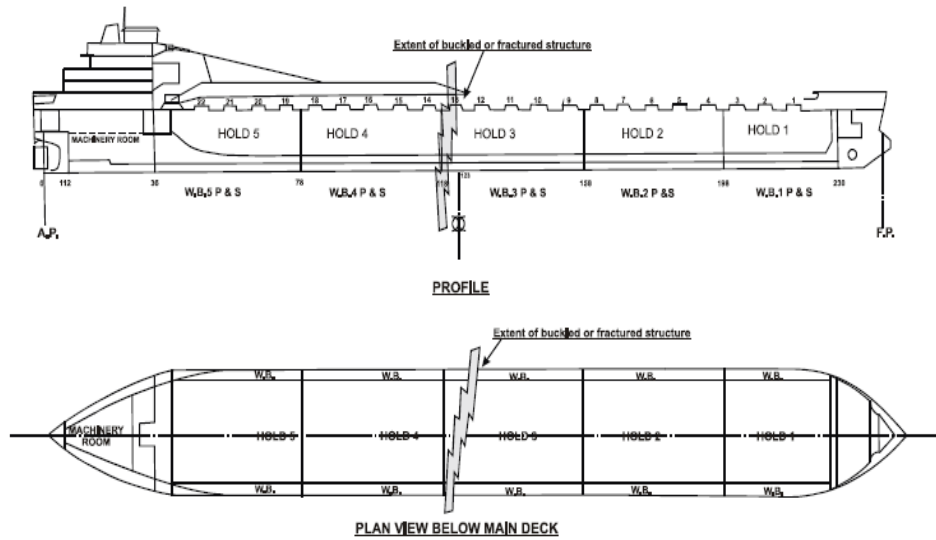
- L_{OA} : 225.55 m
- L_{BP} : 220.17 m
- B: 23.13 m
- D: 14.17 m
- T: 9.149 m
- Ambar sayısı: 5
- Kapasite: 31355 DWT
- İnşa yılı: 1981
- Tip: Dökme yük
- Klas: LR



Şekil 5.6 : M/V Algowood.

M/V Algowood, 1 Temmuz 2000 tarihinde, Kanada Bruce Mines limanında agrega ve kum yükleme yaparken kaza gerçekleşmiştir. Yükleme operasyonu plana uygun şekilde seyrederken, gemi operasyon yetkilisi tarafından, geminin kıç draftının sınıra yaklaştığı ve geminin şifting yapmasına engel teşkil ettiği gerekçesiyle plan değiştirilmiştir. 13 numaralı ambar ağzından yapılması gereken yük dökme operasyonu 9. Numaralı ambar ağzına kaydırılmıştır.

Kazadan sonra yapılan incelemelere göre, bu değişiklikle gemi liman limit değerinin 2,3 katı büyüklüğünde eğilme momentine maruz kalmış ve kırılmıştır. Kırılma 117 ve 119. Postalar arasında gerçekleşmiştir (Şekil 5.7) [20].



Şekil 5.7 : M/V Algowood kırılma bölgesi.

Kazanın nedenlerini tespit etmek için yapılan incelemelerde operasyon sırasında gemi personeli arasında zayıf koordinasyon nedeniyle yükleme ve balast boşaltma operasyonlarının senkronize biçimde gerçekleşmediği ve bu durumun eğilme momentinin artmasına katkıda bulunduğu anlaşılmıştır.

Ayrıca yükleme yapılırken; hava koşulları ve mesafe nedeniyle draftların doğru biçimde okunamadığı, yüklemeden sorumlu gemi personelinin yüklemeyi kendi bilgisayarında teyit ettiği, onaylı bir program kullanmadığı, bunlara ek olarak geminin aynı operasyonda kırılmadan önce, izin verilen değerin 1,9 katı bir eğilme momentine daha maruz kaldığı ve tüm bunlar ışığında personelin yeterli bilinç seviyesinde olmadığı da tespit edilmiştir. Kırılma sonrası hasarlı bölgeler Şekil 5.8 ve Şekil 5.9’da görülmektedir [20].



Şekil 5.8 : İskele bordada burkulma.



Şekil 5.9 : 117 ve 119 postalar arası enine perde dip kaplama hasarı.

5.3 M/V Lassia

1977 yılında inşa edilmiş olan M/V Lassia isimli dökme yük gemisi, 2001 yılında 126 000 ton demir cevheri yükünü boşaltırken yanlış uygulamalar neticesinde kırılmıştır. Geminin genel özellikleri aşağıdaki gibidir [21]:

- L_{OA} : 273 m
- Ambar sayısı: 5
- Kapasite: 139 800 DWT
- İnşa yılı: 1977
- Tip: Dökme yük
- Klas: Polski Regestr Statkow

Yapılan incelemelerde, yükleme rehberine uymayan balast dağılımı nedeniyle oluşan kesme kuvveti ve eğilme momenti etkisiyle kırıldığı tespit edilmiştir. Ayrıca kötü hava koşulları ve malzeme yorgunluğunun da kazanın meydana gelmesine katkıda bulunduğu olduğu düşünülmektedir. Geminin hasar durumu Şekil 5.10'da görülmektedir [21].



Şekil 5.10 : M/V Lassia hasar durumu.

5.4 M/V Flare

1972’ de inşa edilmiş olan M/V Flare gemisi ise denizde seyrederken maruz kaldığı eğilmeler sonucunda kırılmıştır. Geminin özellikleri aşağıdaki gibidir [22]:

- L_{OA} : 180.80m
- L_{BP} : 180.80 m
- B : 23.13 m
- D : 14.17 m
- T : 9.15m
- Ambar sayısı: 5
- İnşa yılı: 1972
- Tip : Dökme yük
- Klas: LR

M/V Flare, Rotterdam’dan balast durumunda kalkmış ve denizde seyir halindeyken kötü hava koşullarına yakalanmıştır. Balasın gereken koşullarda olmaması nedeniyle gemi çok hızlı baş kış vurma hareketine ve büyük eğilme momentlerine maruz kalmıştır. Gemi personelinin verdiği bilgiye göre, olay esnasında gemideki esnemeler o kadar büyüktür ki, kreynler birbirine değişiyor gibi görünmektedir [22].

Bu olayda oluşan çatlaklar ve gemi bünyesinde var olan yorulmanın etkisiyle, gemi ortasında kırılma gerçekleşmiştir. M/V Flare gemisinin kazadan sonra 4 gün su üstünde kalan baş tarafının fotoğrafı şekil 5.11’de verilmiştir [22].



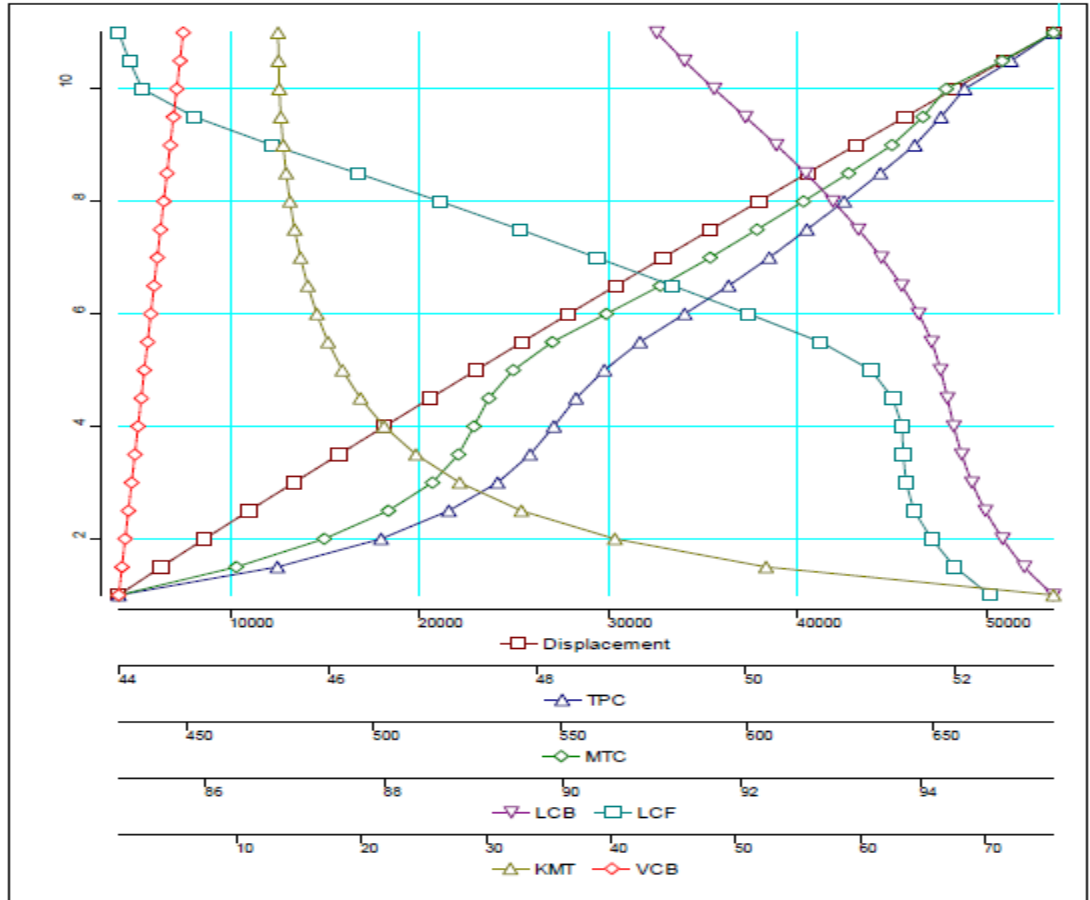
şekil 5.11 : M/V Flare kaza sonrası baş tarafı.

6. UYGULAMA

Dökme yük gemilerinin; yükleme ve boşaltma operasyonlarında oluşan kesme kuvveti ve eğilme momentlerinin tespiti, limit değerlerin aşılması halinde karşılaşılabilecek olumsuzlukların ortaya konması amacıyla hazırlanan çalışmanın bu bölümünde Tribon yardımı ile örnek bir yükleme senaryosu oluşturularak kesme kuvvetleri ve eğilme momentleri incelenmiştir. Programda verilen dökme yük gemisinin temel özellikleri şöyledir:

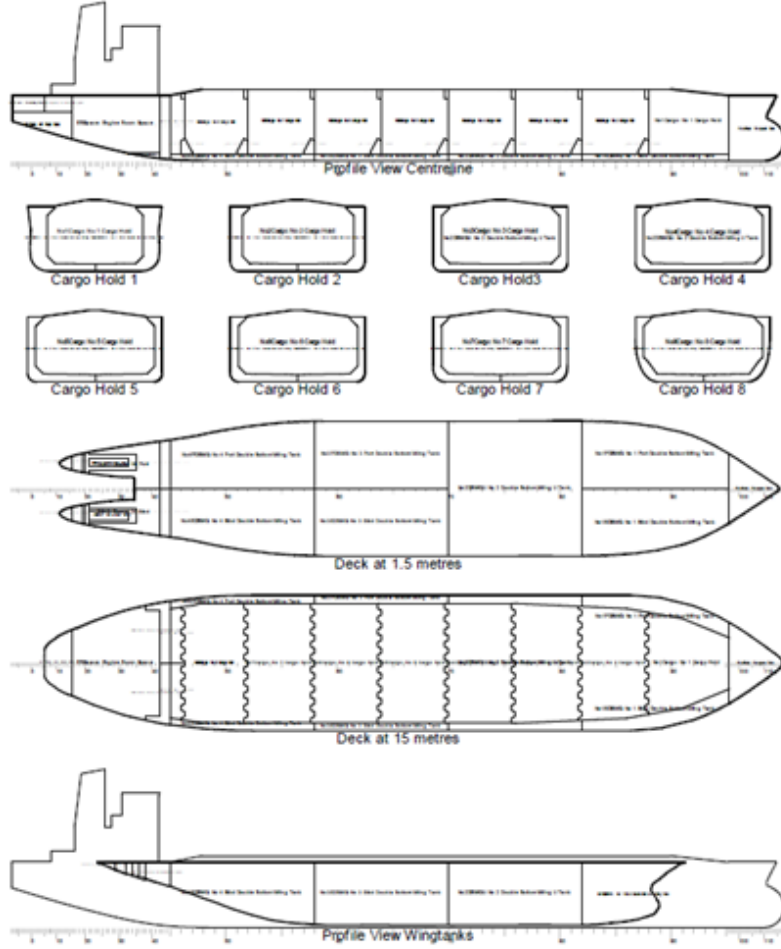
L_{OA} : 185.00 m D : 15.40 m
 L_{BP} : 175.00 m B : 32.00 m
 L_{WL} : 180.41 m T : 9.50 m
Ambar sayısı: 8 Kapasite: 38 256 DWT

Geminin hidrostatik eğrileri Şekil 6.1’de görüldüğü gibidir:



Şekil 6.1 : Hidrostatik eğriler.

Yük demir cevheri olup yoğunluğu 2,500 ton/m³, su yoğunluğu ise 1,025 ton/m³ tür. Yükleme, alternatif yükleme metodu ile yapılacaktır. Geminin tank planı Şekil 6.2’deki gibidir:

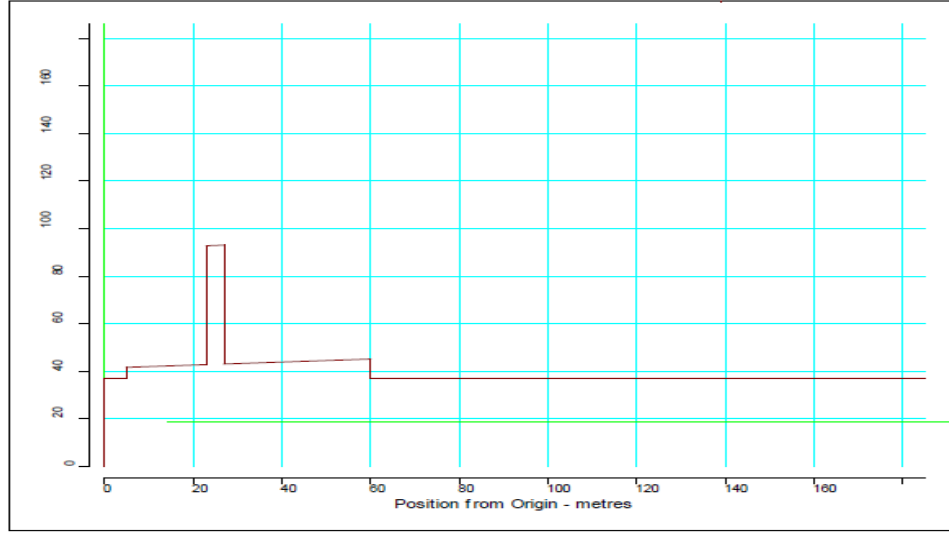


Şekil 6.2 : Tank planı.

Geminin lightweight ağırlık dağılımı Çizelge 6.1’de ve Şekil 6.3’te verilmiştir:

Çizelge 6.1 : Ağırlık dağılımı.

	Ağırlık(t)	LCG(m)	TCG(m)	VCG(m)	FSM (t-m)	Aft ext. (m)	Fwd ext. (m)
Çelik ağırlığı	6000.000	92.500	0.000	6.500	0.000	0.000	185.000
Teçhiz ağırlığı	850.000	92.500	0.000	14.000	0.000	0.000	185.000
Ana makine ağırlığı	200.000	25.000	0.000	4.000	0.000	23.000	27.000
Gövde mühendislik ağırlığı	350.000	35.000	0.000	6.000	0.000	5.000	60.000
Total	7400.000	87.956	0.000	7.270	0.000		



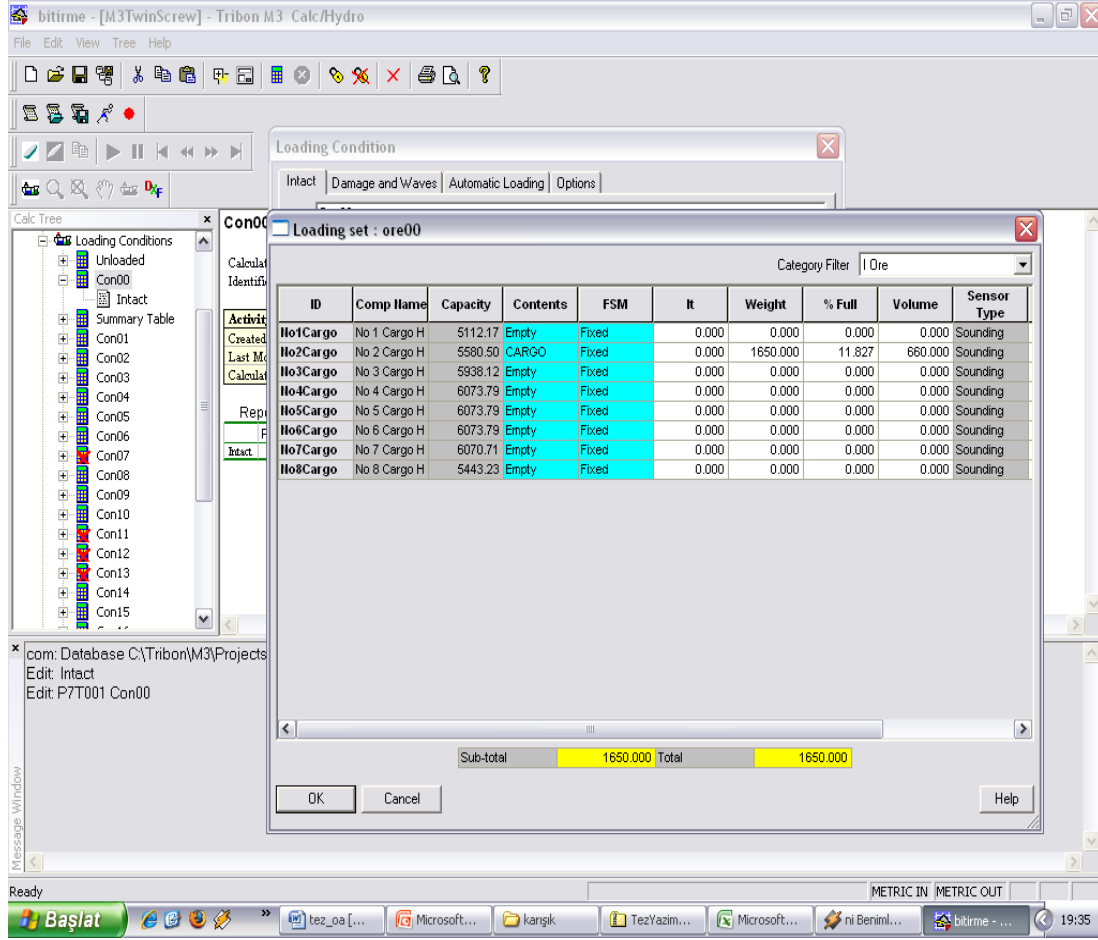
Şekil 6.3 : Gemi boyunca ağırlık dağılımı.

Yükleme planı ise Çizelge 6.2’ de gösterildiği gibidir:

Çizelge 6.2 : Yükleme planı.

Dökme	Ambar no	Miktar (kg)
1	2	1650
2	8	1660
3	6	2005
4	4	2006
5	8	1335
6	4	2001
7	6	2001
8	2	2016
9	8	1341
10	4	1434
11	6	6750
12	4	1434
13	2	1683
14	6	1513
15	2	331
16	4	248
17	6	186
18	8	326
19	2	350
20	8	341
21	8	83
22	2	38
Toplam:		30732

Programda yükleme ve ballast operasyonları aşağıda Şekil 6.4'te örneği görülen pencerelerde yapılır.



Şekil 6.4 : Yükleme penceresi örneği.

Yükleme 22 dökmede tamamlanmıştır. Geminin yüksüz balastlı durumu, her dökme sonucu ambarlar ve ballast tanklarının durumu, kesme kuvveti ve eğilme moment dağılımları ile bu değerlerin izin verilen değerlere oranı Ek A.1'de ayrıntılarıyla verilmiştir.

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Dökme yük gemilerinin, yükleme ve boşaltma operasyonları sırasında mukavemet durumları incelenen bu çalışmada, gemi kayıplarına yol açabilecek riskli koşullar olduğu gözlemlenmiştir. Bu koşullar kimi zaman kullanılan ekipmanlardan kaynaklanabileceği gibi, genellikle yanlış planlanan ya da uygulama sırasında limitlerin aşıldığı operasyonlardan kaynaklanmaktadır [16], [17].

Yapılan araştırma ve incelemeler sonucunda, gemilerin operasyon ömürleri boyunca, yapısal bütünlüğünü riske sokacak durumlarla karşı karşıya kalabilecekleri ve bunun kalıcı hasarlar oluşturabileceği gözlemlenmiştir. Örneğin gemi ağırlığı ve suyun kaldırma kuvvetini içeren statik yükler ile dalga ve gemi hareketlerinden kaynaklanan dinamik yüklere dayanabilecek şekilde dizayn edilen geminin, her hangi bir ambarının limitleri dışında fazla yüklenmesi ya da uygun olmayan yük boşaltma operasyonu gövdedeki statik gerilmeyi arttıracak ve geminin denizde karşılaşacağı dinamik yüklere karşı dayanımını azaltacak, burkulma gibi sonuçlara neden olacaktır. Bu mukavemet yitiminde özellikle kesme kuvveti ve eğilme momenti dikkat edilmesi gereken en önemli unsurlardır.

Değişik yükleme koşulları için, değişik kesme kuvvetleri ve eğilme momentleri oluşacaktır. Bu durum bilgisayar programında hazırlanan yükleme senaryosunda açıkça görülmüştür. Operasyonlar boyunca, kesme kuvveti ve eğilme momentleri mümkün olduğunca minimize edilmelidir, limitler kesinlikle aşılmamalıdır.

Oluşabilecek tüm problemler göz önüne alındığında, yükleme ve boşaltma operasyonlarının ne kadar riskli olduğu ve dikkat gerektirdiği bir kez daha anlaşılmaktadır. Gemi mürettebatı ve liman personeli, operasyonların planlanmasında ve gerçekleştirilmesinde son derece dikkatli olmalı, kurallara sadık kalmalı, draft ölçümleri sağlıklı koşullarda etkin biçimde gerçekleşmeli, mukavemet sınırları içinde operasyonu tamamlamaya özen göstermelidir.

Uluslararası kuruluşlar tarafından, kazalar çok iyi analiz edilmeli, sık karşılaşılan faktörler tespit edilmeli, kurallar ve dizayn kriterleri gözden geçirilmeli, gerektiği durumlarda güncelleştirmeler yapılmalıdır. İncelenen örneklerde, malzeme

yorgunluğunun etkisi görülmektedir. Sınır değerler belirlenirken yaş faktörü daha etkin biçimde ele alınmalıdır.

Kaza ve hasarların önlenmesinde insan faktörü unutulmamalı ve bunun katkısını en aza indirmek için, gelişen teknolojinin paralelinde, gerilme ölçme sensörleri gibi cihazların geliştirilmesine ve uygulanmasına önem verilmelidir. Daha etkin bir çözüm olarak, eğitim ve bilinç seviyesi düzenli eğitimler ve uygulamalarla yükseltilmeli, çalışanların verimini arttıracak düzenlemeler yapılmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] **IMO**, 1999. *IMO and the Safety of Bulk Carriers*, UK.
- [2] **IMO**, *Improving the Safety of Bulk Carriers*, UK.
- [3] **Yao, T.**, 1999. Ultimate Longitudinal Strength of Ship Hull Girder: Historical Review and State of Art, *International Journal of Offshore and Polar Engineering*, **9** (1).
- [4] **Url-1** < <http://www.imo.org/OurWork/Safety/Regulations/Pages/BulkCarriers.aspx> >, alındığı tarih 03.4.2011.
- [5] **Url-2** <http://en.wikipedia.org/wiki/Bulk_carrier>, alındığı tarih 26.03.2011.
- [6] **Ünsan, Y.**, *Gemi Yapı Elemanları*, İTÜ, İstanbul.
- [7] **Odabaşı, Y.**, *Gemilerin Mukavemeti ve Yapısal Bütünlüğü*, İTÜ, İstanbul.
- [8] **Okan, B.**, 2008. *Gemi ve Açıkdeniz Yapıları Mukavemeti Ders Notları*, İTÜ, İstanbul.
- [9] **Daley**, Longitudinal Strength of Ships, Lecture Notes.
- [10] **IACS**, 2010. Requirements Concerning Strength of Ships, UK.
- [11] **Yıldırım, Ö.** 2006. Gemilerde Yükleme/Boşaltma Esnasında Mukavemet Kontrolü İçin Bir Bilgisayar Paket Programı Geliştirilmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [12] **IACS**, *Bulk Carriers, Handle With Care*, UK.
- [13] **Clarck, I.** *The Management of Merchant Ship Stability, Trim and Strength*, The Nautical Institute, UK.
- [14] **Ship Structure Comitee**, Bulk Carriers: Design, Operation and Maintenance Concerns for Structural Safety of Bulk Carriers, Washington.
- [15] **Lloyd's Register**, Loading Sequence Animation, UK.
- [16] **Kuo, H. and Chang, J.**, 2003, A Simplified Approach to Estimate the Ultimate Longitudinal Strength of Ship Hull, *Journal of Marine Science and Technology*, **11** (3), 130-148.
- [17] **Hansen, A.**, 1995. *Reliability Methods for the Longitudinal Strength of Ships*, DTU, Denmark.
- [18] **Broad, W.**, M/V Derbyshire, *The New York Times*, U.S.A
- [19] **Paik, J., Seo, J. and Kim, B.**, 2008. Ultimate Limit State Assessment of the M.V. Derbyshire Hull Structure, *Journal of Offshore Mechanics and Arctic Engineering*
- [20] **Transportation Safety Board of Canada**, 2000. Structural Failure bulk Carrier Algowood, *Marine Investigation Report*, Canada

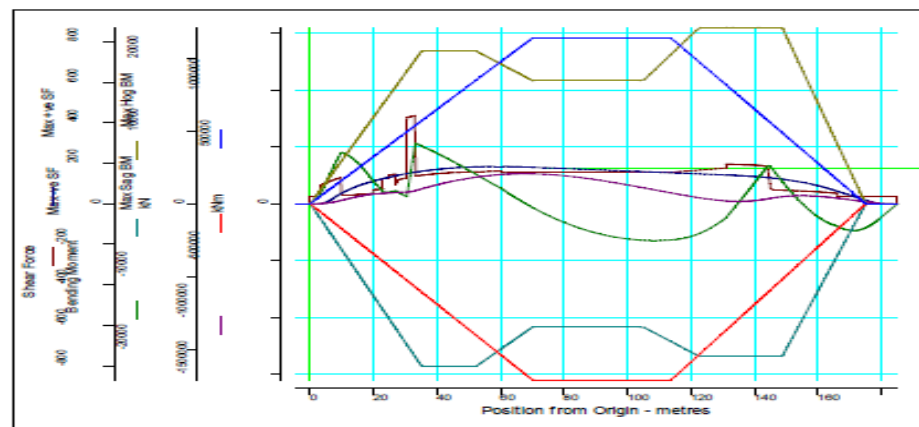
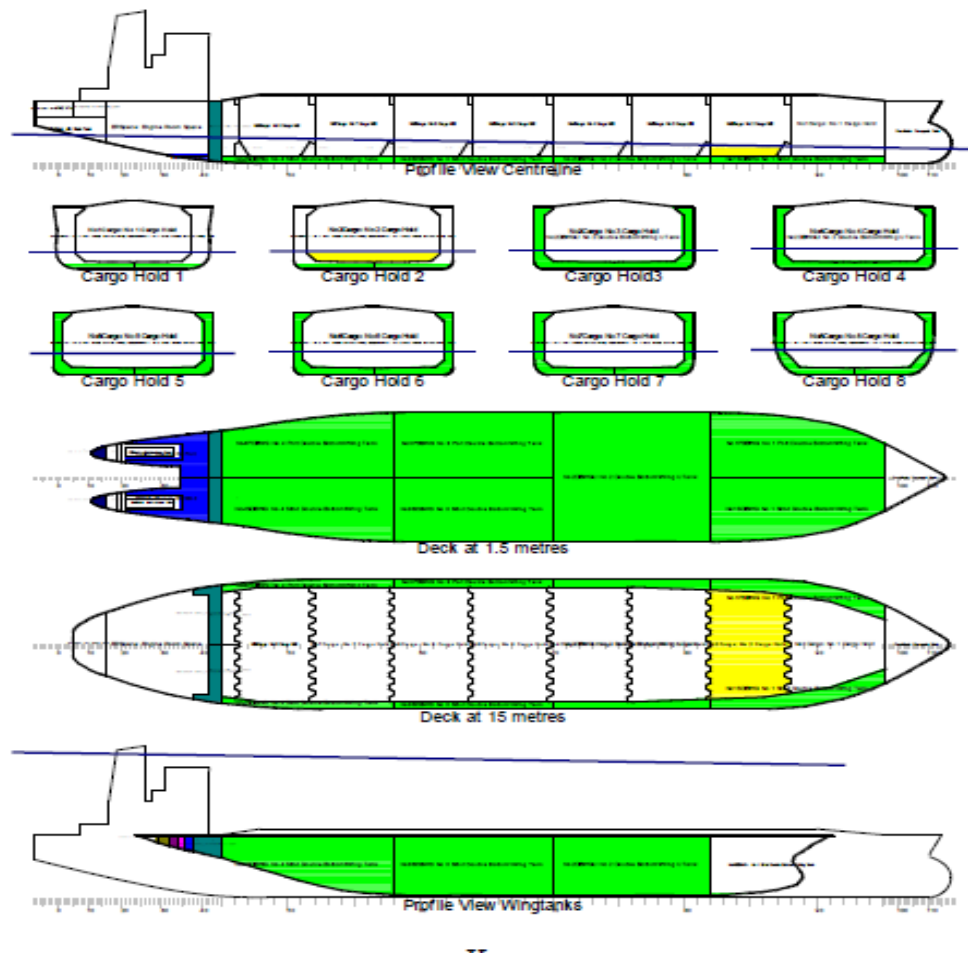
[21] **Url-3** <<http://www.marinetalk.com/articles-marine-companies/art/Bulk-Carrier-Buckles-125703N.html>>, alındığı tarih 04.05.2011

[22] **Url-4** <http://www.tsb.gc.ca/eng/publications/reflexions/marine/2002/numero-issue_19/marine-numero-issue-19-sec1.asp>, alındığı tarih 06.05.2011

EKLER

EK A.1 : Tribon yardımıyla bir dökme yük gemisi yükleme aşamaları

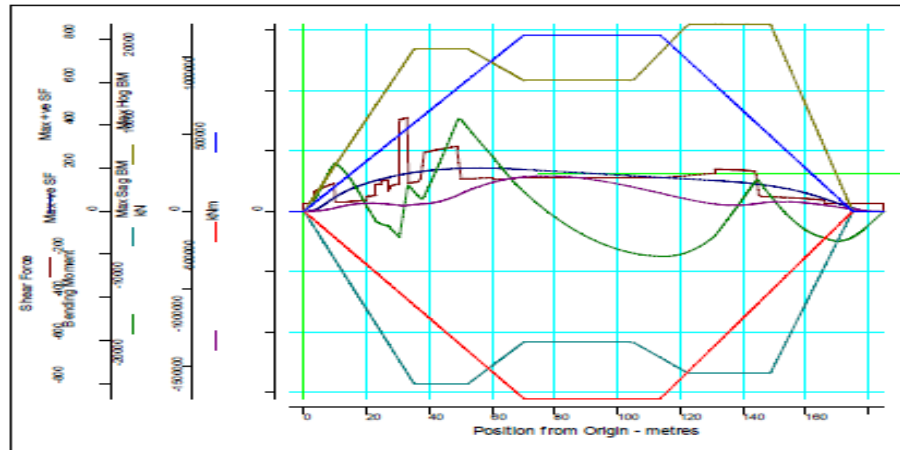
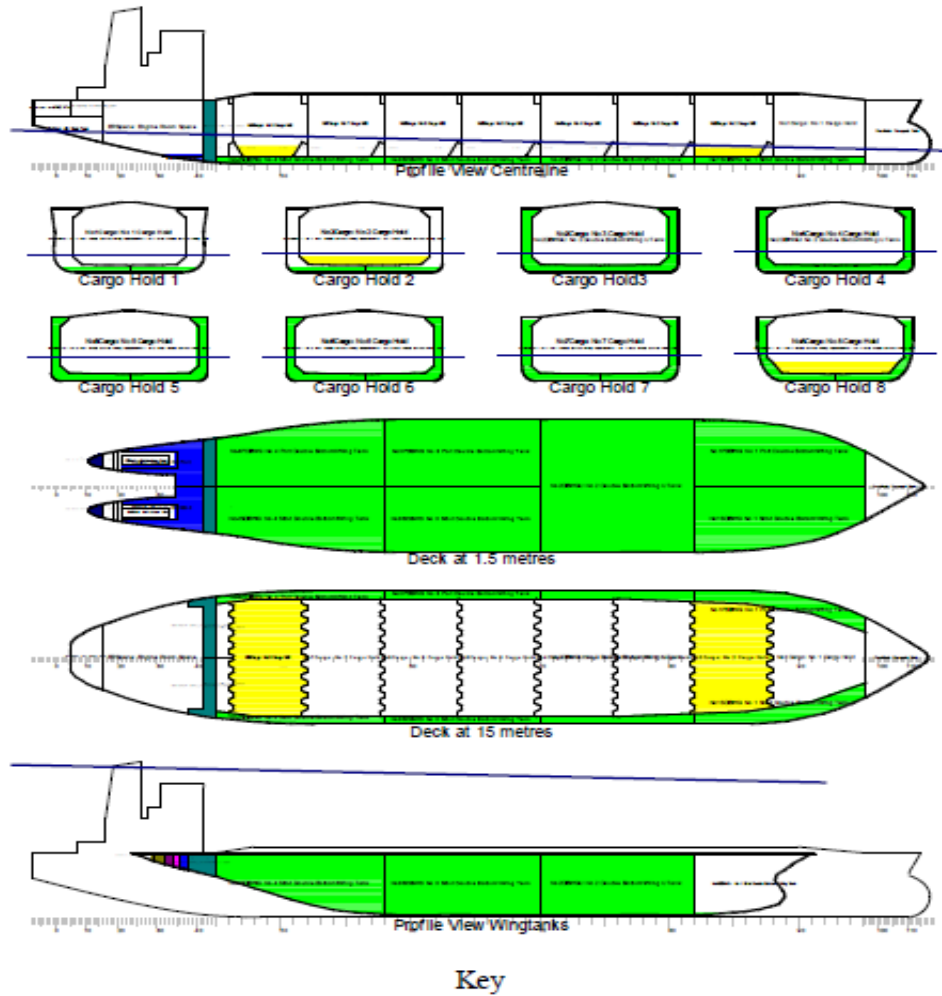
EK A.1



Shearing Force and Bending Moments

<i>Maximum BM</i>			
67.53		265087.1	18.8
<i>Maximum SF</i>			
33.29	8279.8	41.6	

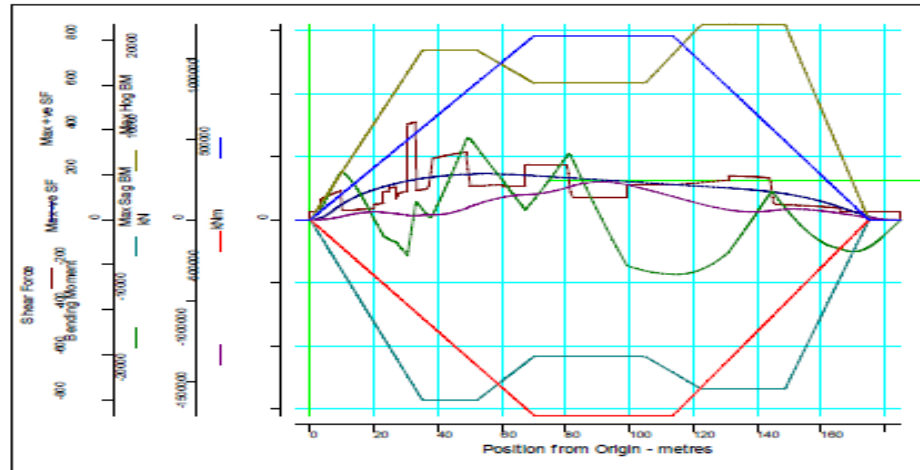
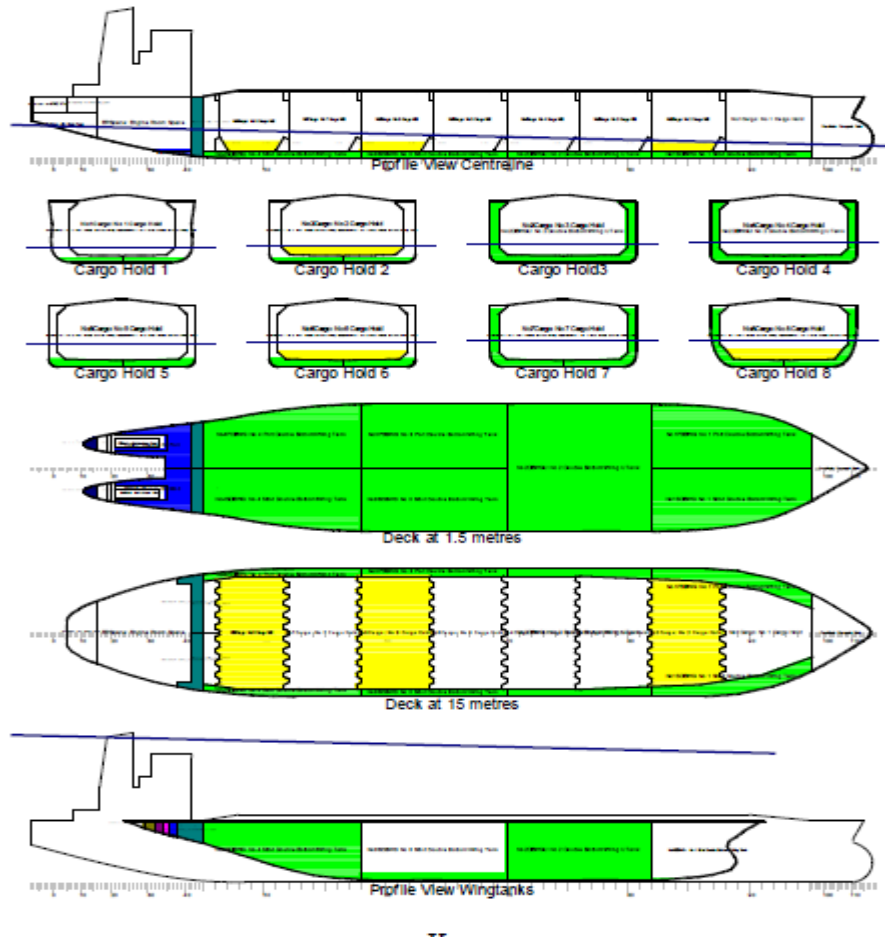
Şekil A.1 : 1. dökme.



Shearing Force and Bending Moments

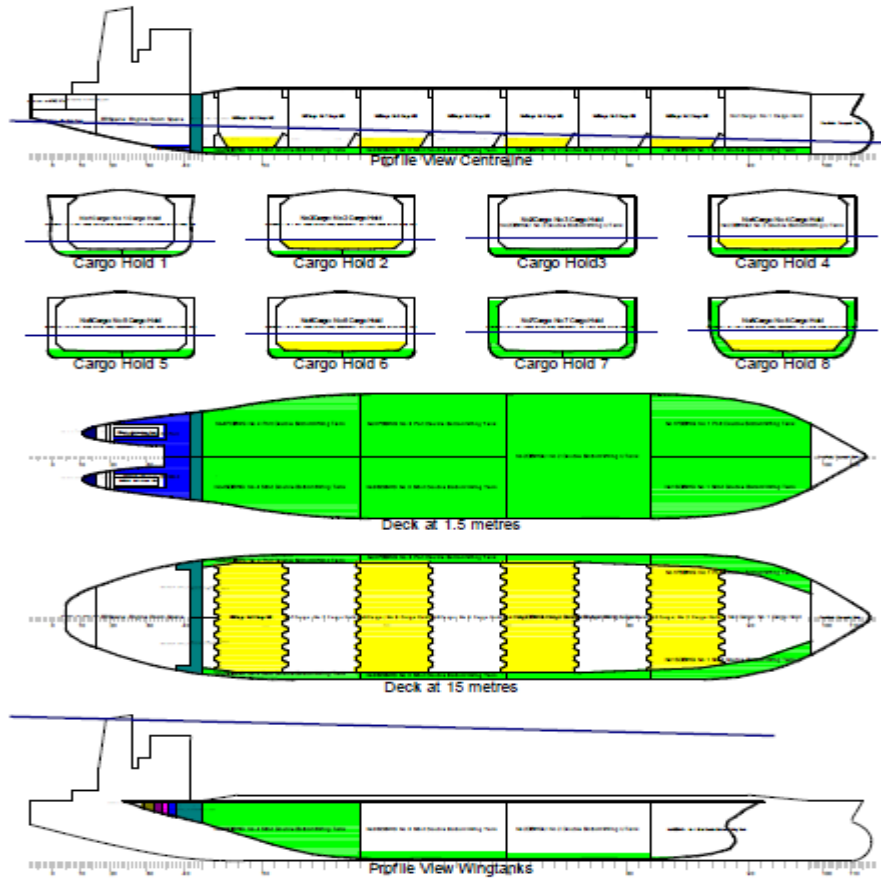
Distance from Origin (m)	Shearing Force (kN)	% of Max allowed	Bending Moment (kNm)	% of Max allowed
Maximum BM				
76.89			293078.3	20.1
Maximum SF				
49.36	11926.9	57.0		

Şekil A.2 : 2. dökme

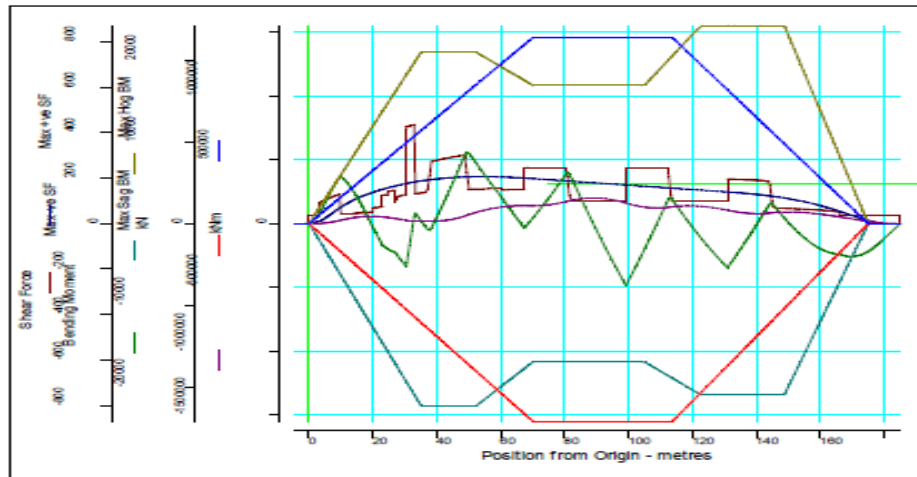


Shearing Force and Bending Moments				
Distance from Origin (m)	Shearing Force (kN)	% of Max allowed	Bending Moment (kNm)	% of Max allowed
<i>Maximum BM</i>				
91.20			302191.2	20.7
<i>Maximum SF</i>				
49.36	10156.7	48.6		

Şekil A.3 : 3. dökme.



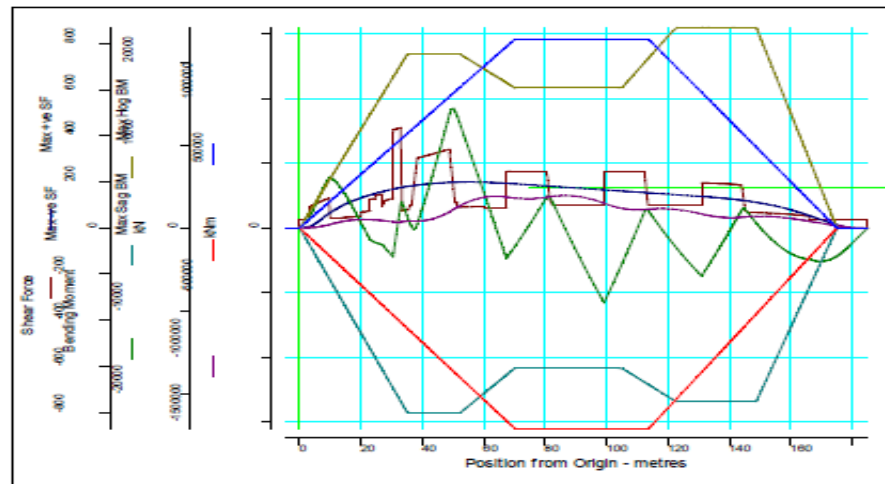
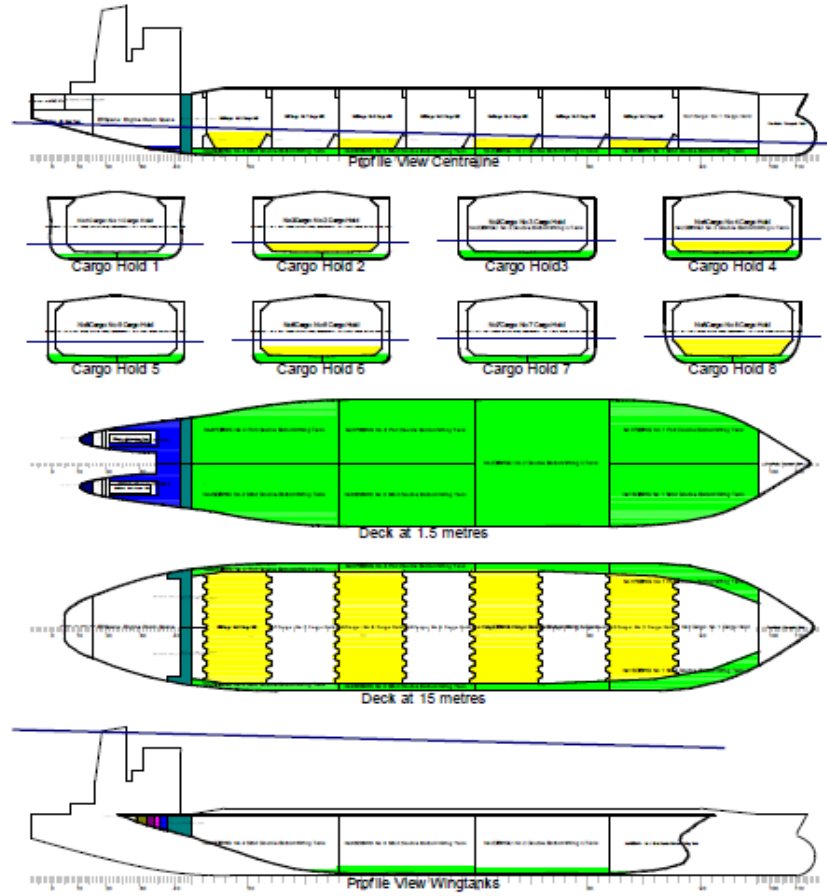
Key



Shearing Force and Bending Moments

Distance from Origin (m)	Shearing Force (kN)	% of Max allowed	Bending Moment (kNm)	% of Max allowed
Maximum BM				
88.55			200673.2	13.8
Maximum SF				
49.36	8727.4	41.7		

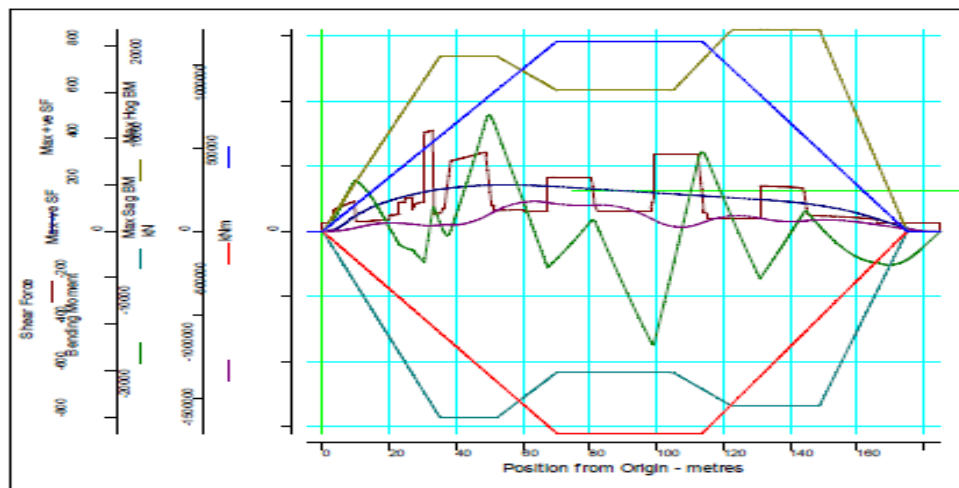
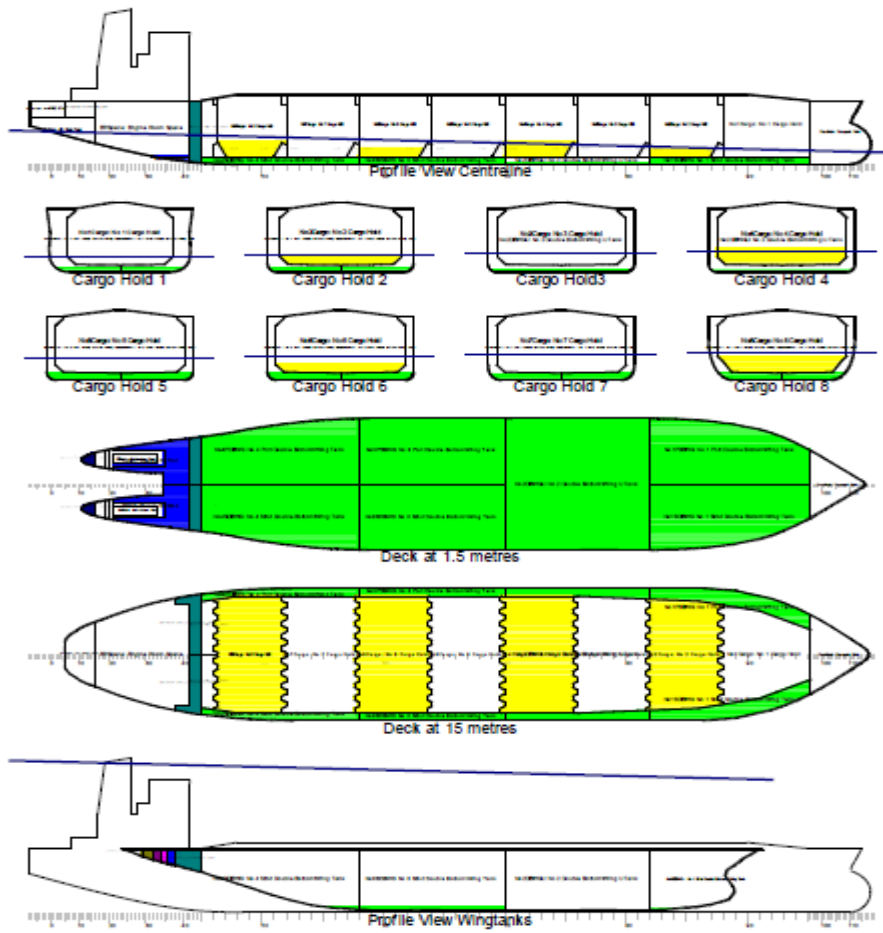
Şekil A.4 : 4. dökme.



Shearing Force and Bending Moments

Distance from Origin (m)	Shearing Force (kN)	% of Max allowed	Bending Moment (kNm)	% of Max allowed
Maximum BM				
86.43			250870.5	17.2
Maximum SF				
50.13	14389.9	68.8		

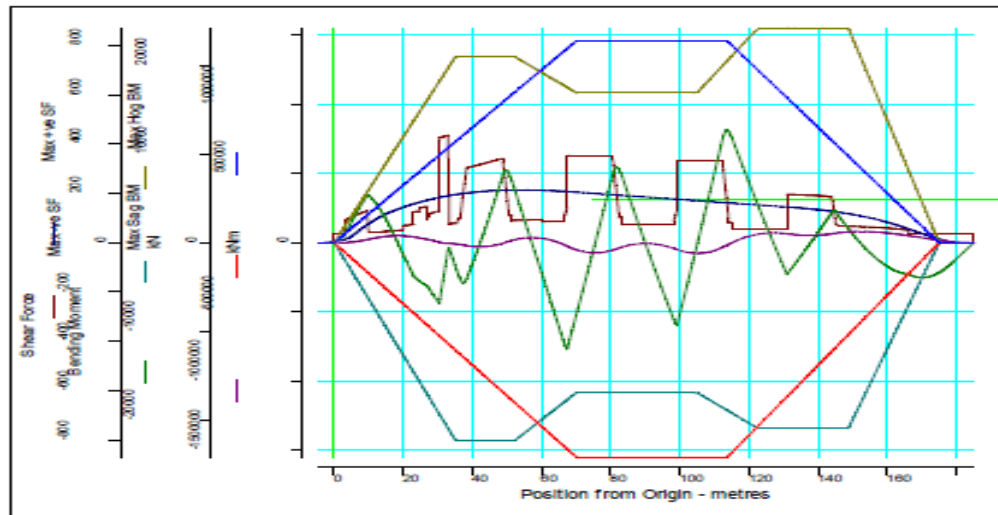
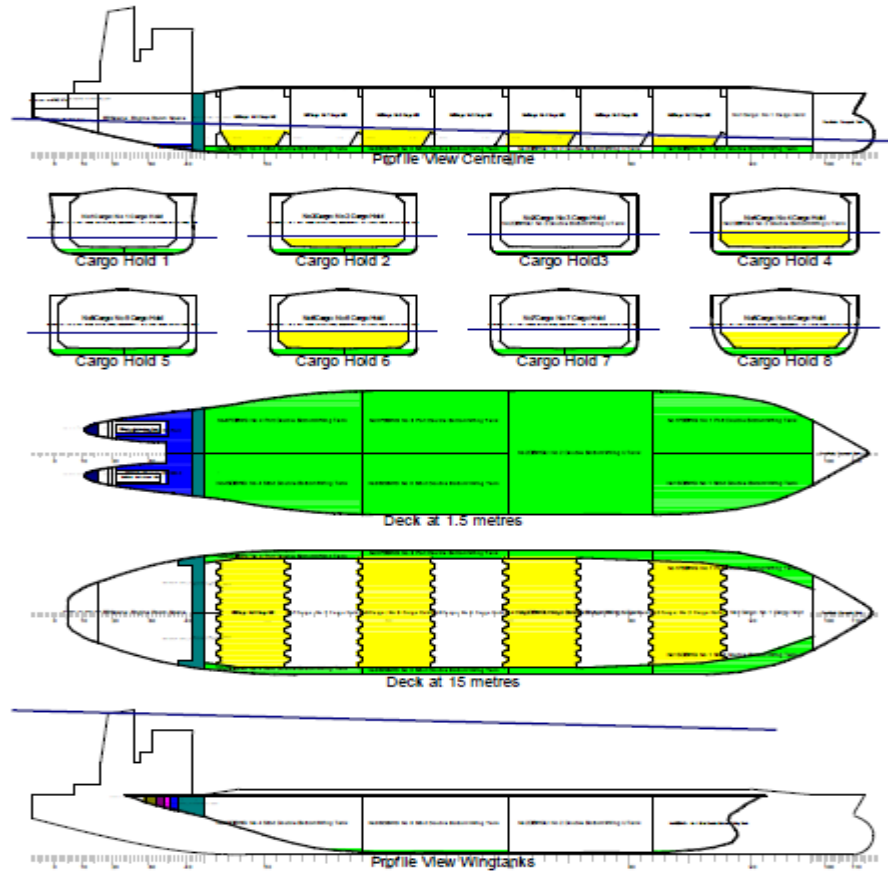
Şekil A.5 : 5. dökme.



Shearing Force and Bending Moments

Distance from Origin (m)	Shearing Force (kN)	% of Max allowed	Bending Moment (kNm)	% of Max allowed
Maximum BM				
63.38			230000.4	17.4
Maximum SF				
50.13	13892.9	66.4		

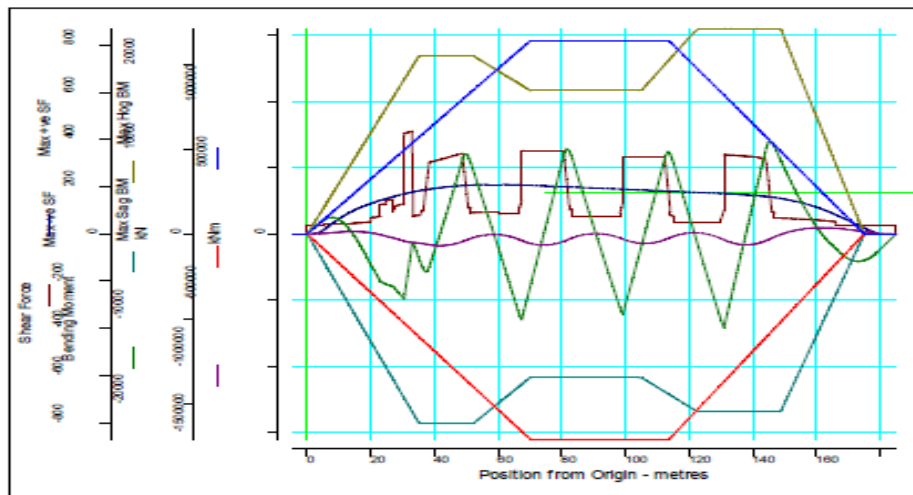
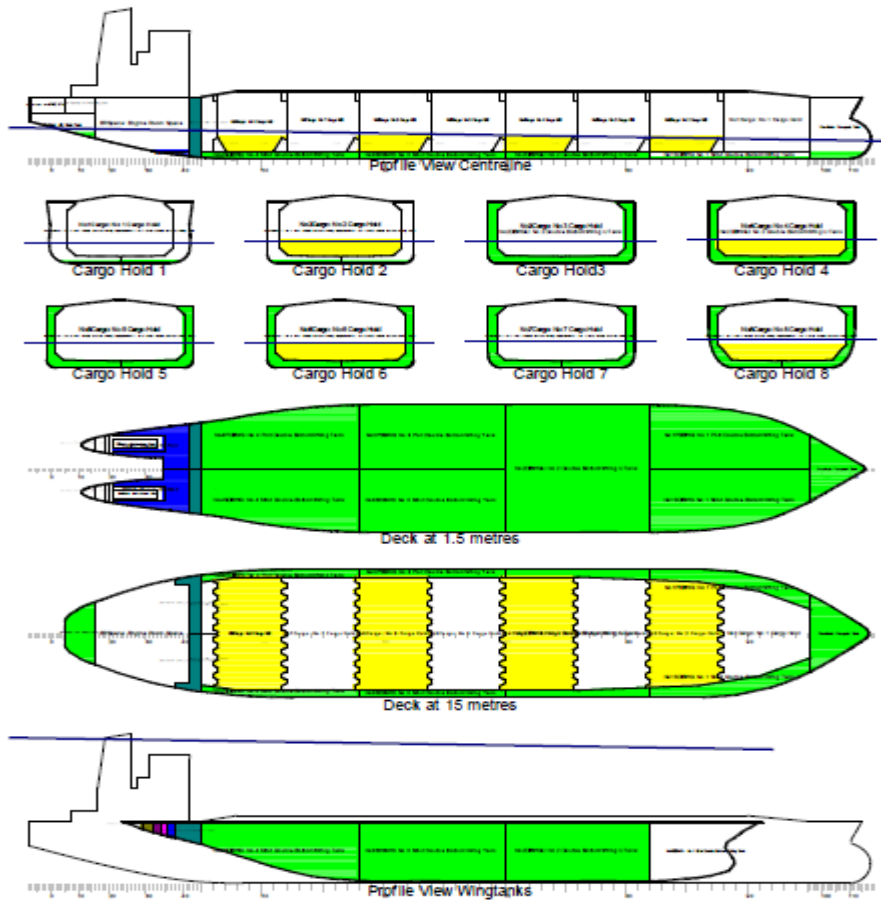
Şekil A.6 : 6. dökme.



Shearing Force and Bending Moments

Distance from Origin (m)	Shearing Force (kN)	% of Max allowed	Bending Moment (kNm)	% of Max allowed
Maximum BM				
152.15			80898.8	14.9
Maximum SF				
113.46	12707.0	62.3		

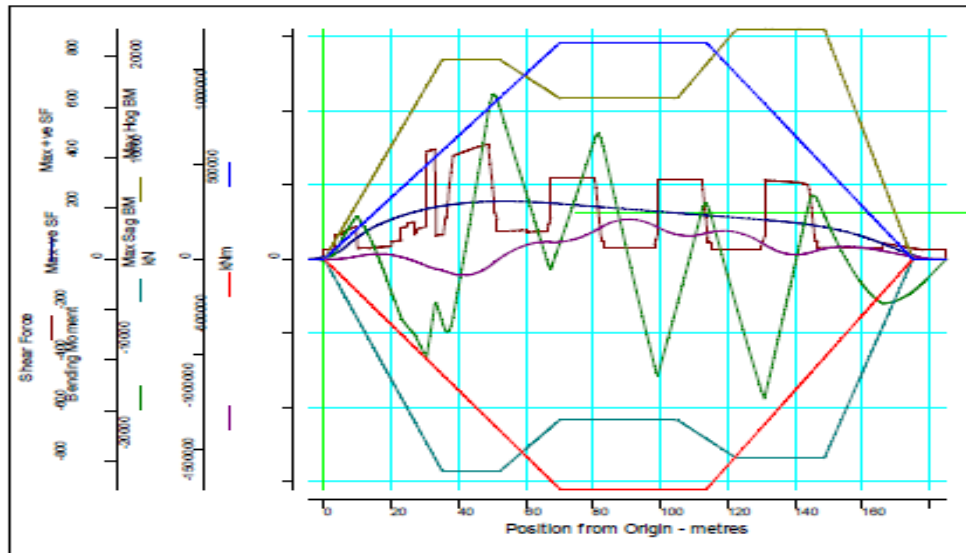
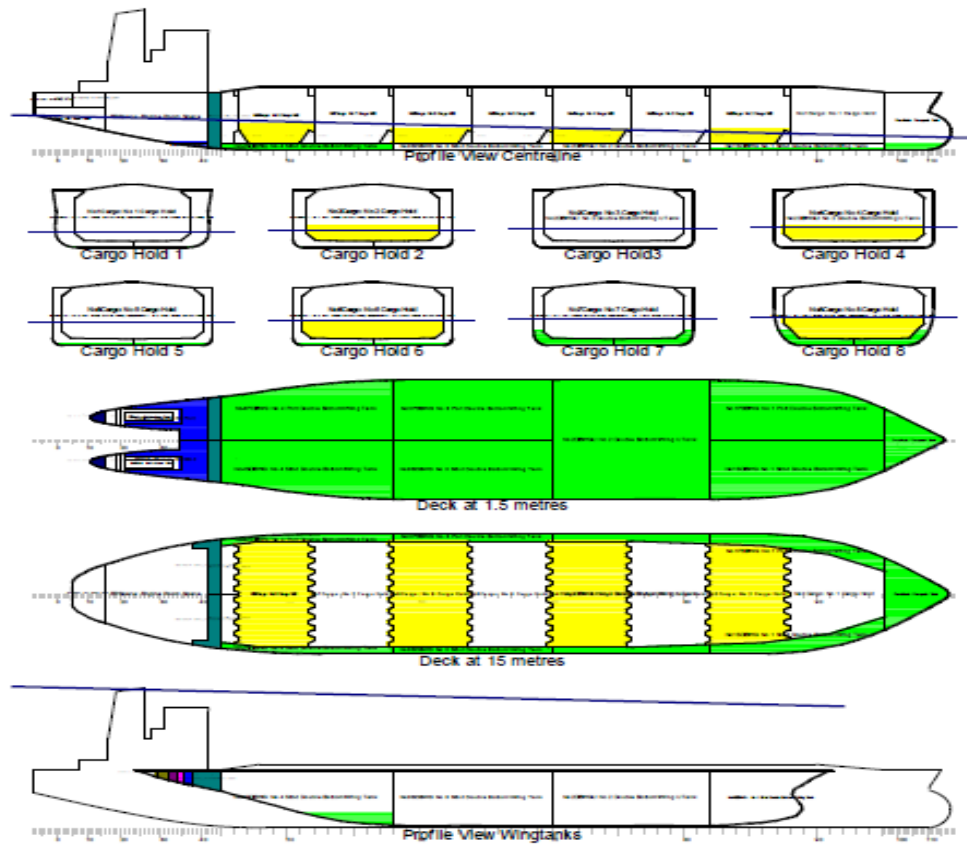
Şekil A.7 : 7. dökme.



Shearing Force and Bending Moments

Distance from Origin (m)	Shearing Force (kN)	% of Max allowed	Bending Moment (kNm)	% of Max allowed
Maximum BM				
41.86			-88096.7	9.5
Maximum SF				
130.95	-11020.7	52.7		

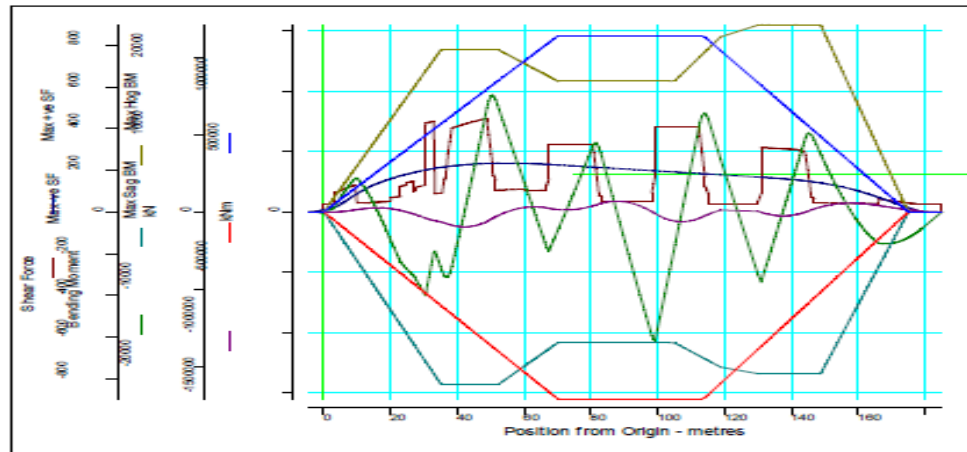
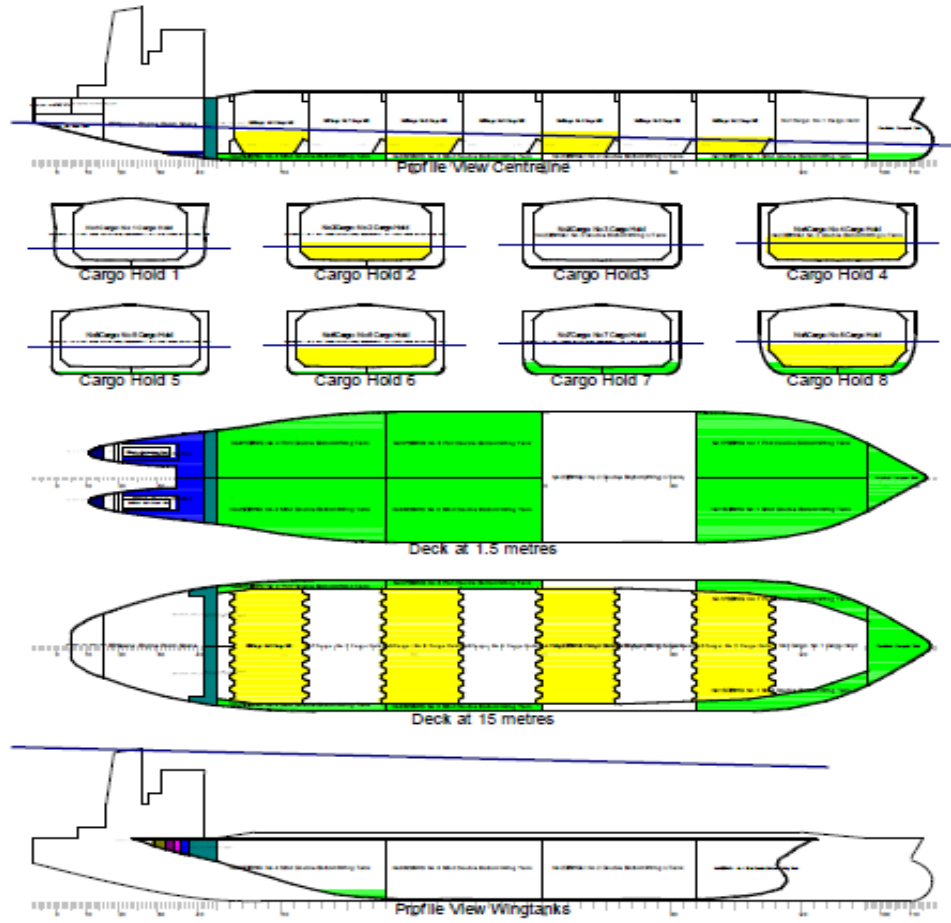
Şekil A.8 : 8. dökme.



Shearing Force and Bending Moments

Distance from Origin (m)	Shearing Force (kN)	% of Max allowed	Bending Moment (kNm)	% of Max allowed
Maximum BM				
91.20			268226.4	18.4
Maximum SF				
50.50	17336.1	82.9		

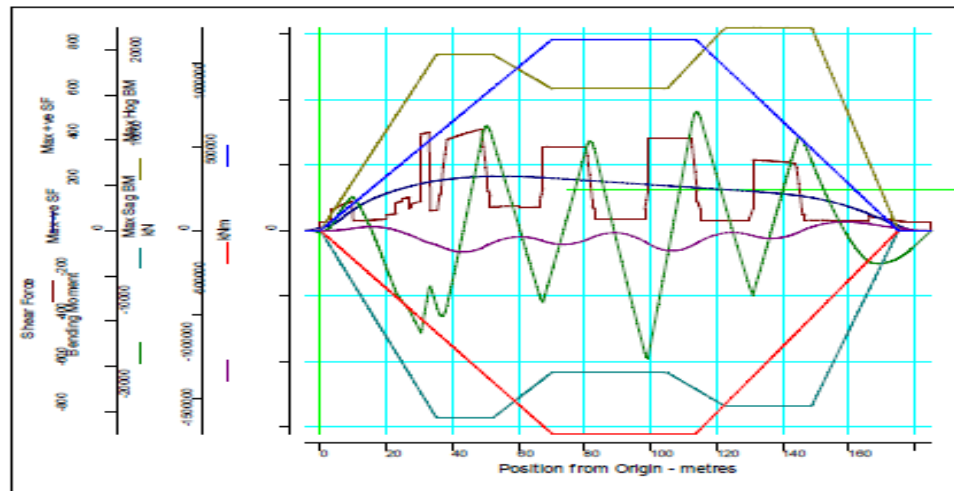
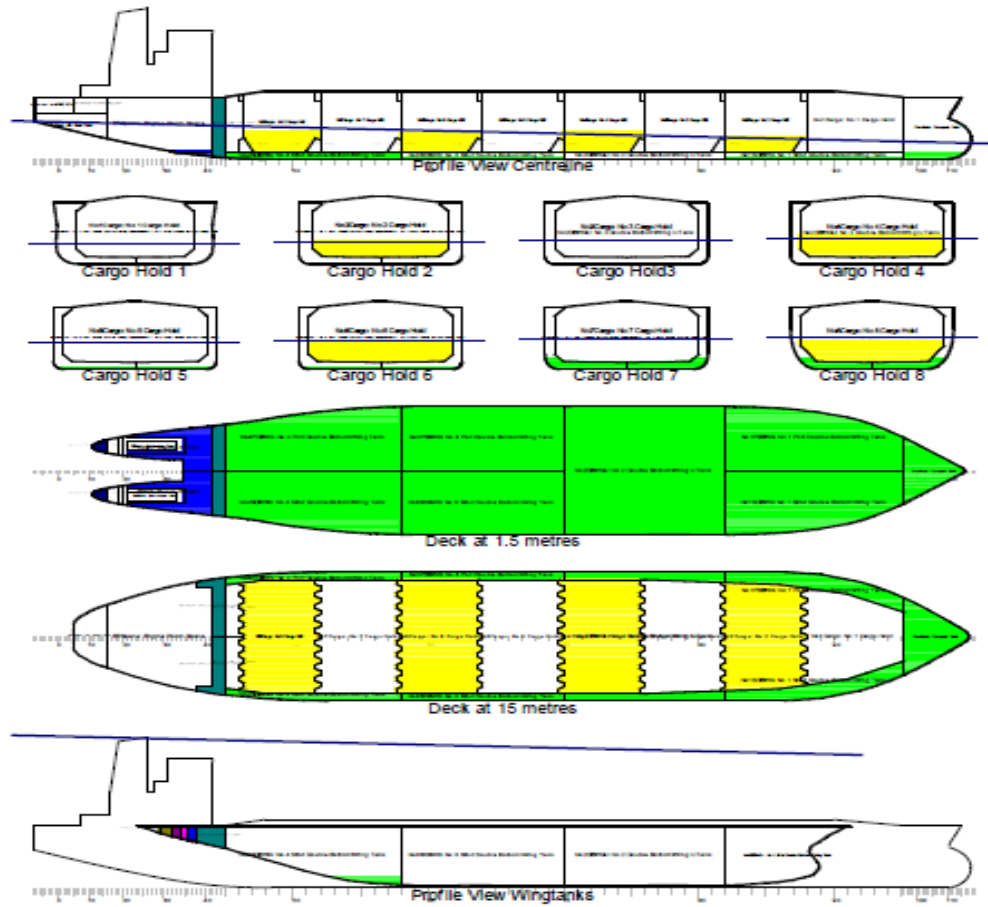
Şekil A.9 : 9. dökme.



Shearing Force and Bending Moments

Distance from Origin (m)	Shearing Force (kN)	% of Max allowed	Bending Moment (kNm)	% of Max allowed
<i>Maximum BM</i>				
42.34			-123658.0	13.2
<i>Maximum SF</i>				
99.15	-16643.5	98.4		

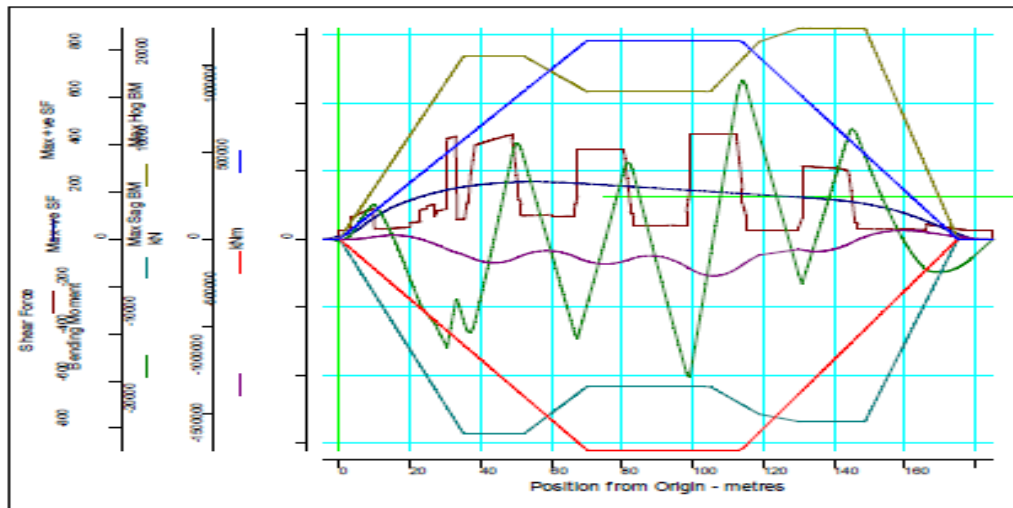
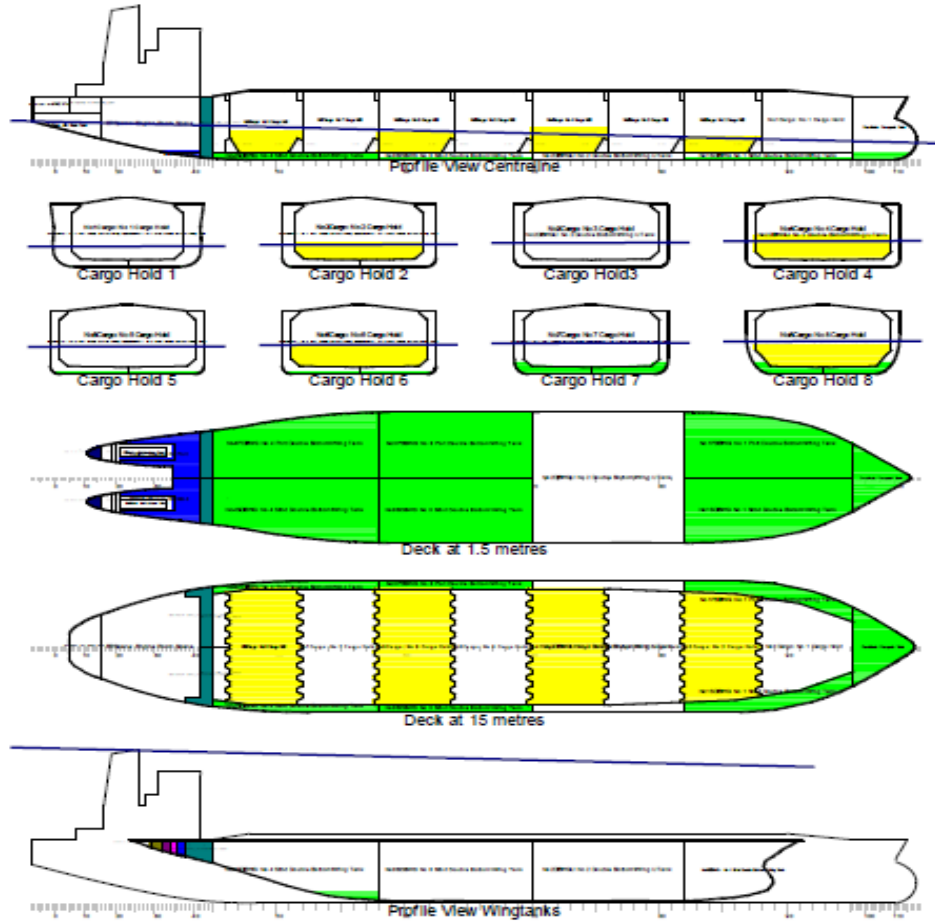
Şekil A.10 : 10. dökme.



Shearing Force and Bending Moments

Distance from Origin (m)	Shearing Force (kN)	% of Max allowed	Bending Moment (kNm)	% of Max allowed
Maximum BM				
43.24			-163706.4	17.1
Maximum SF				
99.15	-15236.8	90.1		

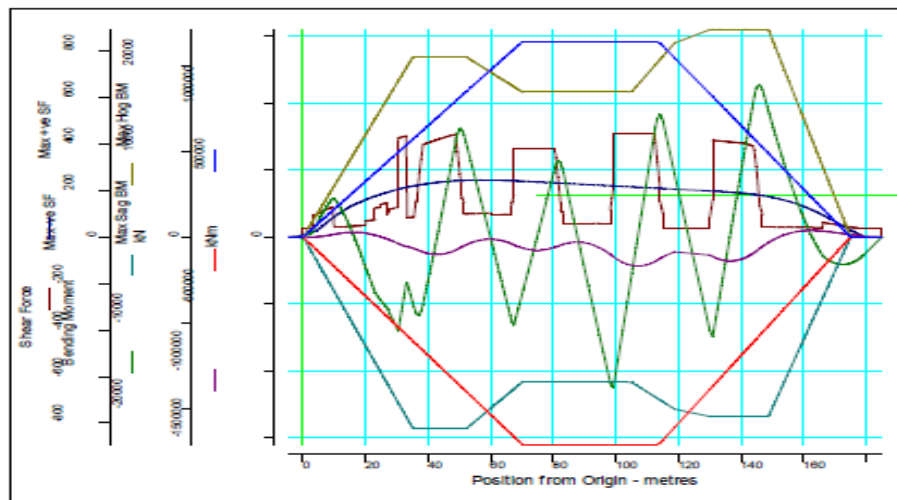
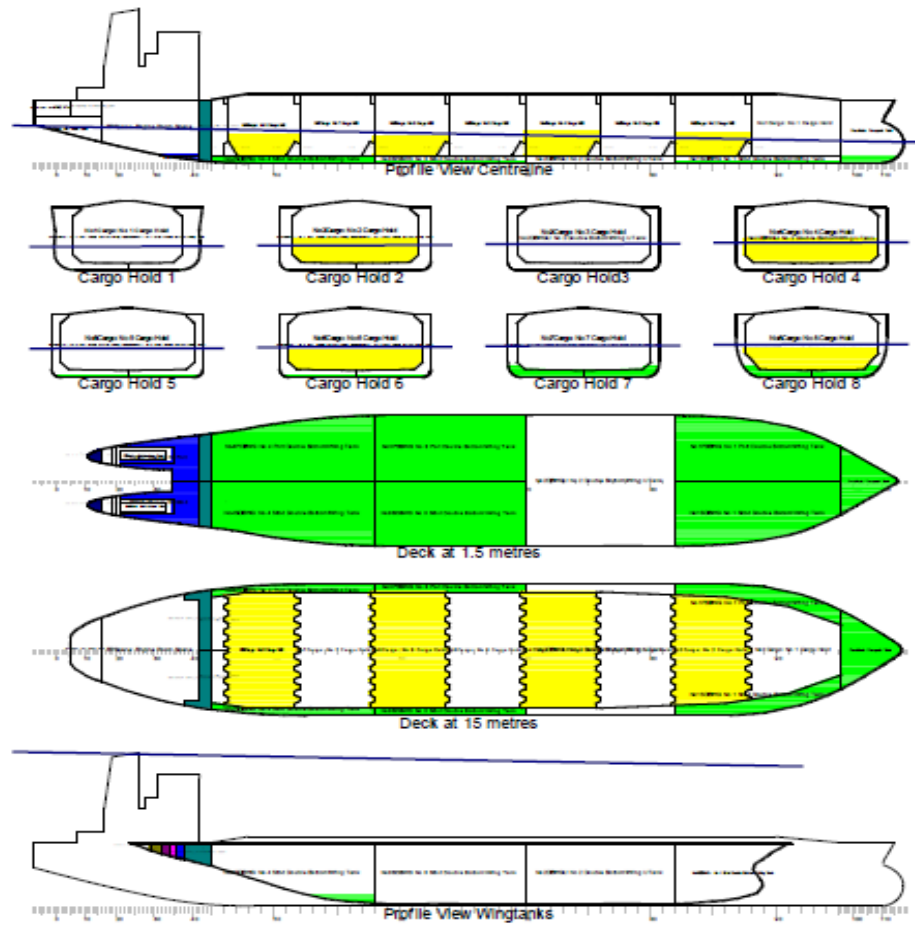
Şekil A.11 : 11. dökme.



Shearing Force and Bending Moments

Distance from Origin (m)	Shearing Force (kN)	% of Max allowed	Bending Moment (kNm)	% of Max allowed
Maximum BM				
106.20			-270148.9	17.4
Maximum SF				
114.10	18208.6	88.1		

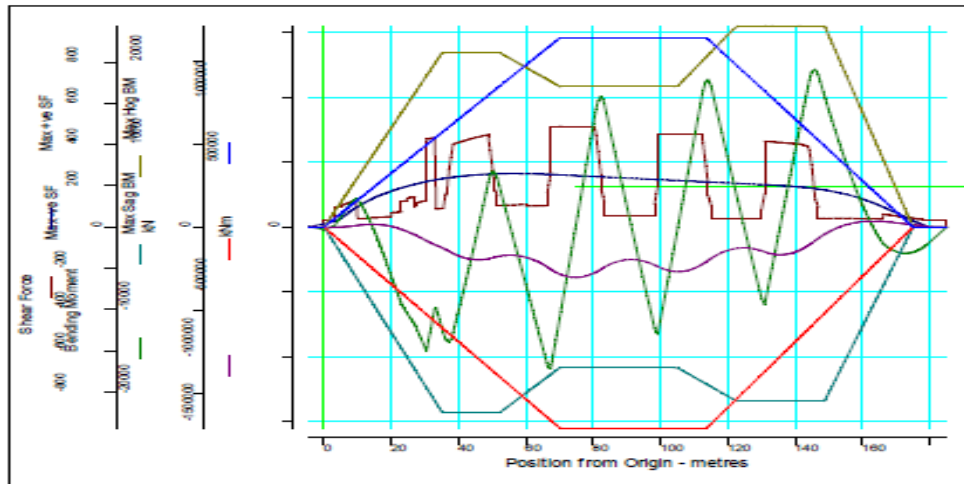
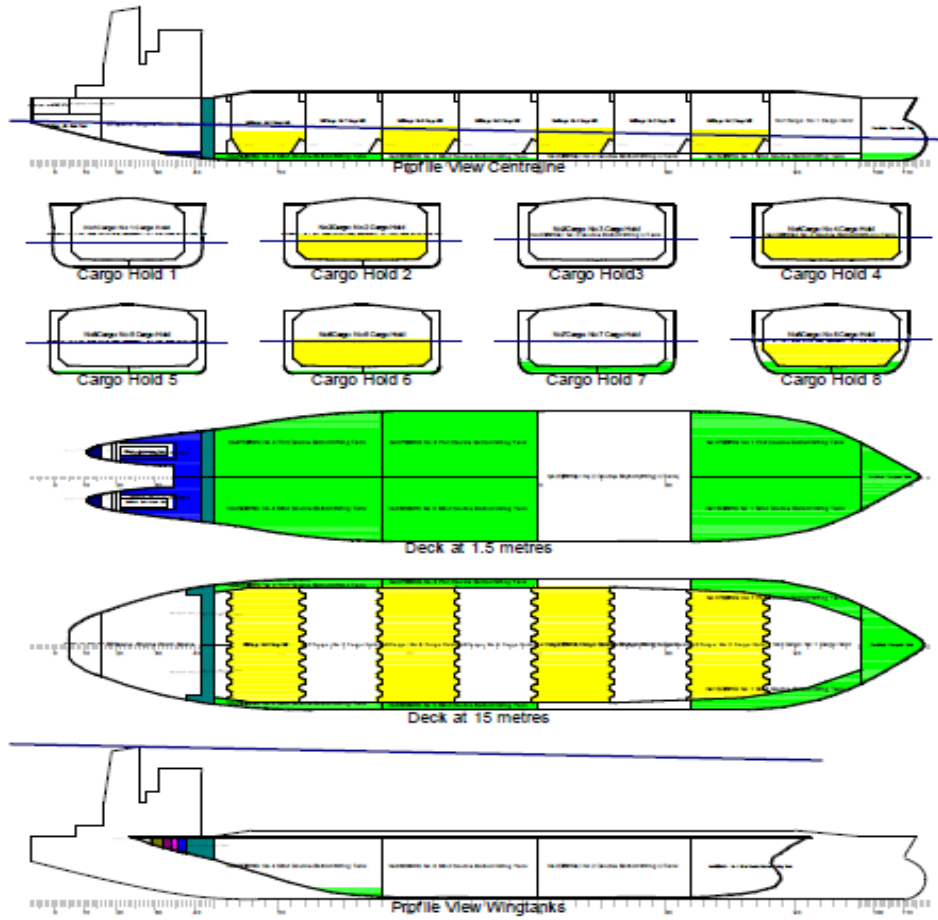
Şekil A.12 : 12. dökme.



Shearing Force and Bending Moments

Distance from Origin (m)	Shearing Force (kN)	% of Max allowed	Bending Moment (kNm)	% of Max allowed
Maximum BM				
106.63			-216766.1	14.0
Maximum SF				
145.97	17730.9	73.4		

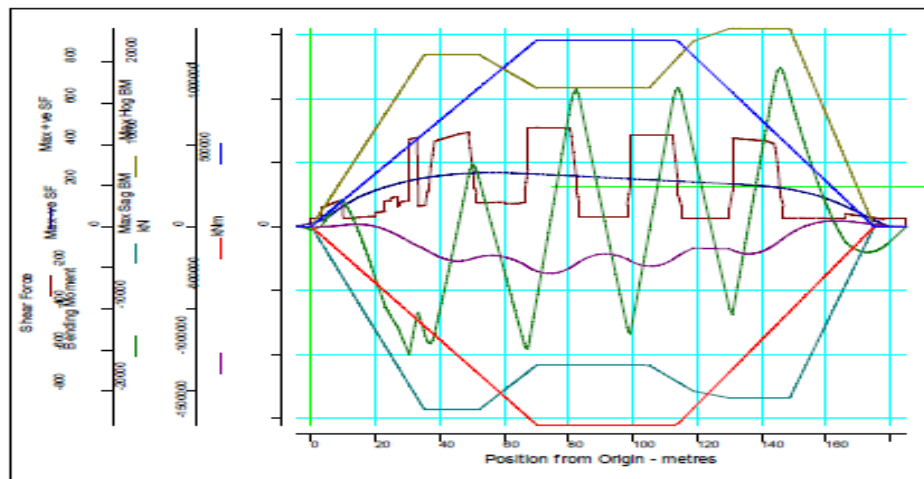
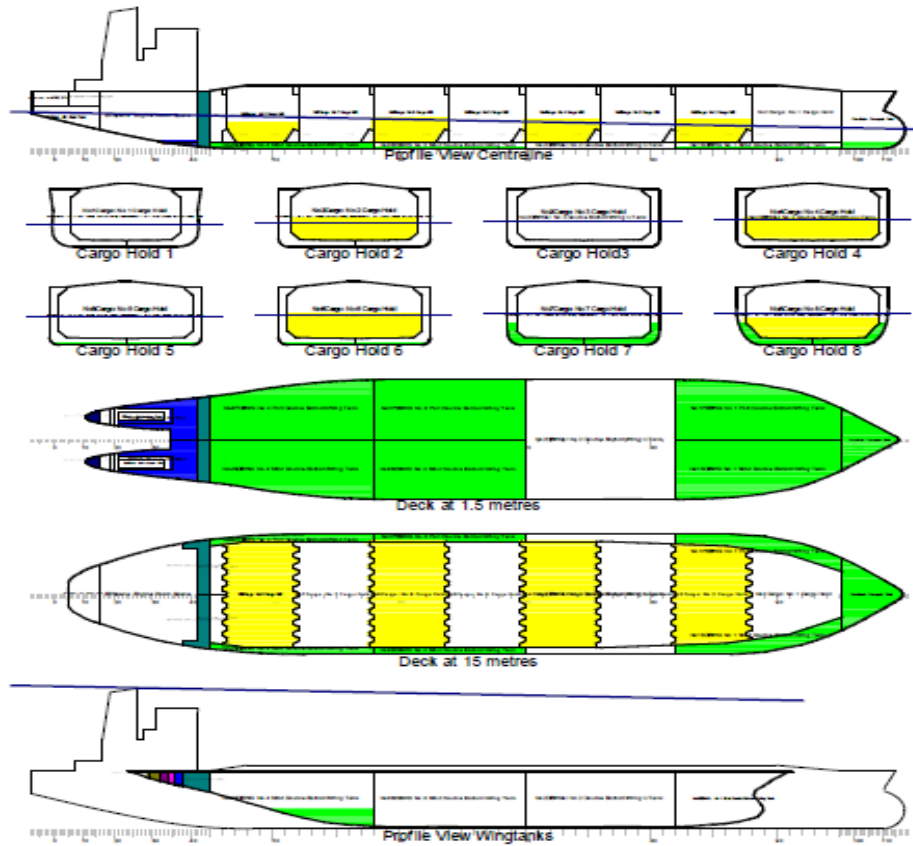
Şekil A.13 : 13. dökme.



Shearing Force and Bending Moments

Distance from Origin (m)	Shearing Force (kN)	% of Max allowed	Bending Moment (kNm)	% of Max allowed
<i>Maximum BM</i>				
74.82			-389264.3	25.1
<i>Maximum SF</i>				
145.97	18929.8	78.4		

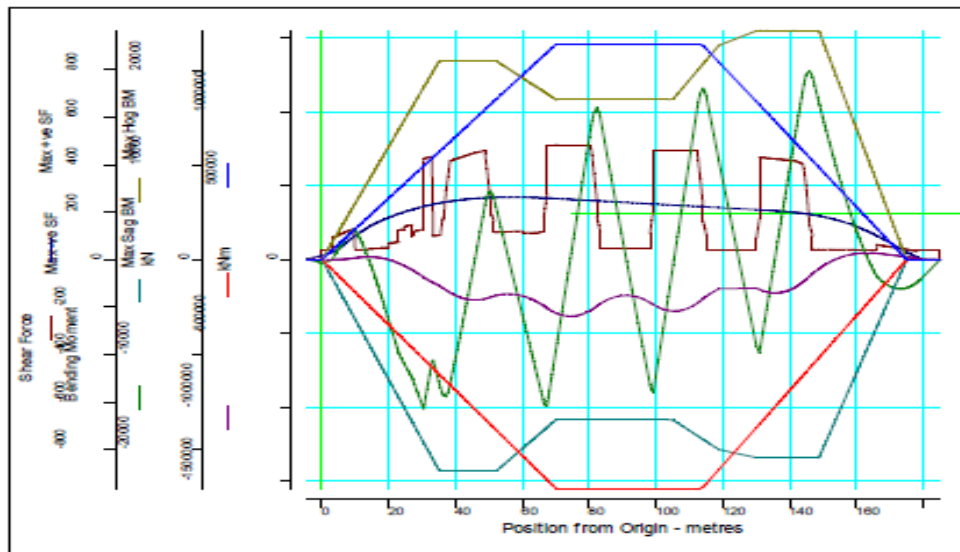
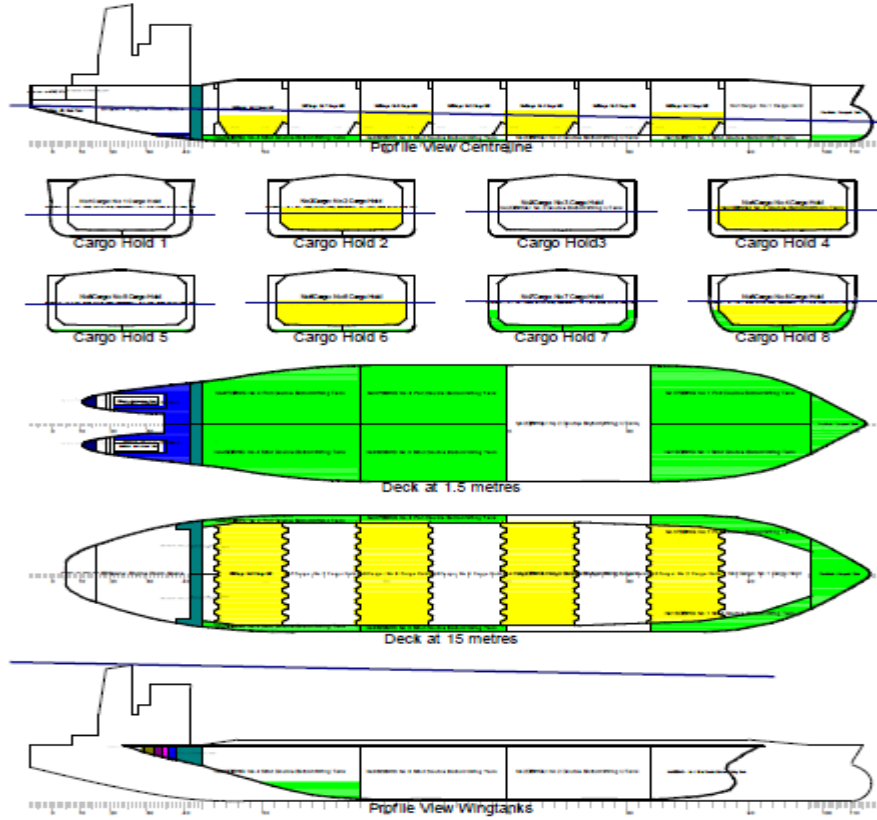
Şekil A.1.14 : 14. dökme.



Shearing Force and Bending Moments

Distance from Origin (m)	Shearing Force (kN)	% of Max allowed	Bending Moment (kNm)	% of Max allowed
Maximum BM				
74.40			-366714.6	23.7
Maximum SF				
145.97	19327.9	80.0		

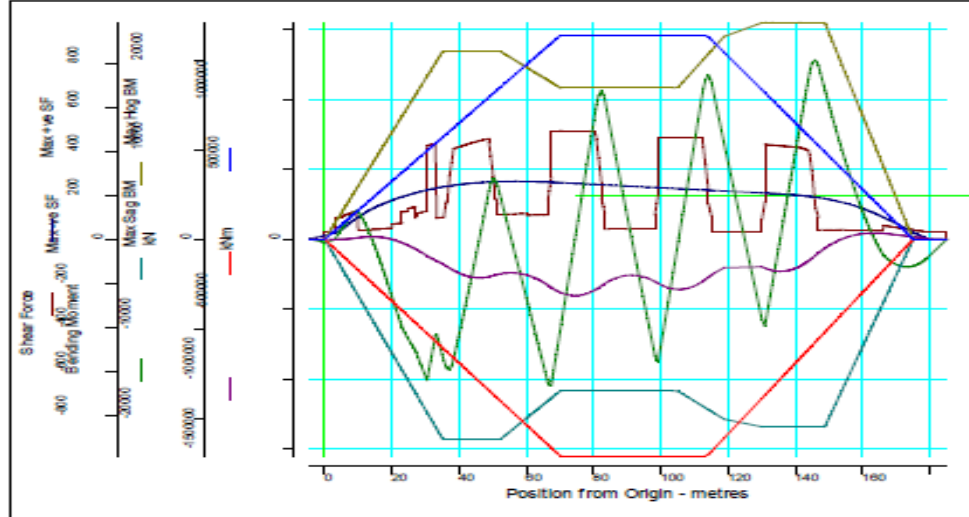
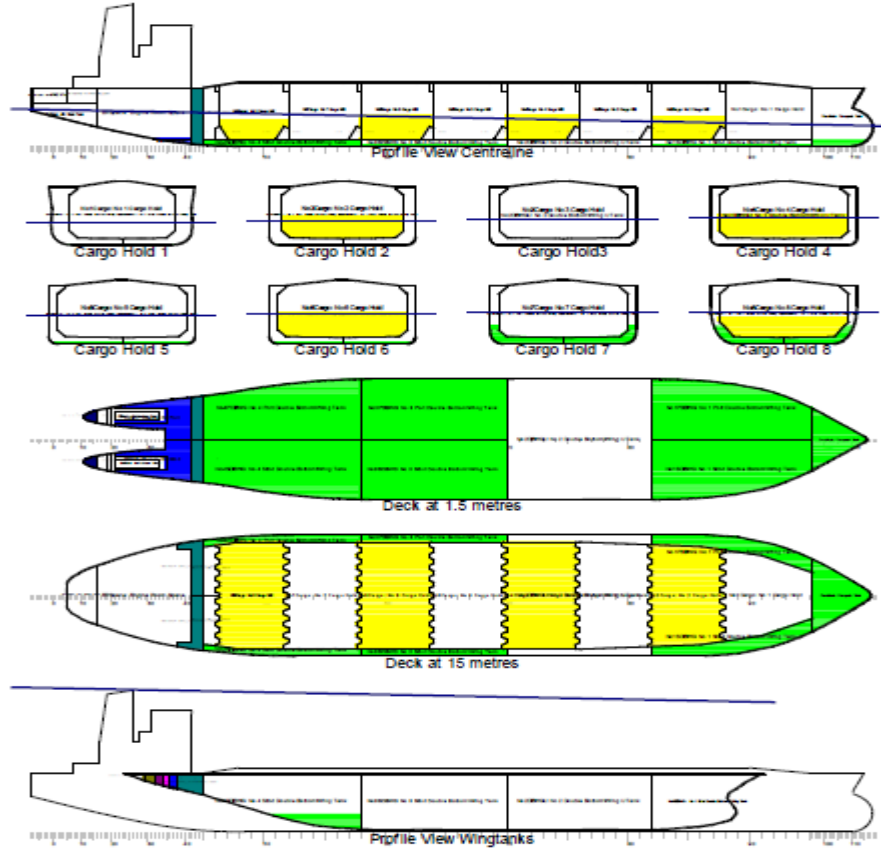
Şekil A.15 : 15. dökme.



Shearing Force and Bending Moments

Distance from Origin (m)	Shearing Force (kN)	% of Max allowed	Bending Moment (kNm)	% of Max allowed
<i>Maximum BM</i>				
74.40			-383819.1	24.8
<i>Maximum SF</i>				
145.97	19866.9	82.2		

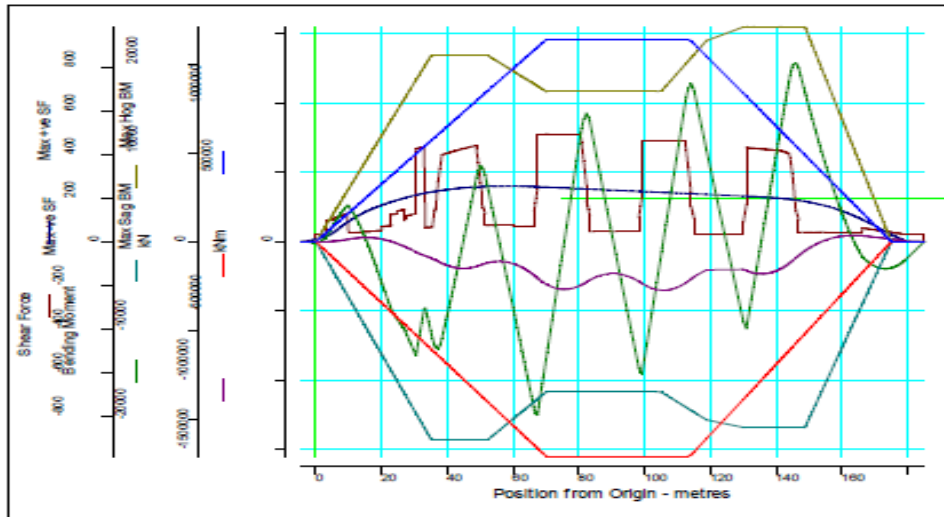
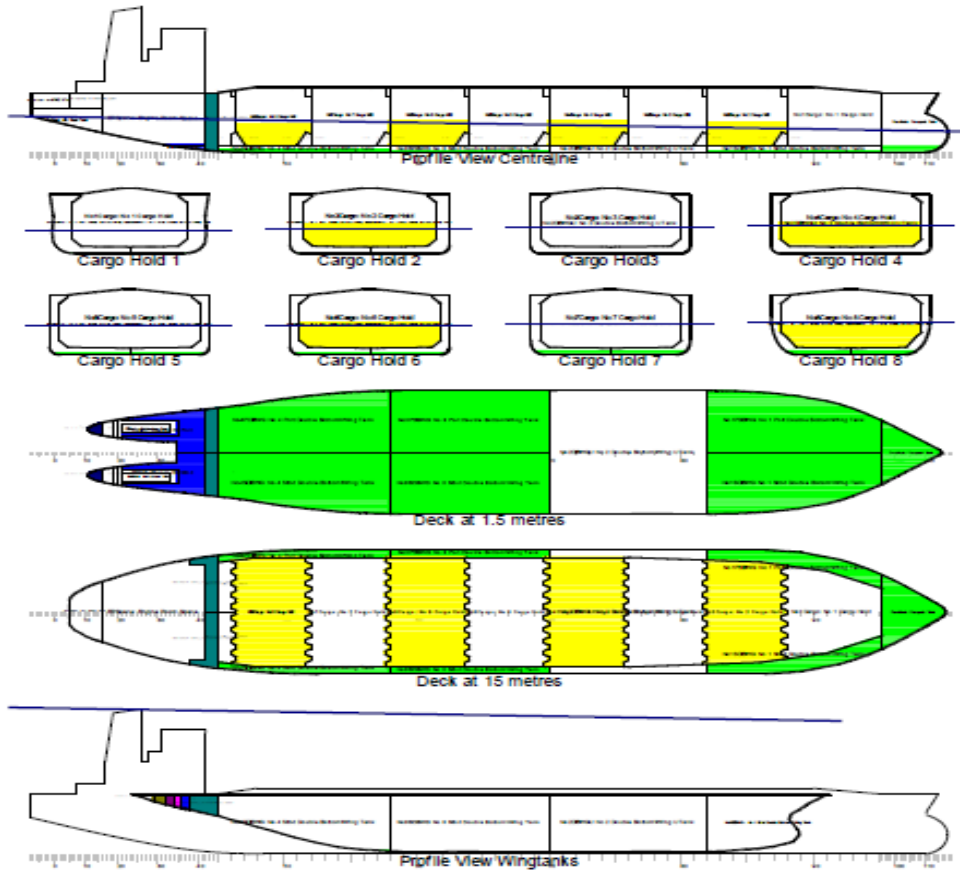
Şekil A.16 : 16. dökme.



Shearing Force and Bending Moments

Distance from Origin (m)	Shearing Force (kN)	% of Max allowed	Bending Moment (kNm)	% of Max allowed
<i>Maximum BM</i>				
74.40			-403090.9	26.0
<i>Maximum SF</i>				
145.97	19981.4	82.7		

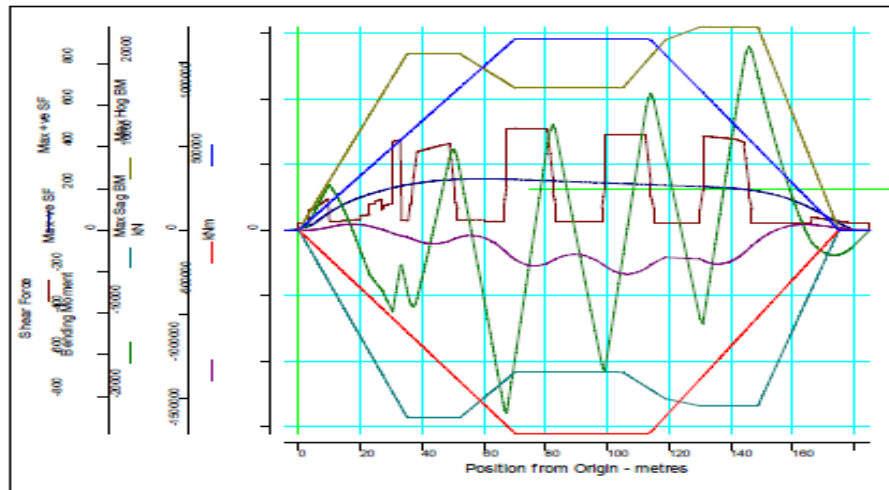
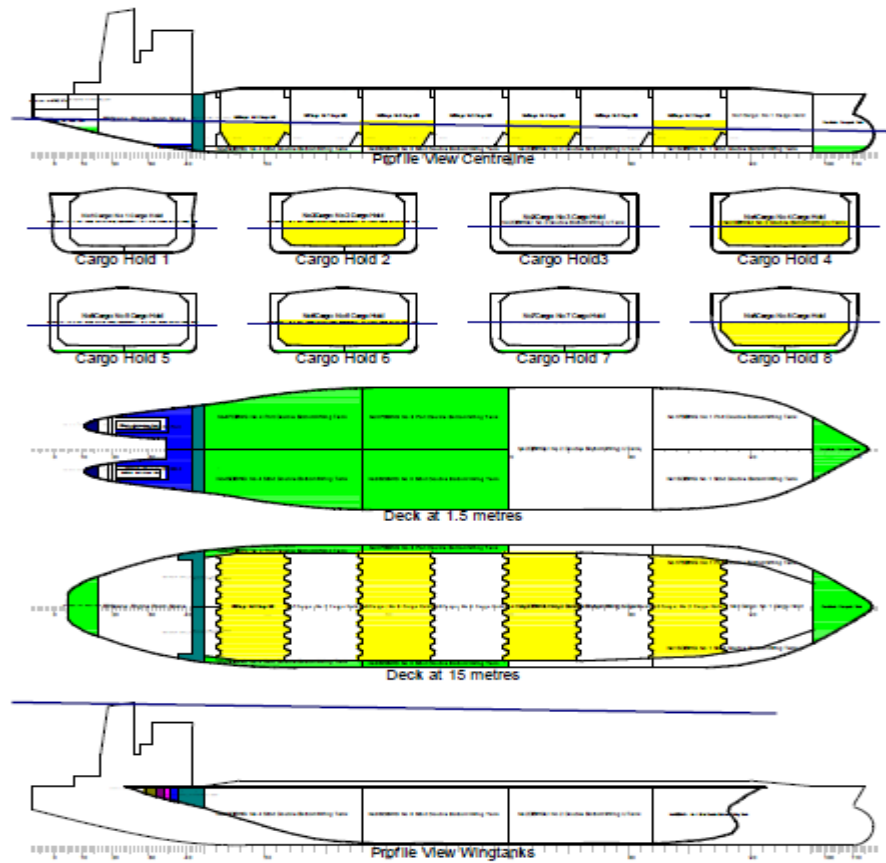
Şekil A.17 : 17. dökme.



Shearing Force and Bending Moments

Distance from Origin (m)	Shearing Force (kN)	% of Max allowed	Bending Moment (kNm)	% of Max allowed
Maximum BM				
105.33			-350850.2	22.6
Maximum SF				
145.97	20098.9	83.2		

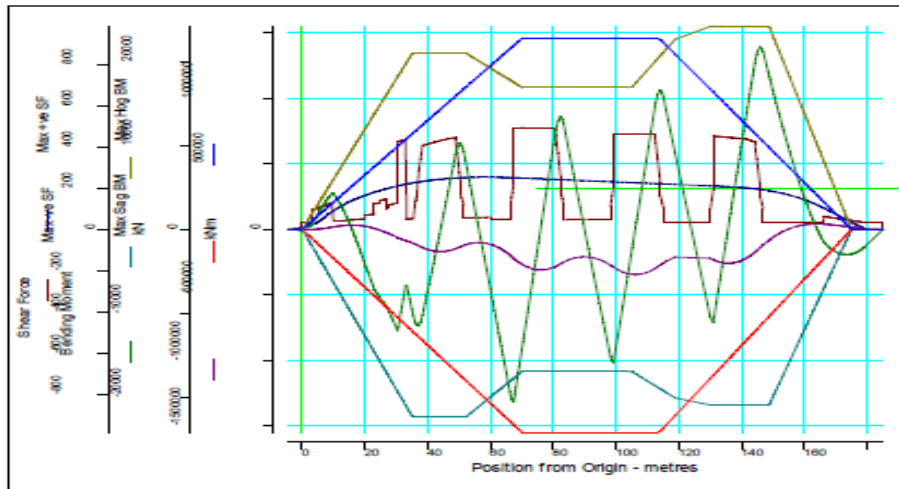
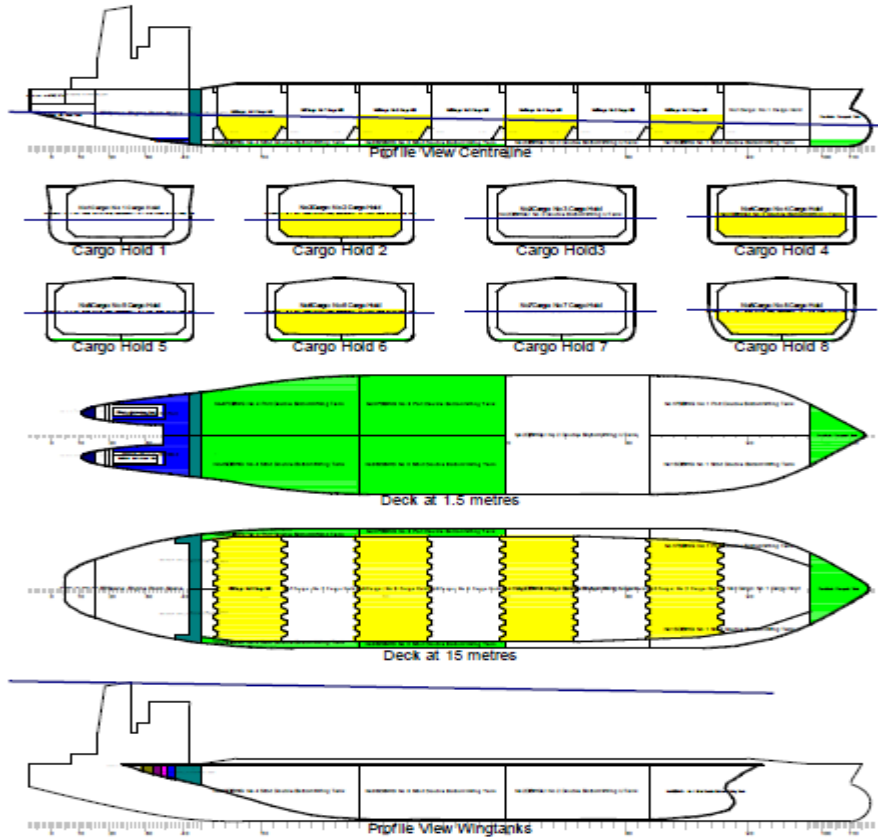
Şekil A.18 : 18. dökme.



Shearing Force and Bending Moments

Distance from Origin (m)	Shearing Force (kN)	% of Max allowed	Bending Moment (kNm)	% of Max allowed
<i>Maximum BM</i>				
106.44			-334408.3	21.6
<i>Maximum SF</i>				
145.90	21791.8	90.2		

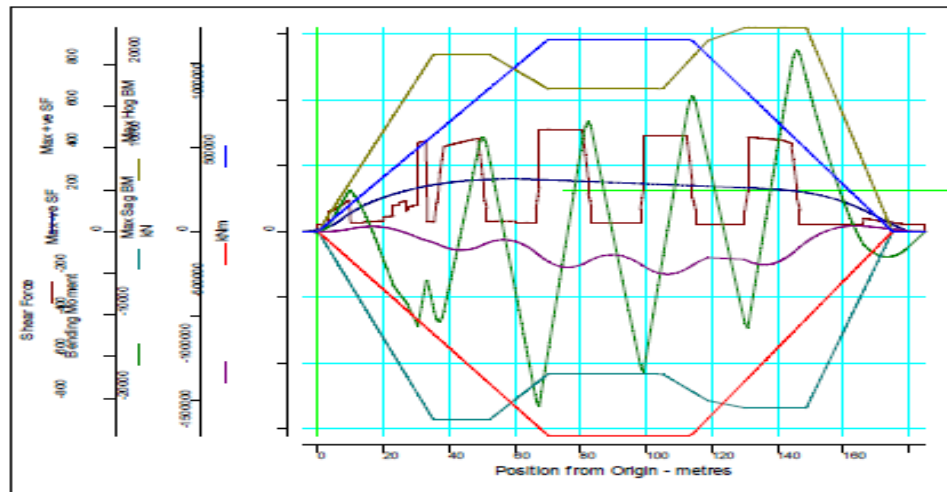
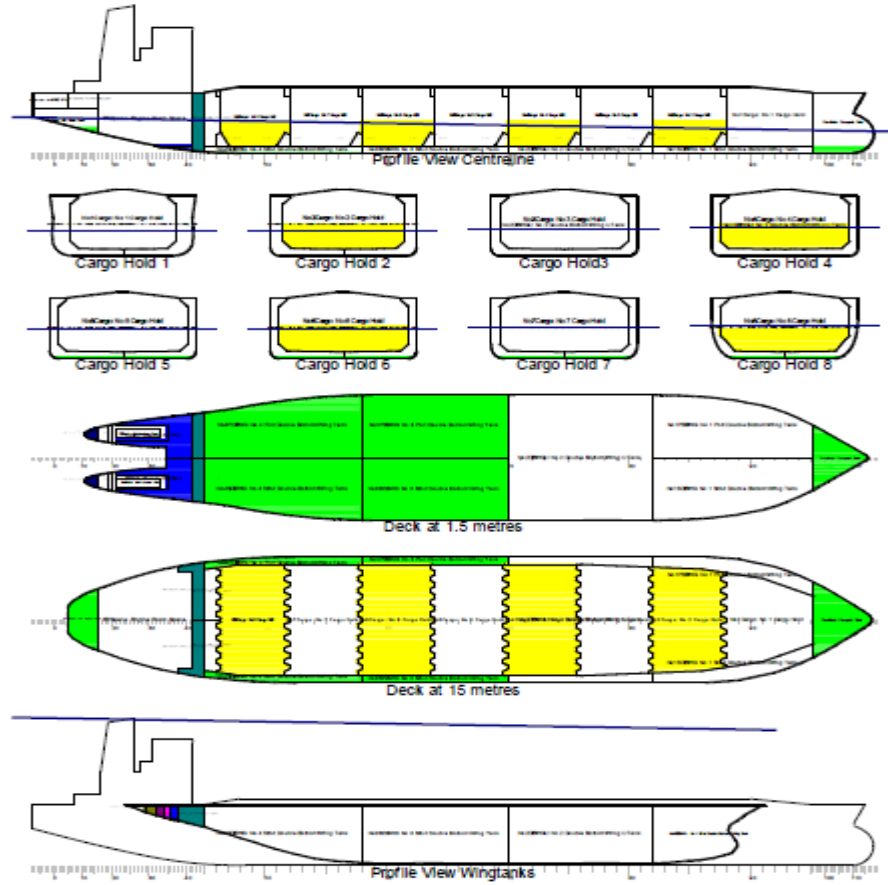
Şekil A.19 : 19. dökme.



Shearing Force and Bending Moments

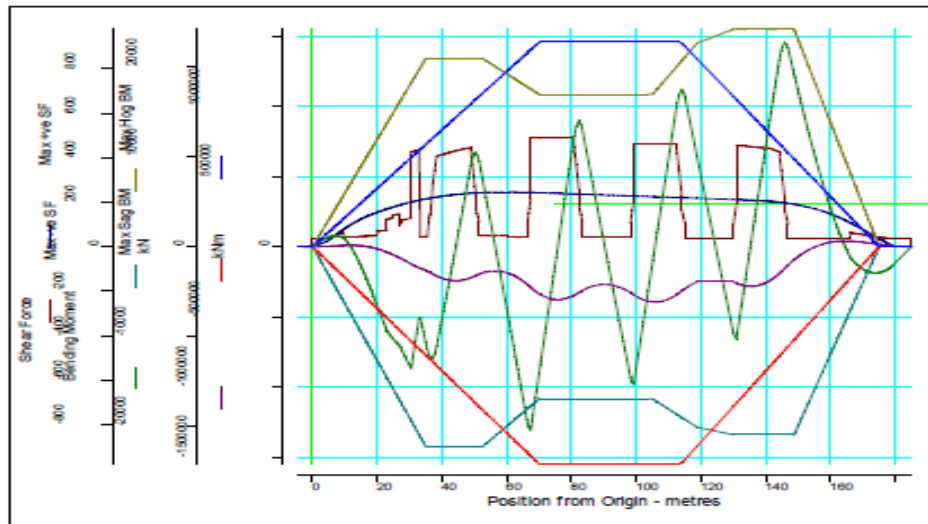
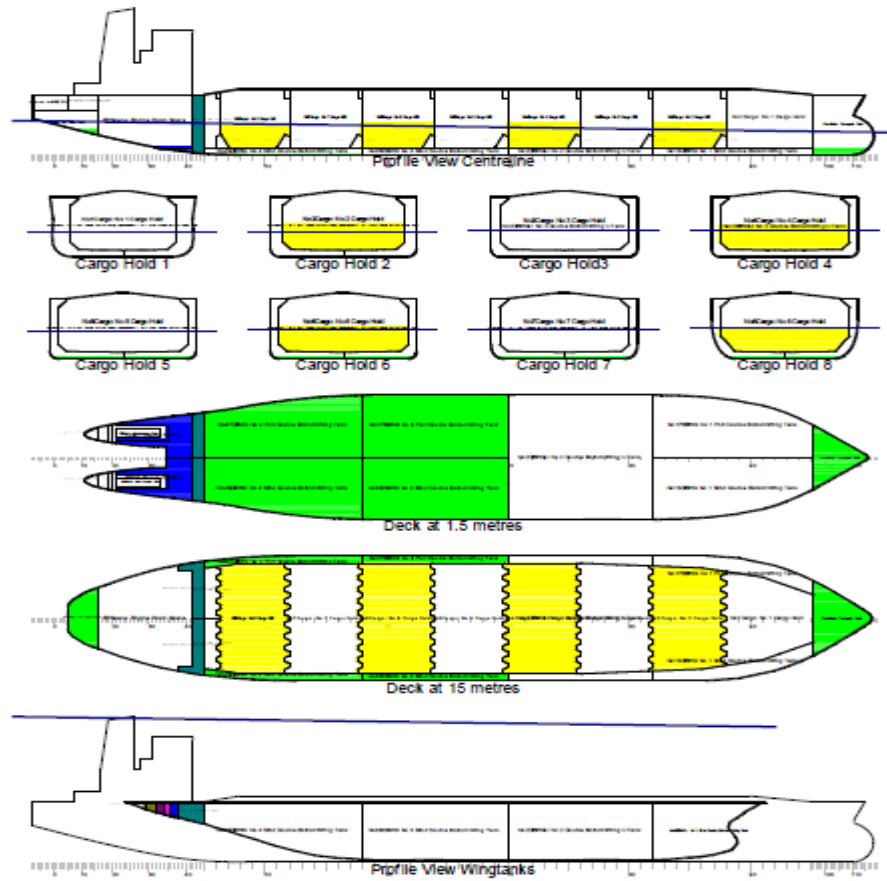
Distance from Origin (m)	Shearing Force (kN)	% of Max allowed	Bending Moment (kNm)	% of Max allowed
<i>Maximum BM</i>				
106.20			-344488.7	22.2
<i>Maximum SF</i>				
145.90	21733.6	90.0		

Şekil A.20 : 20. dökme.



Distance from Origin (m)	Shearing Force (kN)	% of Max allowed	Bending Moment (kNm)	% of Max allowed
Maximum BM				
106.44			-323769.7	20.9
Maximum SF				
145.90	21518.3	89.1		

Şekil A.21 : 21. dökme.



Shearing Force and Bending Moments

Distance from Origin (m)	Shearing Force (kN)	% of Max allowed	Bending Moment (kNm)	% of Max allowed
Maximum BM				
106.20			-393855.6	25.4
Maximum SF				
145.90	22704.1	94.0		

Şekil A.22 : 22. dökme.

ÖZ GEÇMİŞ



Ad Soyad: Özlem AKKUŞ

Doğum Yeri ve Tarihi: Tokat/24.01.1986

Lisans Üniversitesi: İstanbul Teknik Üniversitesi, Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri
Fakültesi, 2008

