

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**RO-RO YOLCU GEMİLERİNDE ÖZEL KURALLAR
(STOCKHOLM ANLAŞMASI)**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Müh. Neslihan ÇELEBİ

Anabilim Dalı : Gemi İnşaatı Mühendisliği

Programı : Gemi İnşaat Mühendisliği

EYLÜL 2009

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**RO-RO YOLCU GEMİLERİNDE ÖZEL KURALLAR
(STOCKHOLM ANLAŞMASI)**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Müh. Neslihan ÇELEBİ
508051010**

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 07 Eylül 2009

Tezin Savunulduğu Tarih : 11 Eylül 2009

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Metin TAYLAN (İTÜ)
Diğer Jüri Üyeleri : Prof. Dr. Alim YILDIZ (İTÜ)
Doç. Dr. İsmail H. HELVACIOĞLU (İTÜ)**

EYLÜL 2009

ÖNSÖZ

Bu çalışmamda, bana değerli zamanını ayıran, bilgi, tecrübe ve anlayışıyla destek olan danışmanım Sayın Prof. Dr. Metin TAYLAN'a şükranlarımı arz ederim.

Ayrıca, her konuda en büyük desteğim olan sevgili eşim Müh. M. Tolga ATALAY'a ve aileme en içten sevgi ve teşekkürlerimi sunarım.

Eylül 2009

Neslihan ÇELEBİ

Gemi İnşa Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	xiii
SUMMARY	xv
1. GİRİŞ	1
2. STABİLİTE	5
2.1 Hasarsız Stabilite.....	5
2.1.1 Gemiye etkiyen statik kuvvetler.....	5
2.1.2 Geminin statik başlangıç stabilitesi.....	6
2.1.3 Hasarsız stabilite ile ilgili IMO çalışmaları	8
2.1.4 Yük ve yolcu gemileri için stabilite kriterleri	9
2.2 Yaralı Stabilite	10
2.2.1 Gemilerde olasılıklı yaralı stabilite yöntemi.....	12
2.2.2 Yaralanma standartları.....	12
2.2.3 Yara boyutları	12
2.2.4 Yaralı stabilite kriterleri.....	13
3. STOCKHOLM AGREEMENT	15
3.1 İçerik.....	15
3.2 Anlaşma Gereklerinin Uygulanması	16
3.2.1 Tahmini su miktarı	16
3.2.2 Suyu boşaltma yöntemleri	18
3.2.3 Etkin (significant) dalga yüksekliği	18
4. BİLGİSAYAR PROGRAMI	21
4.1 Program İçeriği.....	21
4.1.1 Hacim Hesabı:.....	28
4.1.2 Atalet Momenti Hesabı:.....	28
4.1.3 Hacim Merkezi Hesabı:	30
4.1.4 Islak Alan Hesabı:	31
4.2 Örnek Uygulamalar	31
4.2.1 Meyilli durumda hesap	31
4.2.2 Trimli durumda hesap.....	33
4.2.3 Meyilli ve trimli durumda hesap.....	35
5. MEVCUT RO-RO YOLCU GEMİSİNDE UYGULAMA	37
5.1 Tam Yüklü Kalkış	38
5.1.1 2 derece sancağa meyilli.....	38
5.1.2 1 m. kıça trimli	40
5.1.3 2 derece sancağa meyilli+1 m. kıça trimli	42
5.2 Balastlı Kalkış	44
5.2.1 2 derece sancağa meyilli.....	44
5.2.2 1 metre kıça trimli	46
5.2.3 2 derece sancağa meyilli+1 m. kıça trimli	48
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	51
KAYNAKLAR	53

EKLER		55
--------------	-------	-----------

KISALTMALAR

D	: Derinlik
fr	: Artık fribord
GG1	: Serbest su yüzeyi etkisiyle GM'deki virtüel kayıp
GM	: Metasantr yüksekliği
GZ	: Doğrultucu moment kolu
hw	: Güvertede biriken su yüksekliği
hs	: Etkin (significant) dalga yüksekliği
I_x	: x ekenine göre atalet momenti
IMO	: Uluslararası denizcilik örgütü
KG	: Geminin ağırlık merkezinin kaideden uzaklığı
KM	: Enine metasant yüksekliğinin kaideden uzaklığı
L	: Dikeyler arası boy
LCB	: Sephiye merkezinin boyuna konumu
LCF	: Yüzme merkezinin gemi ortasından uzaklığı
LCG	: Ağırlık merkezinin boyuna konumu
m	: metre
MR	: Yatırıcı moment
MT1	: Bir santim trim momenti
SOLAS	: Safety of Life at Sea
T	: Geminin ortalama draft değeri
Tbaş	: Geminin baş draft değeri
Tkıç	: Geminin kıç draft değeri
T1	: Bir santim batma tonajı
W	: Geminin ağırlığı
V₀	: Servis hızı
Δ	: Deplasman

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 4.1 : Meyilli durumda sonuçların karşılaştırılması.....	33
Çizelge 4.2 : Trimli durumda sonuçların karşılaştırılması.	35
Çizelge 4.3 : Meyilli ve trimli durumda sonuçların karşılaştırılması.....	36
Çizelge 5.1 : Mevcut gemi değerleri.	38
Çizelge 5.2 : Hidrostatik değerler – Tam yüklü kalkış / 2 derece sancağa meyilli....	39
Çizelge 5.3 : Kritik noktalarda artık draft – Tam yüklü kalkış / 2 derece sancağa meyilli.....	39
Çizelge 5.4 : Hasarsız stabilite kriterleri – Tam yüklü kalkış / 2 derece sancağa meyilli.....	40
Çizelge 5.5 : Hidrostatik değerler– Tam yüklü kalkış / 1 m kıç trimli durum.....	41
Çizelge 5.6 : Kritik noktalarda artık draft – Tam yüklü kalkış / 1 m kıç trimli durum.....	41
Çizelge 5.7 : Hasarsız stabilite kriterleri– Tam yüklü kalkış / 1 m kıç trimli durum.....	42
Çizelge 5.8 : Hidrostatik değerler – Tam yüklü kalkış/2 derece sancağa meyilli + 1 m kıç trimli durum.....	43
Çizelge 5.9 : Kritik noktalarda artık draft – Tam yüklü kalkış / 2 derece sancağa meyilli + 1 m kıç trimli durum.....	43
Çizelge 5.10 : Hasarsız stabilite kriterleri– Tam yüklü kalkış / 2 derece sancağa meyilli + 1 m kıç trimli durum.....	44
Çizelge 5.11 : Hidrostatik değerler – Ballast kalkış / 2 derece sancağa meyilli durum.....	45
Çizelge 5.12 : Kritik noktalarda artık draft – Ballast kalkış / 2 derece sancağa meyilli durum.....	45
Çizelge 5.13 : Hasarsız stabilite kriterleri–Ballast kalkış/2 derece sancağa meyilli.	46
Çizelge 5.14 : Hidrostatik değerler–Ballast kalkış/1 m kıç trimli.	47
Çizelge 5.15 : Kritik noktalarda artık draft–Ballast kalkış/1 m kıç trimli.	47
Çizelge 5.16 : Hasarsız stabilite kriterleri Ballast kalkış/1 m kıç trimli..	48
Çizelge 5.17 : Hidrostatik değerler– Ballast kalkış / 2 derece sancağa meyilli + 1 m kıç trimli durum.....	49
Çizelge 5.18 : Kritik noktalarda artık draft– Ballast kalkış / 2 derece sancağa meyilli + 1 m kıç trimli durum.....	49
Çizelge 5.19 : Hasarsız stabilite kriterleri– Ballast kalkış / 2 derece sancağa meyilli + 1 m kıç trimli durum.....	50

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Deplasman tipi bir tekneye etkiyen kuvvetler.....	5
Şekil 2.2 : Deplasman tipi bir tekneye etkiyen kuvvetler.....	6
Şekil 3.1 : Artık fribord.	17
Şekil 3.2 : Güverteye dolan su yüksekliği.	17
Şekil 3.3 : Etkin dalga yüksekliği.	18
Şekil 3.4 : Güvertenin suya batıp batmadığına bağlı olarak eklenen su miktarı.....	19
Şekil 4.1 : Gemi güvertesinin hassasiyet aralıklarında taranması.....	21
Şekil 4.2 : Borda yüksekliğince hassasiyet aralıklarında taralı hacim.	22
Şekil 4.3 : X - eksenine göre atalet momenti hesabı	28
Şekil 4.4 : Örnek uygulama - meyilli durum	32
Şekil 4.5 : Güverte koordinatları-Meyilli durum	32
Şekil 4.6 : Stockholm antlaşması uygulama programı –Meyilli durum.....	33
Şekil 4.7 : Güverte koordinatları-Meyilli durum	34
Şekil 4.8 : Stockholm antlaşması uygulama programı –Trimli durum	34
Şekil 4.9 : Güverte koordinatları-Meyilli ve trimly durum	36
Şekil 4.10 : Stockholm antlaşması uygulama programı –Meyilli ve Trimli durum...36	
Şekil 5.1 : Mevcut gemi profil ve üst görüntüsü.....	37
Şekil 5.2 : Mevcut gemi posta kesitleri kesitleri.....	37
Şekil 5.3 : Stockholm Anlaşması uygulama programı – Tam yüklü kalkış / 2 derece sancağa meyilli.	38
Şekil 5.4 : Stockholm anlaşması uygulama programı – Tam yüklü kalkış / 1 m kıça trimli durum.....	40
Şekil 5.5 : Stockholm anlaşması uygulama programı – Tam yüklü kalkış / 2 derece sancağa meyilli + 1 m kıça trimli durum.	42
Şekil 5.6 : Stockholm anlaşması uygulama programı – Ballast kalkış / 2 derece sancağa meyilli durum.	44
Şekil 5.7 : Stockholm anlaşması uygulama programı – Ballast kalkış / 1 m kıça trimli durum.....	46
Şekil 5.8 : Stockholm anlaşması uygulama programı – Ballast kalkış / 2 derece sancağa meyilli + 1 m kıça trimli durum.	48

RO-RO YOLCU GEMİLERİ İÇİN ÖZEL KURALLAR (STOCKHOLM ANLAŞMASI)

ÖZET

Danimarka, Finlandiya, Almanya, İrlanda, Norveç, Hollanda, İngiltere ve İsveç ülkeleri 28 şubat 1996 yılında Kuzey Batı Avrupa ve Baltık denizinde seyir eden ro-ro yolcu gemileri için imzaladıkları Stockholm Anlaşması ile limanlarına sefer yapacak ro-ro yolcu gemilerinin, SOLAS Bölüm II-1/B, Kural 8'deki kurallara ilaveten, Stockholm Anlaşması gereklerini de sağlamaları gerekmektedir.

2008 yılında Türkiye Cumhuriyeti adına denizcilik otoritesi olan Denizcilik Müsteşarlığı tarafından resmi gazetede yayınlanan yönetmelik, Stockholm Anlaşması gereklerini içermektedir. Bu yönetmelik bayrağı ne olursa olsun Türk limanlarına veya Türk limanlarından yapılan uluslararası düzenli seferlerde çalıştırılan tüm ro-ro yolcu gemilerini ve Türk limanlarına uğramaksızın birden fazla ülke limanları arasında yapılan uluslararası seferde çalıştırılan Türk bayraklı tüm ro-ro yolcu gemilerini kapsar.

Stockholm Anlaşmasına göre geminin yaralanması durumunda, geminin dizayn su hattının üstündeki araba güvertesine su dolduğu kabul edilerek, bu su dolmasının, yarattığı etkileri de dikkate alarak, SOLAS Bölüm II-1/B, Kural 8'de belirtilen kriterleri sağlaması gerekmektedir. Geminin dizayn su hattının üstündeki ilk güverteye (genelde araç güvertesi) dolan suyun hesabı aşağıdaki gibi hesaplanacaktır:

1. Yaralanma sonucunda, geminin dizayn su hattının üstündeki ilk güverteye dolacak olan suyun yüksekliği, artık friborda bağlı olarak hesaplanacaktır.

Burada artık fribord (f_r), geminin dizayn su hattının üstündeki ilk güverteye dolan suyun etkisinin dikkate alınmadan, yaralanması durumunda, yaralanan bölme boyu içinde, güverte ile nihai denge durumundaki su hattı arasındaki minimum mesafe değeridir.

$$f_r \geq 2.0 \text{ m ise } h_w = 0.0 \text{ m}$$

$$f_r \leq 0.3 \text{ m ise } h_w = 0.5 \text{ m}$$

h_w = Güverteye dolan suyun yüksekliği, m

Artık fribordun $0.3 \text{ m} < f_r < 2.0 \text{ m}$ aralığında olması durumundaysa, güvertedeki suyun yüksekliği interpolasyonla bulunur.

2. Ro-ro yolcu gemisinin, belirli bölgelerde sefer yapması durumunda, yukarıda belirtilen güverteye dolan su yüksekliği değeri azaltılabilir. Gemi, etkin (significant) dalga yüksekliği (h_s) 1.5 m veya daha az olan bölgelerde çalışılıyor ise $h_w=0$ m olarak kabul edilir. Etkin dalga yüksekliğinin 4.0 m veya daha fazla olan bölgelerde ise 1. madde de hesaplanan h_w değeri alınır. Etkin dalga yüksekliğinin 1.5 m'den büyük ve 4.0 m'den küçük olduğu bölgelerde ise h_w interpolasyonla hesaplanır.

Bu alışmada, Stockholm Anlaşması gereğince güverteye dolan suyun geminin stabilitesi üzerindeki negatif etkilerini bulabilmek için, standart bir stabilite programı ile birlikte kullanılabilir, güvertedeki suyun hacmi, hacim merkezi, serbest yüzey momenti ve ıslak alanını hesaplayan bir bilgisayar programı yazılmıştır.

Daha sonra, bu program yardımıyla mevcut bir ro-ro yolcu gemisinin çeşitli yükleme durumlarındaki stabilitesi incelenmiş, Stockholm Anlaşmasının gereklerinin stabilite üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir.

Program Microsoft Studio 2005 C# kullanılarak kodlanmıştır. Derlenen program çalışabilmesi için Windows 98 ve zeri Micsosoft Windows tabanlı işletim sistemine ve Microsoft Framework 2.0 veya üzeri işletim sistemi eklentisine ihtiyaç duyar.

Hesaplama için suyun birikebileceği üç boyutlu uzayda eşit uzaklıklarla oluşturulmuş birim hacimler kullanılmaktadır. Bu hacim trim veya meyil yaptırılıp hw ykseklieği boyunca kesilir. Kalan hacim güvertede ki suyun meyil veya trimden sonraki şeklidir. Bu üç boyutlu şekilden bulmak isteğimiz tüm değerler hesaplanır.

THE SPECIAL RULES FOR RO-RO PASSENGER SHIPS (STOCKHOLM AGREEMENT)

SUMMARY

On 28 February 1996, Denmark, Finland, Germany, Ireland, the Netherlands, Sweden, the United Kingdom, and Norway adopted the Stockholm Agreement for ro-ro passenger ships undertaking regular scheduled international voyages between or to or from designated ports in North West Europe and The Baltic Sea must comply with the requirements of the Stockholm Agreement in addition to complying with regulation 8 of Chapter II-1.

In 2008, Republic of Türkiye Ministry of Transport adopted a regulation that complies with the requirements of the Stockholm Agreement. The regulation applying to ro-ro passenger ships undertaking regular scheduled international voyages between or to or from designated ports in Turkish Sea and also Turkish flagship voyages between more than one designated ports.

According to this agreement, the hypothetical amount of water is assumed to have entered the first deck above the design water line via a damage opening. This agreement requires that the vessel in addition to complying with the full requirements of regulation 8 of Chapter II-1 Part B of SOLAS with the defined amount of water on deck. The assumed accumulated water on the first deck above the design water line shall be calculated as follows.

1) The height (h_w) of water on deck is dependent on the residual freeboard (f_r) after damage, and is measured in way of the damage.

The residual freeboard (f_r) is the minimum distance between the damaged ro-ro deck and the final waterline (after equalization measures if any have been taken) in way of the assumed damage. No account should be taken of the effect of the hypothetical volume of water assumed to have accumulated on the damaged ro-ro deck when calculating f_r .

If $f_r \geq 2.0$ m, $h_w = 0.0$ m

If $f_r \leq 0.3$ m, $h_w = 0.5$ m

h_w = height of water on deck, m

If the residual freeboard (f_r) is $0.3 \text{ m} < f_r < 2.0 \text{ m}$, intermediate heights of water are obtained by linear interpolation.

2) The amount of assumed accumulated water-on-deck may, in addition to any reduction in accordance with paragraph 1, be reduced for operations in geographically defined restricted areas of North West Europe and the Baltic Sea. If the significant wave height (h_s), in the area concerned, is 1.5 m or less then no additional water is assumed to accumulate on the damaged ro-ro deck. If the significant wave height in the area concerned is 4.0 m or more then the height of the

assumed accumulated water shall be the value calculated in accordance with paragraph 1. Intermediate values to be determined by linear interpolation.

In this research, a computer program developed to calculate volume of water on deck, center of the volume, free surface moment and free surface area, used with a standard stability program to determine effects of the water entering the ro-ro deck on the ship stability.

Afterwards, stability calculations of a ro-ro passenger ship corresponding to an adequate number of operational draughts and trims carried out by aid of the program and than effects of the requirements of the Stockholm Agreements on the stability determined.

The program coded using Microsoft Studio 2005 C# so needs Microsoft Windows operating system which has Microsoft Framework 2.0 add-on installed on it.

To achieve our goals the main idea for calculation is the usage of unit slices which has same small dimension located in the space of accumulated water. After the space filled with unit cubes, all the cubes inclined and rolled, the resulting volume cut by the h_w height. The remaining space is the shape of the accumulated water on deck after inclining or rolling. All our goals calculated with the 3 dimensional shape that we have after these processes.

1. GİRİŞ

Denizcilik, dünya iktisadi faaliyetleri arasında uluslararası niteliği en fazla ve taşıdığı risk açısından en tehlikeli olanlarından biridir. Dünya ticaretinin yüzde 85'i denizyolu ile gerçekleştirilmektedir. Artan ticaret hacmi, artan bir denizyolu taşımacılığını da beraberinde getirmiş, bu da denizlerdeki kaza riskini artırmıştır. Artan risklere karşılık, bütün dünyada gerek deniz araçlarının, gerek personelin ve yolcuların, gerekse deniz çevresinin korunması amacıyla deniz güvenliğini sağlamaya yönelik çabalar da artmıştır. Denizde güvenliği sağlamak için uluslararası kuralları düzenlemek üzere IMO (Uluslararası denizcilik örgütü) adında bir örgüt kurulmuş; bu örgüt, üye ülkelerin katılımıyla, çeşitli sözleşmeler hazırlayarak yürürlüğe koymuştur.

1987 yılı Eylül ayında, olasılık analizine dayalı yeni düzenlemeler getirilmiş ve bu düzenlemelerin 01.02.1992 tarihinden itibaren 100 metreden büyük ro-ro gemileri dahil tüm kuru yük gemileri için yürürlüğe girmesine karar verilmiştir. Aynı kurallar 01.07.1998'den itibaren, 100 metreden küçük ve 80 metreden büyük ro-ro dahil tüm kuru yük gemilerine de uygulanması kararı yürürlüğe girmiştir.

Ro-ro tipi yolcu gemileri ise yolcu ve araba taşımacılığında önemli bir rol oynamaktadır. Ticari açıdan büyük bir getirisi olmasına karşın ro-ro gemileri güvenlik açısından tartışma konusudur. Değişik tipteki ro-ro yolcu gemilerini içeren ve çok üzücü sonuçlar doğuran birçok kaza meydana gelmiştir. Bu gemiler çok hızlı bir şekilde alabora olmuş ve batmıştır. Bu kazalardan en büyükleri: Herald of Free Enterprise ve daha da büyük kayıp verilen Estonia gemisi kazalarıdır. IMO, bu deniz kazalarından sonra hemen harekete geçmiş ve deniz kazalarını her türlü yolu kullanarak önlemek için ro-ro gemilerinin stabilite açısından eksikleri üzerinde çalışmalarını hızlandırmıştır.

Yaralı stabilite standartlarına göre belirlenen, ro-ro yolcu gemilerinin çarpışma sonrasında kurtarılabilirliği yolcuların ve mürettebatın emniyeti bakımından çok önemli bir faktördür ve arama kurtarma operasyonlarıyla özellikle ilgilidir. Bir

Çarpışma sonrasında, kapalı ro-ro güvertesine sahip bir ro-ro yolcu gemisinin stabilitesi açısından en tehlikeli problem, bu güverte üzerinde önemli miktarda su birikmesiyle meydana gelen problemdir. İngiliz Kanalı'nda Dover ve Calais ile Dover ve Zeebrugge arasında sefer yapan M/S Herald of Free Enterprise Ro-Ro gemisi 6 Mart 1987'de sabahın erken saatlerinde Zeebrugge'den kalkış yaptıktan sonra geminin baş viz r n kalkıştan önce kapatılmaması sebebiyle içeri giren su gemiyi batırmıştır. Kazada 193 yolcu hayatını kaybetti. Estonia ise 28 Eylül 1994'de Baltık Denizi'nde battı. Söz konusu kaza 852 kayıp ile 20.yüzyılın sonlarında meydana gelen en büyük insan kaybının olduğu deniz kazasıdır. Kazanın baş viz rlerin kilidinin arızalanması nedeniyle olduğu belirtilmiştir. Ro-ro yolcu gemilerini içeren bu gibi büyük kazalar, bu tip gemilerin diğer gemilere kıyasla daha tehlikeli olduğunu düşündürüyor fakat bu statik olarak doğrulanmamıştır.

Yaralı durumdaki ro-ro yolcu gemilerine yönelik genel stabilite şartları, uluslararası düzeyde, 1990 tarihli Denizde Can Güvenliği (SOLAS 1990) Konferansında oluşturulmuştur ve SOLAS Sözleşmesinin II-1/B, Kural 8 sayılı Yönetmeliğine (SOLAS 90 standardı) dahil edilmiştir.

SOLAS 90 yaralı stabilite standardı, 1,5 m etkin dalga yüksekliği durumundaki denizde ro-ro güvertesine giren suyun etkisini dolaylı olarak içermektedir.

1995 SOLAS Konferansında alınan 14 sayılı IMO Kararı, IMO  yelerinin hakim deniz koşullarının ve diğer yerel koşulların, belirlenen bir alanda özel stabilite gereksinimlerini gerektirmesi halinde, bölgesel anlaşmalar akdetmelerine izin vermiştir.

Sekiz kuzey Avrupa  lkesi (Danimarka, Finlandiya, Almanya,  rlanda, Norveç, Hollanda, İngiltere ve İsveç) Stockholm'de 28 şubat 1996 tarihinde, ro-ro güvertesinde su birikiminin etkisini dikkate almak ve geminin 4 m etkin dalga yüksekliğine kadar SOLAS 90 standardından daha ağır durumlardan kurtulmasını sağlamak amacıyla, harsalı durumdaki ro-ro yolcu gemileri için daha yüksek bir stabilite standardını uygulamaya koymaya karar vermiştir.

Stockholm Anlaşması olarak bilinen bu anlaşma uyarınca, özel stabilite standardı geminin işletildiği deniz alanı ile ve daha özel olarak işletim alanında kaydedilen etkin dalga yüksekliği ile doğrudan ilgilidir; geminin işletildiği alanın etkin dalga

yüksekliği, bir kaza hasarının meydana gelmesini takiben ortaya çıkacak, araç güvertesindeki suyun yüksekliğini belirler.

Ocak 2008 de Türkiye Denizcilik Müsteşarlığı tarafından resmi gazetede yayınlanan yönetmelik gereği: Hasarlı durumda denge ve su geçirmez bölmelerle ilgili olarak 1974 SOLAS Sözleşmesinin Bölüm II-1/B, Kural 8 hükümleri saklı kalmak kaydıyla, bayrakları ne olursa olsun uluslararası sefer yapan, düzenli sefer ile bir Türk limanına veya bir Türk limanından işleyen bütün ro-ro yolcu gemileri ile Türk limanlarına uğramaksızın birden fazla ülke limanları arasında yapılan uluslararası seferde çalıştırılan Türk bayraklı tüm ro-ro yolcu gemileri Stockholm Anlaşmasında belirtilen ro-ro yolcu gemileri için özel stabilite şartlarına uymalıdır.

Stockholm anlaşmasına göre geminin yaralanması durumunda, geminin dizayn su hattının üstündeki ilk güverteye su dolduğu kabul edilerek, bu su dolmasının, yarattığı etkileri de nazari dikkate alarak, SOLAS 90 kriterlerini sağlaması gerekmektedir. Bu su dolmasının etkilerini hesaplayabilmemiz için yaralanma sonucu geminin trim ve meyil yapmasından sonra ilk güverteye dolan suyun hacmi, hacim merkezinin yeri ve atalet momentinin tayin edilmesi gerekmektedir. Bu tezde bunları hesaplayabilecek ve her gemiye uygulanabilecek bir program yazılmıştır.

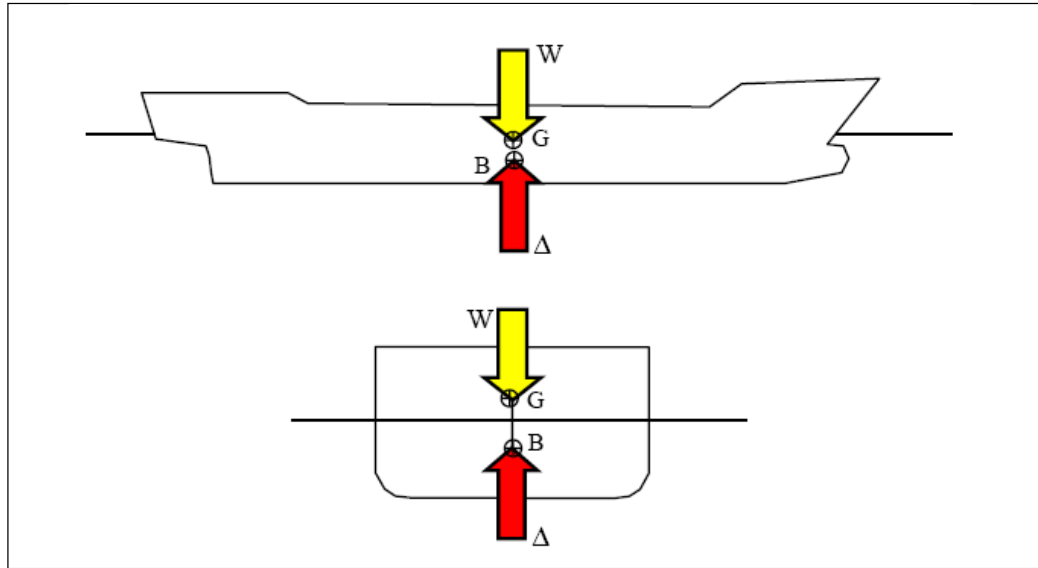
2. STABİLİTE

2.1 Hasarsız Stabilite

2.1.1 Gemiye etkiyen statik kuvvetler

Bir deniz aracının dizaynında en temel gereklerden biri o deniz aracının görevi gereği taşıması gereken yük veya yolcu ile tamamen yüklenmiş iken istenen su hattında yüzebilmesini sağlayacak sephiyenin mevcut olmasıdır. Bunun kadar önemli ikinci bir zorunluluk deniz aracının değişik yükleme durumlarında dik durabilmesini sağlayacak başlangıç stabilitesinin bulunmasıdır.

Sakin su yüzeyi üzerinde hareketsiz duran bir deniz aracına etkiyen iki temel kuvvet yukarıdan aşağı yönlendirilmiş ağırlık kuvveti (W) ile aşağıdan yukarı yönlendirilmiş sephiye, deplasman (Δ) kuvvetleridir. Geminin istenen su hattında dengede olabilmesi için bu su hattındaki sephiye kuvveti ile toplam ağırlık birbirine eşit ve zıt yönlü olmalıdır. Bir gemiye etkiyen sephiye ve ağırlık kuvvetleri Şekil 2.1 'de şematik olarak görülmektedir.



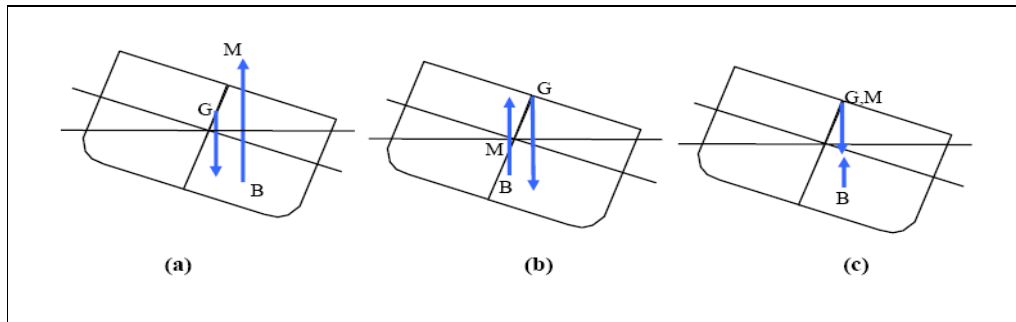
Şekil 2.1 : Deplasman tipi bir tekneye etkiyen kuvvetler

Denge koşulu sephiye ve ağırlık merkezlerinin aynı düşey doğru üzerinde olmasını zorunlu kılar. Böylece gemi ağırlık ve sephiye merkezleri aynı düşey doğrultuda olacak şekilde uygun meyil ve trim açılarında yüzecektir. Bu iki merkezin yatay ve boyuna konumları değiştirilerek istenen meyil ve trim açıları elde edilebilecektir.

Genelde bir geminin toplam ağırlığını kesin olarak bilmek, genel olarak çok zordur. İnşa sırasında gemiye konan tüm ağırlık grupları liste halinde toplanmakla birlikte pek çok kalem malzeme için kesin ağırlık belirlemek zordur (Örneğin kablolar, boya, mefruşat, kaynak dikişleri gibi). Ağırlık merkezinin düşey ve boyuna konumu ağırlık gruplarının istenen merkezlere göre statik momenti alınarak bulunabilir. İnşa ve denize indirme sonrası yapılan bir meyil deneyi ile ağırlık ve ağırlık merkezinin konumu net olarak belirlenir. Gemilerde genellikle ağırlık merkezinin enine konumu merkez simetri hattı üzerinde bulunur.

2.1.2 Geminin statik başlangıç stabilitesi

Geminin herhangi bir dış kuvvet etkisi altında (örneğin yük yükleme veya boşaltma, su alma, rüzgâr, dalga gibi) ağırlık merkezinin konumunun değişmesi durumunda ağırlık ve sephiye merkezleri arasındaki uzaklıktan dolayı bir moment oluşacaktır. Bu momentin etkisiyle sephiye merkezi ağırlık merkezinin yeni konumu ile aynı düşey doğruya gelecek şekilde gemi meyil veya trim yapacaktır. Oluşan moment gemiyi orijinal durumuna geri getirmeye çalışıyorsa Ağırlık ve Deplasman kuvvetleri arasında pozitif GZ moment kolu oluşacaktır. Bu durumu Şekil 2.2.a'da görülmektedir. Eğer oluşan moment gemiyi yatırmaya çalışıyorsa negatif bir GZ vardır ve Şekil 2.2.b.'de görülen bu durumda oluşan moment gemiyi devirmeye çalışacaktır. Eğer GZ moment kolu 0 ise yani ağırlık ve deplasman kuvvetleri aynı düşey doğru üzerinden etkiliyorsa gemi bu meyil açısında dengede kalacaktır. Farksız denge olarak adlandırılan bu durum Şekil 2.2.c'de görülmektedir.



Şekil 2.2 : Deplasman tipi bir tekneye etkiyen kuvvetler

Bu durumda bir deniz aracının dengeli olarak yüzebilmesi için aşağıdaki iki koşulun sağlanması gerektiği ortaya çıkmaktadır:

1. Yüzme koşulu gereği cismin ağırlığı taşıdığı suyun ağırlığına eşit olacaktır yani, $\Delta=W$

2. Pozitif bir doğrultucu moment kolu (GZ) bulunacaktır, yani $GZ \geq 0$, veya $GM \geq 0$.

Bir geminin herhangi bir etken nedeni ile sancak veya iskele yönünde meyil yaptığını düşünelim. Gemi meyil yaptıkça su altı formu ve buna bağlı olarak ta su altı hacim merkezinin konumu değişecek ve geminin toplam ağırlığı ve ağırlık merkezinin konumu sabit kabul edildiğinden ağırlık ve sephiye kuvvetleri arasında bir kuvvet çifti yani moment oluşacaktır. Sephiye merkezinden su hattına çizilen dikin orta simetri eksenini kestiği nokta metasantr noktası olarak adlandırılır ve M harfi ile gösterilir. Metasantr noktası (M) ağırlık merkezinin (G) üstünde ise pozitif bir doğrultucu moment oluşacaktır. Aksi durumda negatif bir devirme momenti oluşacaktır.

Metasantr ile ağırlık merkezinin çakışması halinde farksız denge durumu ortaya çıkacaktır. Bu durumda gemiyi doğrultmaya veya devirmeye çalışan moment olacaktır (2.1).

$$M = \Delta GZ = \Delta GM \sin \varphi \quad (2.1)$$

Burada φ meyil açısını göstermektedir. Meyil açısının küçük değerleri için (3^0-5^0) açının tanjantı veya kendisi de kullanılabilir. Bu ifade ancak yaklaşık 10 dereceye kadar olan küçük meyil açıları için geçerli olup daha büyük açılarda güvertenin suya girmesi veya omurganın sudan çıkması nedeniyle M noktasının konumu değişeceği için daha detaylı hesaplar yapmak gerekecektir.

Başlangıç durumunda ve küçük meyil açılarında metasantr yüksekliği sephiye merkezi ve ağırlık merkezinin omurgadan yüksekliği ve metasantr yüksekliği cinsinden aşağıdaki formül ile hesaplanabilir (2.2).

$$GM = KB + BM - KG \geq 0 \quad (2.2)$$

Buradaki KB ve BM değerleri hidrostatik hesaplardan kolayca belirlenebilir. Böylece ağırlık merkezinin omurgadan yüksekliğinin bilinmesi halinde gemide başlangıç

stabilitesinin bulunup bulunmadığı ve pozitif stabilite bulunması durumunda bunun aşırı olup olmadığı belirlenebilir.

Yukarıdaki ifade başlangıç stabilitesinin nasıl iyileştirilebileceği konusunda ipuçları vermektedir. Burada hatırlanması gereken bir nokta aşırı yüksek GM değerlerinin her zaman istenmeyeceği ve bazı sakıncaları olabileceğidir. Ağırlık merkezinin omurgadan yüksekliği (KG) başlangıç stabilitesini negatif etkilemektedir. Yani KG'nin düşürülmesi başlangıç stabilitesini iyileştirecektir. Bu amaçla aşağıdakilerden biri uygulanabilir:

- _ Gemideki bazı ağırlık grupları daha aşağı konumlara indirilebilir
- _ Geminin ağırlık merkezinden daha aşağı bir konuma ek ağırlık alınabilir (örneğin balast suyu)
- _ Gemi ağırlık merkezinden daha yukarıda bulunan bazı ağırlık grupları azaltılabilir (Örneğin üst yapıda çelik yerine GRP veya alüminyum gibi hafif malzeme kullanma)
- _ Gemi içindeki serbest yüzey miktarı azaltılabilir.

Başlangıç stabilitesini olumlu etkileyen KB ve BM değerleri ise tekne geometrisine bağlı olarak iyileştirilebilir. Su hattı katsayısının artırılması ile elde edilecek V kesitli formlar, düşük prizmatik katsayısı ve voltaı su üstü formu KB'yi yukarı çekecek ve başlangıç stabilitesini iyileştirecektir. Metasantr yarıçapı $BM = I / \nabla$ şeklinde bulunabilir. Burada I su hattı enine atalet momenti olup $k_1 LB^3$ şeklinde ifade edilebilir. Teknenin su altı hacmi de $k_2 LBT$ şeklinde ifade edilebileceğinden metasantr yarıçapının genişliğin karesi ile değiştiği ortaya çıkar. Bu durumda başlangıç stabilitesi üzerinde en büyük etkisi olan tekne form parametresinin olarak gemi genişliği olduğu ortaya çıkmaktadır.

2.1.3 Hasarsız stabilite ile ilgili IMO çalışmaları

Gemilerin stabiliteleri ile ilgili çalışmalar çok eskilere dayanmasına rağmen, gemilere uygulanan ilk Uluslararası stabilite kuralları A.167 önergesiyle 1968 yılında uygulanmaya başlanmıştır. Bu önergedeki kriterler Rahola'nın 1939 yılında yaptığı çalışmalar baz alınarak geliştirilmiştir. Rahola söz konusu çalışmasında, daha önce devrilen gemilerin stabilitelerini incelemiş ve bazı kriterler geliştirmiştir. A.167 önergesi geminin başlangıç metasantr yüksekliği ve geminin doğrultucu moment kolu eğrisi altında kalan alan değerleri için bazı kriterleri içermektedir. Bu kriterlerin

uygulamaları karmaşık olmayıp çok basittir. Ancak herhangi bir fiziksel modele dayanmadığı için geliştirilmesi zor olup emniyet derecesi de bilinmemektedir. A.167 önergesi 100 m'den küçük yük ve yolcu gemilerine uygulanmak üzere yürürlüğe konulmuştur. A.167 önergesinin uygulanmasından kazanılan deneyim sonrası, bu önergedeki kriterlerin 100 metreden büyük yük ve yolcu gemilerine uygulanması IMO tarafından tavsiye edilmiştir. Bu önergedeki kriterler tavsiye olmasına rağmen, ülkeler ve klas kuruluşları bu kriterlerin uygulanmasını zorunlu kılmışlardır.

A.167 önergesindeki kriterler gemilere etki eden dış etkilerle ilgili herhangi bir unsuru nazari dikkate almamaktadır. Bu yüzden, IMO 1985 yılında A.562 önergesiyle hava kriterlerini yürürlüğe koymuştur. Bu önergedeki kriterler A.167 önergesinde olmayan dış etkilerden, kötü hava koşullarında gemilerin sağlaması gereken kriterler olup özellikle projeksiyon alanları büyük olan yolcu, ro-ro konteyner vb. gibi gemi tiplerine A.167'deki kriterlere ilave olarak uygulanmaya başlanmıştır. IMO A.562 önergesindeki kriterlerin 45 m ve üzeri balıkçı gemilerine de uygulanmasını tavsiye etmiştir.

IMO 1993 yılında gemilere uygulanan stabilite kriterlerini A.749(18) önergesinde toplayarak yürürlüğe koymuş ve daha önce konuyla ilgili yayınladığı önermeleri yürürlükten kaldırmıştır.

2.1.4 Yük ve yolcu gemileri için stabilite kriterleri

Belli bir amaç için inşa edilen gemiler, amaçlarına uygun olarak çalışabilmeleri için yeterli sephiyeye ve stabiliteye sahip olmalıdır. Gemiler sefere çıkmadan önce, yükleme esnasında limanda ve sefer boyunca da denizde emniyetli bir şekilde seyredebilmesi için, gerekli stabilite kriterlerini sağlamalıdır.

1. $\theta=30^\circ$ 'ye kadar doğrultucu moment kolu eğrisi altında kalan alan değeri $0,055 \text{ m}^2$ 'den az, $\theta=40^\circ$ veya su alma açısına kadar hangisi daha küçükse, doğrultucu moment kolu eğrisi altında kalan alan değeri $0,09 \text{ m}^2$ 'den az olmamalıdır. $\theta=30^\circ$ 'den $\theta=40^\circ$ veya su alma açısına kadar, hangisi daha küçükse, doğrultucu moment kolu eğrisi altında kalan alan değeri $0,03 \text{ m}^2$ 'den az olmamalıdır.

2. Doğrultucu moment kolu değeri, $\theta=30^\circ$ veya daha büyük bir açıda minimum $0,2 \text{ m}$ olmalıdır.

3. Maksimum doğrultucu moment kolu değeri, $\theta=25^\circ$ den az tercihen $\theta=30^\circ$ den daha büyük bir açıda olmalıdır.

4. Başlangıç metasantr yüksekliği 0,15 m'den az olmamalıdır.

5. Yolcu gemilerinde ilave olarak yolcuların bir tarafta toplanmalarından dolayı oluşacak meyil açısı $\theta=10^\circ$ 'yi geçmemelidir.

Yolcuların bir tarafta toplanmalarında, oluşacak yatırıcı momentin hesabı aşağıdaki kabullere göre yapılacaktır:

a) Yolcuların her birinin ağırlığı 75 kg alınabilir ancak, bu değer 60 kg'dan daha az alınamaz. Bu değere ek olarak yolcuların bagajları da yetkili idarenin öngördüğü oranda eklenir.

b) Yolcuların ağırlık merkezleri aşağıda ifade edildiği gibi kabul edilmelidir:

Ayaktaki yolcular için bulundukları güverteden itibaren 1m yükseklikte alınmalıdır. Gerekmesi durumunda yolcuların bulundukları güvertenin sehim ve şiyer değerleri de dikkate alınabilir. Oturan yolcular için oturdukları yerden itibaren 0,3 m yükseklikte alınmalıdır.

6. Yolcu gemilerinde ilave olarak geminin dönmesinden dolayı oluşacak meyil açısı $\theta=10^\circ$ 'yi geçmemelidir. Dönme esnasında oluşan yatırıcı moment aşağıdaki formülden hesaplanır **(2.3)**:

$$M_R = 0,02 \cdot W \cdot \left(KG - \frac{T}{2} \right) \cdot \frac{V_0^2}{L} \quad (2.3)$$

2.2 Yaralı Stabilité

Tüm gemi tipleri çarpışma veya patlama gibi gemi içinde meydana gelebilecek bir kaza sonucu batma riskiyle karşı karşıyadır. Eğer gemi bordası yaralanırsa gemi dengeye gelene kadar veya gemi alabora olana kadar deniz ve iç boşluklar arasında sızıntı meydana gelir. Genelde, yaralanma sonrası gemi davranışlarını belirlemek için yaralı stabilite hesaplarına ihtiyaç vardır. Burada yaralanmanın bazı esas etkileri vardır: su çekimi değişecek ve gemi trim yapacaktır. Eğer su basan kısım merkez hattına göre simetrik değil ise gemi meyil yapacaktır. Bu yüzden su basması enine ve boyuna stabilitelerde değişime sebep olacaktır. Yaralanma sonucu gemiyi

batmada kurtarabilecek en iyi çözüm gemiyi enine ve oyuna perdeler ile su geçirmez bölmelere ayırmaktır. Böylece yaralanma durumunda geminin bir veya birkaç bölmesi su dolsa da tamamen batması önlenecektir. Dolayısı ile geminin yaralı stablitesi, geminin batmasını önleyecek yeterlilikte olmalıdır. Bölmeleme olayı gemiyi batmaktan kurtarabileceği gibi geminin yavaş batmasına sebebiyet vererek mürettebatın kurtulmasına sebep olacaktır. Gemileri bölmelere ayırırken güvenlik ve maliyet arasında denge kurmak gerekir. Emniyet için gerekli bölmeleme sayısı maliyeti artıracığı gibi yük kapasitesini de azaltacaktır, böylece kar azalacaktır. Bu ikilemi gidermek için uluslar arası bölmelendirme ve yaralı stabilite kriterleri kullanılır.

Gemilerin yaralı stablitesi ile ilgili ilk ciddi uluslararası çalışmaya, Titanic gemisinin batmasından sonra 1913 yılında SOLAS Konferansı'nın toplanması ile başlanmıştır. Ancak bu konferans, Birinci Dünya Savaşı'nın başlaması nedeni ile bir sonuca varılamadan dağılmıştır. 1929 yılında toplanan SOLAS Konferansı, yolcu gemilerinin yaralanma sonrası marjın hattına kadar simetrik olarak batma esasına dayalı bazı bölmeleme esasları getirmiştir. 1948 yılında toplanan konferansta ise gemilerin yaralı stabilite kriterinin de göz önüne alınması öngörülmüştür. 1960 yılındaki konferansta, yaralanmanın gemi boyu üzerindeki yerinin ve yara büyüklüğünün üzerinde durularak, gemi güvenliği açısından, yaralanmanın olasılık esasına göre yapılması görüşü ilk defa ortaya atılmıştır. Ancak, bu konuda ortak bir karara varılamamışsa da çalışmaların devam ettirilmesine karar verilmiştir.

Bugünkü adı ile IMO, 1973 yılında, olasılık analizine dayalı bazı kuralların yolcu gemilerine uygulanmasını kararlaştırmıştır. A265 önergesi olarak ortaya konulan bu kurallar, 1974 yılında toplanan SOLAS Konferansı'nda resmi olarak kabul edilmiştir.

1987 yılı Eylül ayında, olasılık analizine dayalı yeni düzenlemeler getirilmiş ve bu düzenlemelerin 01.02.1992 tarihinden itibaren 100 metreden büyük ro-ro gemileri dahil tüm kuru yük gemileri için yürürlüğe girmesine karar verilmiştir. Aynı kurallar 01.07.1998'den itibaren, 100 metreden küçük ve 80 metreden büyük ro-ro dahil tüm kuru yük gemilerine de uygulanması kararı yürürlüğe girmiştir.

IMO 29 Nisan 1990'da da, SOLAS Bölüm II-1/B, Kural 8'e ilaveler yaparak, yolcu gemilerinin yaralandıktan sonra, artık stablileri ile ilgili olarak sağlaması gereken stabilite kriterlerini yürürlüğe koymuş olup, bu kuralların 29 Nisan 1990 tarihinden sonra inşa edilen gemilere uygulanmasına başlanmıştır.

Yolcu gemileri için uygulanmakta olan kriterler ile ilgili temel bilgiler aşağıda verilmiştir.

2.2.1 Gemilerde olasılıklı yaralı stabilite yöntemi

Kazalardan sonra gemilerin kurtulabilmeleri, yaralanmanın meydana gelme, yaralanmanın yeri ve büyüklüğü ve böyle bir yaralanma sonucunda kurtulabilme olasılıkları göz önüne alınarak saptanabilir.

Tüm bu parametrelerin analizi, “gemi olasılıklı yaralı stabilite yöntemi” olarak adlandırılır. Bu yöntem sonucunda geminin emniyet ölçüsü kabul edilen bir index bulunur ve bu index çarpışmadan sonra yaralı durumda geminin kurtulabilme ölçüsüdür.

2.2.2 Yaralanma standartları

1. Yolcu gemileri tüm yükleme koşullarında, yaralı boy içinde, bir ana bölmenin yaralanması durumunda, stabilite kriterlerini sağlayacak yeterli stabiliteye sahip olmalıdırlar.
2. Gerekli bölmeleme faktörü, 0,5 veya daha az fakat 0,33'den büyük olması durumunda, bitişik iki ana bölmenin yaralanması durumunda, stabilite kriterlerini sağlayacak yeterli stabiliteye sahip olmalıdırlar.
3. Gerekli bölmeleme faktörü, 0,33 veya daha az olması durumunda, bitişik üç ana bölmenin yaralanması durumunda, stabilite kriterlerini sağlayacak yeterli stabiliteye sahip olmalıdırlar.

2.2.3 Yara boyutları

Geminin aşağıda boyutları verilen bir yaraya maruz kaldığı kabul edilecektir:

1. Yara Boyu: $3 + 0,03 * L$ veya 11 metre, hangisi daha küçükse. Gerekli bölmeleme faktörünün 0,33 veya daha az olması durumunda, yara boyu, iki ardışık ana su geçirmez perdeyi içine alacak şekilde arttırılır.
2. Yara genişliği: (Geminin yaz yüklü su hattında, gemi bordasından simetri hattına dik mesafe) : $B/5$.
3. Yara Yüksekliği: Kaide hattından, yukarı doğru sınırsız.

2.2.4 Yaralı stabilite kriterleri

Geminin yaralandıktan, varsa karşı su dolma ile denge kurulduktan, sonraki nihai denge durumunda aşağıdaki kriterleri sağlamalıdır:

1. Pozitif doğrultucu moment kolu eğrisi, denge açısından itibaren en az $\theta=15^\circ$ bir aralığa sahip olmalıdır. 2. maddesinde sağlanması istenen, doğrultucu moment kolu eğrisi altında kalan alan değerinin, aşağıda verilen oran kadar arttırılması durumunda, bu aralık $\theta=10^\circ$ 'ye kadar azaltılabilir.

(15/Aralık)

Aralık: Yaralı durumda, denge açısından itibaren pozitif stabilite aralığı (derece).

2. Denge açısından aşağıda tariflenen açılardan küçük olanına kadar, doğrultucu moment kolu eğrisi altında kalan alan değeri en az 0,015 m*radyan olmalıdır.

(i)Müteakip su dolmaların meydana geldiği açı;

(ii)Bir bölmenin yaralanması durumunda 22° (denge açısından itibaren) veya aynı anda iki ve daha fazla bitişik bölmenin yaralanması durumunda $\theta=27^\circ$ (denge açısından itibaren)

3. Pozitif stabilite aralığı içinde, maksimum artık doğrultucu moment kolu değeri aşağıdaki formülle hesaplanan değerden az olamaz.

$GZ = (\text{Yatırııcı moment/deplasman})+0,04 \text{ (m)}$, ancak bu değer hiçbir zaman 0,1 m'den az alınamaz.

Yatırııcı moment değeri olarak, aşağıda ki değerlerden en büyüğü alınır.

(i)Tüm yolcuları bir bordada toplanmasından dolayı oluşan yatırııcı moment;

(ii)Bir bordadaki tüm metaforalarla indirilen filika, sal vb. gibi can kurtarma araçlarının tam dolu durumda oluşturdukları yatırııcı moment;

(iii)Rüzgâr basıncından dolayı oluşan yatırııcı moment.

4. Yaralanmanın ara kademelerinde, maksimum doğrultucu moment kolu değeri en az 0,05 m, pozitif doğrultucu moment kolu aralığı da en az $\theta=7^\circ$ olmalıdır. Tüm durumlarda geminin tek bir noktadan yaralandığı ve yalnız bir serbest su yüzeyi olduğu kabul edilecektir.

5. Asimetrik yaralanmalarda, varsa karşı su dolma ile denge kurulduktan sonra, nihai denge durumunda aşağıdaki kriterleri sağlamalıdır:

(i) Simetrik yaralanmalarda pozitif artık metasantr yüksekliği, sabit deplasman metodu (kayıp sephiye) kullanılması durumunda en az 50 mm olmalıdır;

(ii) Simetrik olmayan yaralanmalarda, bir bölmenin yaralanması durumunda oluşacak meyil açısı $\theta=7^\circ$ 'yi geçmemelidir. Aynı anda iki veya daha fazla bitişik bölmenin yaralanması durumunda, oluşacak meyil açısı olarak yetkili idarenin onayıyla, 12° 'ye müsaade edilebilir;

(iii) Yaralanmanın nihai durumunda, hiçbir zaman margin hattı suya girmeyecektir.

Yaralanmanın ara kademelerinde margin hattının suya girmesi durumunda, yetkili idare, geminin emniyeti açısından gerekli görmesi durumunda bazı araştırma ve düzenlemeler isteyebilir.

3. STOCKHOLM AGREEMENT

3.1 İçerik

SOLAS 90 yaralı stabilite standardı, 1,5 m etkin dalga yüksekliği durumundaki denizde ro-ro güvertesine giren suyun etkisini dolaylı olarak içermektedir.

1995 SOLAS Konferansında alınan 14 sayılı IMO Kararı, IMO yelerinin hakim deniz koşullarının ve diğer yerel koşulların, belirlenen bir alanda özel stabilite gereksinimlerini gerektirmesi halinde, bölgesel anlaşmalar akdetmelerine izin vermiştir.

ye Devletlerin de aralarında bulunduğu, sekiz kuzey Avrupa lkesi (Danimarka, Finlandiya, Almanya, İrlanda, Norveç, Hollanda, İngiltere ve İsveç) Stockholm’de 28 şubat 1996 tarihinde, ro-ro güvertesinde su birikiminin etkisini dikkate almak ve geminin 4 m etkin dalga yüksekliğine kadar SOLAS 90 standardından daha ağır durumlardan kurtulmasını sağlamak amacıyla, harsalı durumdaki ro-ro yolcu gemileri için daha yüksek bir stabilite standardını uygulamaya koymaya karar vermiştir.

Stockholm Anlaşması olarak bilinen bu anlaşma uyarınca, özel stabilite standardı geminin işletildiği deniz alanı ile ve daha özel olarak işletim alanında kaydedilen etkin dalga yüksekliği ile doğrudan ilgilidir; geminin işletildiği alanın etkin dalga yüksekliği, bir kaza hasarının meydana gelmesini takiben ortaya çıkacak, araç güvertesindeki suyun yüksekliğini belirler.

Bu yönetmeliğin amacı; çarpışma hasarı meydana geldiğinde ro-ro tipi yolcu gemilerinin kurtarılabilirliğini artıracak ve yolcular ve mürettebat için yüksek düzeyde bir emniyet sağlayacak, tek bir özel stabilite şartları düzeyi belirlemektir.

Etkin dalga yükseklikleri (h_s) zel stabilite şartları uygulanırken araç güvertesindeki suyun yüksekliğinin belirlenmesi için kullanılır. Etkin dalga yüksekliği rakamları yıllık olarak % 10’u geçmeyen bir olasılığa sahip olmalıdır.

29 Nisan 1990 tarihinde veya sonrasında inşa edilen bütün yolcu gemileri SOLAS 90 standardına uygun olmalıdır. Stockholm Anlaşmasında istenen hesaplamaların yapılması için gerekli olan, deniz seviyesinden yükseklik yani artık fribord (f_r) bu standart gereklerinin uygulanması ile belirlenecektir ve buna bağlı olarak dizayn su hattı üzerindeki güverte üzerinde biriken suyun stabiliteye etkisi hesap edilecektir.

3.2 Anlaşma Gereklerinin Uygulanması

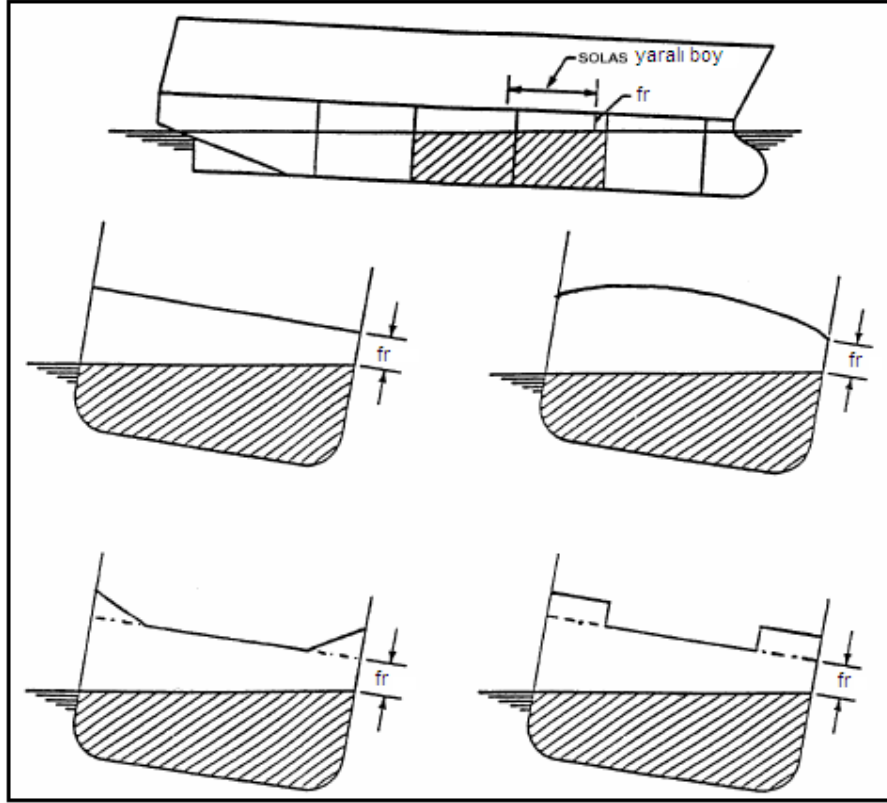
Etkin dalga yüksekliği 1.5m'den az olan denizlerde seyir eden gemiler bu antlaşmanın gereklerine uygun olmak zorunda değildir.

3.2.1 Tahmini su miktarı

Perde güvertesinde (araç güvertesi) biriken tahmini suyun, hasar bölgesinden girmiş olduğu varsayılmaktadır. Geminin, SOLAS 90 standardının tüm gerekliliklerini karşılamanın yanı sıra, güverteadaki su miktarı açısından, SOLAS Sözleşmesi Bölüm II-1/B, Kural 8'in 2.3 – 2.3.4 arasındaki maddelerinde yer alan SOLAS 90 bölümünün kriterleri ile de uyumlu olması gerekmektedir. Bu hesap için, SOLAS Sözleşmesi Bölüm II-1/B, Kural 8'in dışındaki diğer şartların dikkate alınması gerekmemektedir. Örneğin, geminin, bu hesap için denge açıları veya batmama payları gerekliliklerine uyması gerekmemektedir.

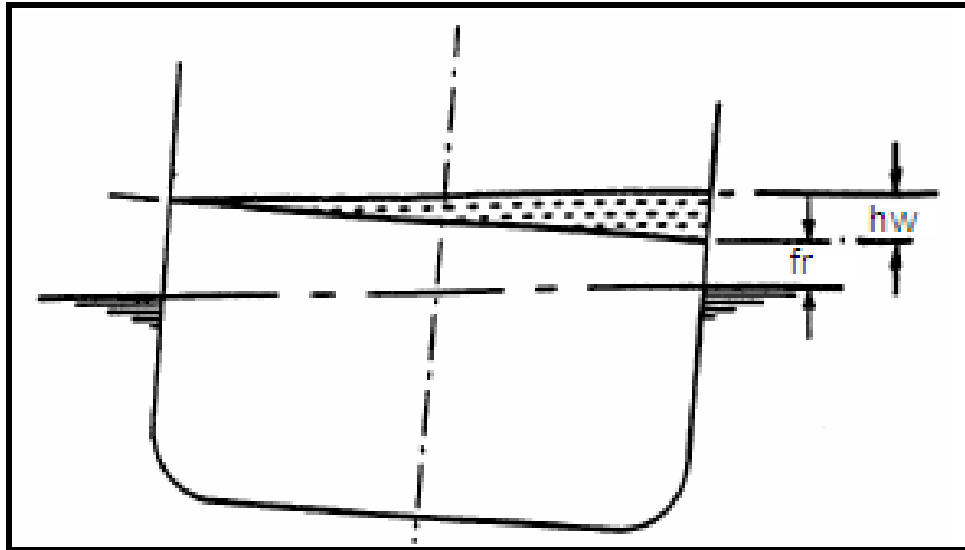
Biriken su, ortak yüzeyi, araba güvertesinde suyun girdiği varsayılan bütün bölümlerin içinde olan bir sıvı yük olarak eklenir. Güverteye dolan suyun yüksekliği (h_w), artık freeborda (f_r) bağlıdır ve hasar bölgesinde ölçülmektedir (Şekil 3.1). Deniz seviyesinden yükseklik, SOLAS 90 standardına uygunluğunun belirlenmesi için kullanılan tüm muhtemel hasar ihtimallerini incelendikten sonra varsayılan hasar bölgesinde, hasarlı ro-ro güvertesi ile marjin hattı arasındaki minimum mesafedir. Ro-ro güvertesinin hasarlı kompartımanının güverte kenarının en alçak noktası; veya hasarlı kompartımanının güverte kenarı battığında, hesaplamada tüm yana yatma ve trim açılarındaki sabit su yüzeyinin üzerindeki sabit yükseklik esas alınır.

f_r hesaplanırken, hasar gören ro-ro güvertesinde biriktiği varsayılan farazi su hacminin etkisi dikkate alınmamalıdır.



Şekil 3.1 : Artık fribord.

Eğer f_r 2.0m veya daha fazlaysa, ro-ro güvertesinde su birikmediği varsayılır. Eğer f_r 0.3 m veya daha az ise, h_w yüksekliğinin 0.5 m olduğu varsayılır. Ara su yükseklikleri lineer interpolasyon yoluyla bulunur (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 : Güverteye dolan su yüksekliği.

3.2.2 Suyu boşaltma yöntemleri

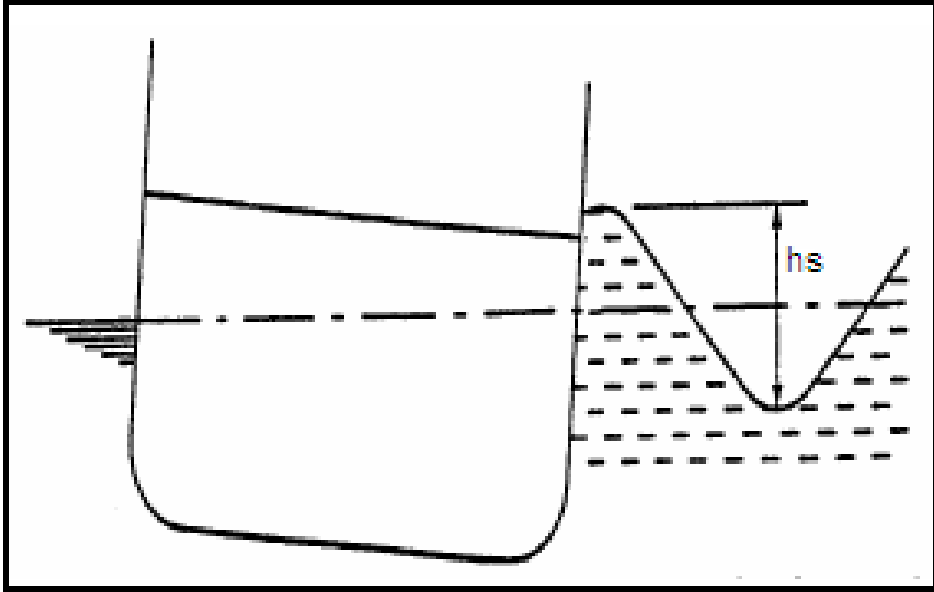
Suyu boşaltma yöntemleri, güvertede çok miktarda suyun birikmesini önleyebilecek kapasitede oldukları takdirde etkili olarak yorumlanabilir (saatte birkaç bin ton gibi). Bu değer günümüze kadar üretilmiş drenaj sistemleri kapasitelerinin çok üstünde olup, böylesine yüksek kapasiteli drenaj sistemleri IMO tarafından geliştirilecek ilkeler esas alınarak geliştirilebilir ve onaylanabilir.

3.2.3 Etkin (significant) dalga yüksekliği

Güvertede biriktiği varsayılan su miktarı, Bölüm 3.2.1'e uygun her türlü azaltmaya ek olarak, coğrafi olarak tanımlanan sınırlanmış alanlardaki işlemler için azaltılabilir.

Söz konusu alanda etkin (significant) dalga yüksekliği (h_s) 1.5 m veya daha az ise, hasar gören ro-ro güvertesinde ilave su birikmediği varsayılır. Söz konusu alanda etkin dalga yüksekliği 4.0 m veya daha fazla ise, o zaman biriktiği varsayılan suyun yüksekliği Bölüm 3.2.1'e göre hesaplanan değer olmalıdır. Ara değerler lineer interpolasyon yoluyla belirlenmelidir (Şekil 3.3).

Örneğin; $f_r = 1.15$ m ve $h_s = 2.75$ m ise, h_w yüksekliği 0.125 m olarak hesaplanır.

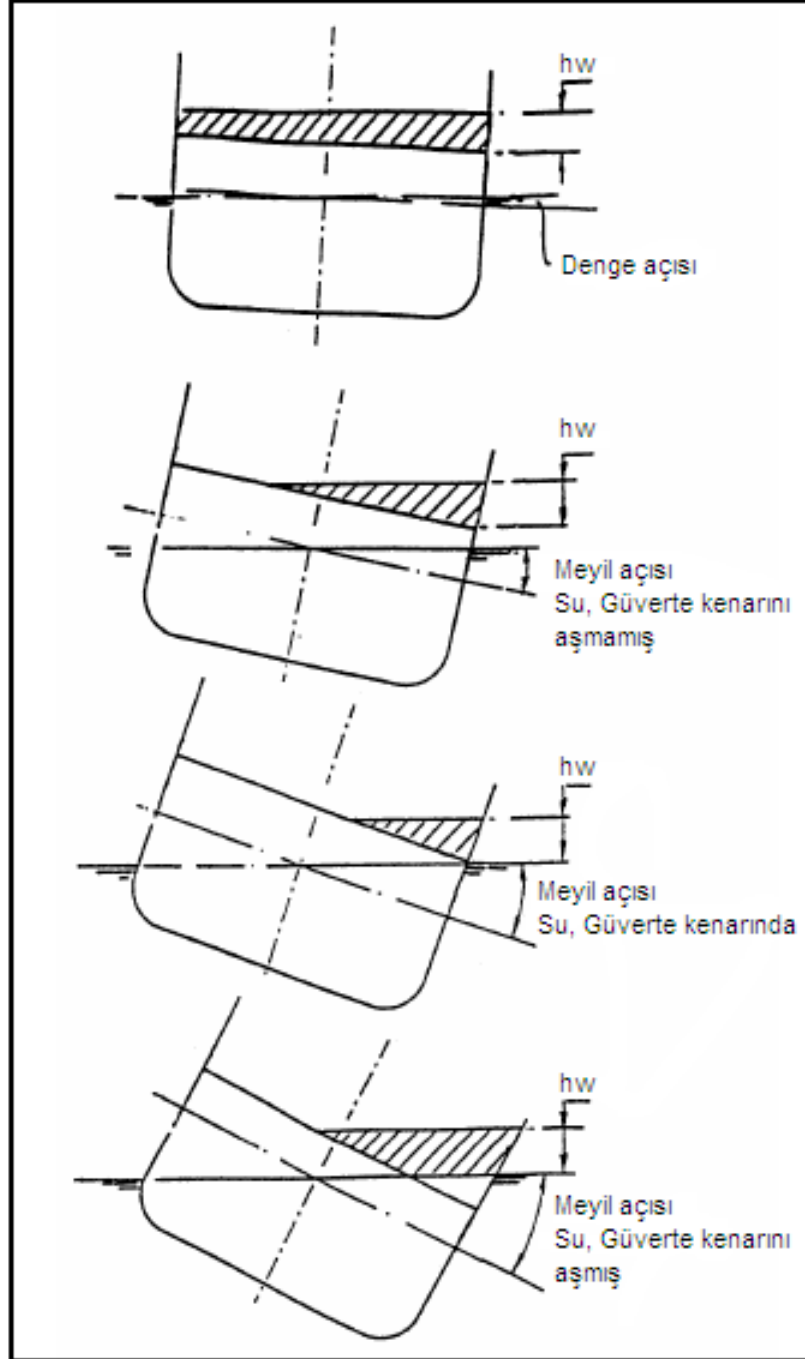


Şekil 3.3 : Etkin dalga yüksekliği.

Yükseklik h_w , f_r 'ye göre sabit tutulur. Bu nedenle eklenen su miktarı, meyil açısına ve belirli bir meyil açısında güvertenin suya batıp batmadığına bağlı olarak değişmektedir (Şekil 3.4). Araba güvertesi alanı varsayılan permabilitesinin %90

olarak alınacağına (MSC/Circ.649'e göre) dikkat edilmelidir. Su bastığı varsayılan diğer alanların permabilitesi ise, SOLAS Sözleşmesinde yer alan değerler olmalıdır.

Bu anlaşmaya uyumu göstermek için yapılan hesaplamalar, 4.0 m'den az etkin dalga yüksekliğine denk geliyorsa, o sınırlayıcı etkin dalga yüksekliği geminin yolcu gemisi güvenlik sertifikasına kaydedilmelidir.



Şekil 3.4 : Güvertenin suya batıp batmadığına bağlı olarak eklenen su miktarı.

3.2.1 ya da 3.2.3 bölümünde belirtilen yeni stabilite şartlarına uygunluğa bir alternatif olarak, idareler model testlerinden alınan uygunluk belgelerini de kabul edebilir. Model testleri için gerekli şartlar ve detaylı bilgiler Anlaşmada Ek 2’de yer almaktadır.

Bu anlaşmanın hükümleri doğrultusunda ‘güvertede su’ olduğu farz edildiğinde konvansiyonel olarak türetilen, SOLAS 90 sınırlayıcı operasyonel eğrileri (KG veya GM) uygulanmayabilir ve eklenen suyun da etkilerini göz önünde bulunduran revize edilmiş sınırlandırıcı eğrilerin belirlenmesi gerekebilir. Bu doğrultuda, yeterli sayıda draft ve trim için yeterli hesaplamalar gerçekleştirilmelidir.

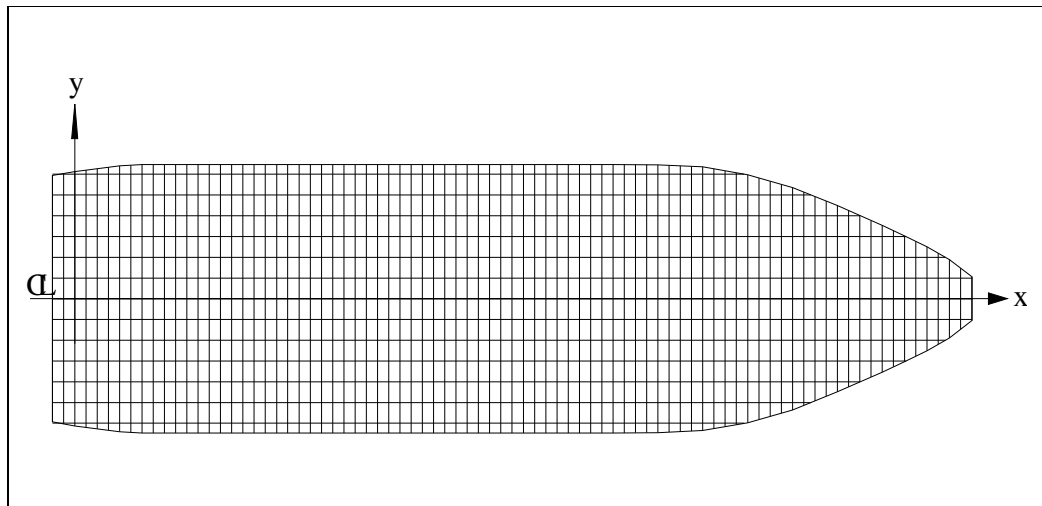
4. BİLGİSAYAR PROGRAMI

4.1 Program İçeriği

Program Microsoft Studio 2005 C# kullanılarak kodlanmıştır. Derlenen program çalışabilmesi için Windows 98 veya üzeri Micsosoft Windows tabanlı işletim sistemine ve Microsoft Framework 2.0 veya üzeri işletim sistemi eklentisine ihtiyaç duyar.

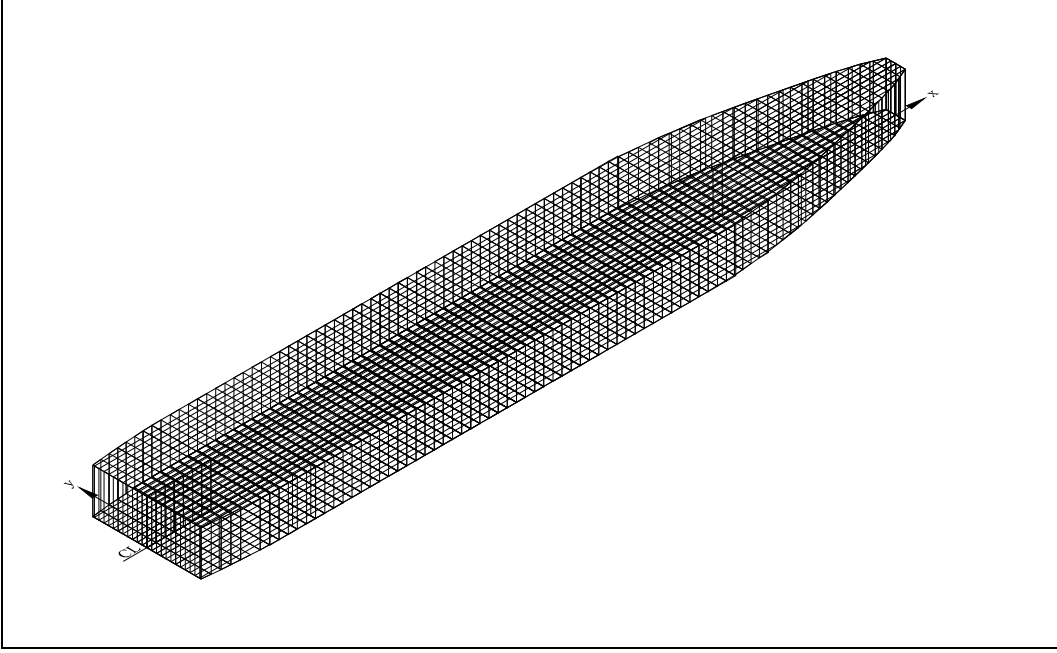
Hesaplama işlemleri eşit aralıklarla yerleştirilmiş noktalar vasıtasıyla yapılır. Bunun için ilk başta programa verilen güverte koordinatları iki çoklama aşamasından geçirilir.

1- Gemi güvertesi üzerinde programdan girilen hassasiyet aralıklarıyla taralı bir noktasal alan elde etmek (Şekil 4.1).



Şekil 4.1 : Gemi güvertesinin hassasiyet aralıklarında taranması.

2- Gemi güvertesinde elde edilmiş noktalar borda yüksekliği boyunca tekrarlanarak 3 boyutlu bir noktasal taralı hacim elde edilir (Şekil 4.2).



Şekil 4.2 : Borda yüksekliğince hassasiyet aralıklarında taralı hacim.

Gemi üzerinde suyun bulunabileceği tüm hacim aralıkları sabit noktalar ile belirlendikten sonra öteleme ve döndürme işlemleri yapılır. Döndürme işlemi yapmadan önce dönme merkezine öteleme yapmak döndürme işlemimizi kolaylaştıracaktır. Bu nedenle elde edilmiş tüm noktalar döndürme merkezine ötelenir. Öteleme kodu ve formül karşılığı aşağıdaki gibidir:

```
private bool funcShiftCoordinateSystem(ref TShape objMyShape)
{
    if (objRotationPoint.x != 0 || objRotationPoint.y != 0 || objRotationPoint.z != 0)
    {
        for (int i = 0; i < objMyShape.Points.Count; i++)
        {
            TPoint currentPoint = (TPoint)objMyShape.Points[i];

            currentPoint.x -= objRotationPoint.x;
            currentPoint.y -= objRotationPoint.y;
            currentPoint.z -= objRotationPoint.z;

            objMyShape.Points[i] = currentPoint;
        }
    }
}
```



```

    }

}

return true;

}

```

Burada `objMyShape` değişkeni daha önce çoğaltılmış tüm noktaları içerir. Bu döngüde tüm noktalar `objRotationPoint` değişkeniyle belirtilen döndürme merkezine ötelenir:

$$\begin{aligned}
 [a \ b \ c][x] &= [x*a + y*b + z*c] \\
 [d \ e \ f][y] &= [x*d + y*e + z*f] \\
 [g \ h \ i][z] &= [x*g + y*h + z*i] \\
 [a \ b \ c] &= [-DöndürmeMerkezi.x \quad 0 \quad 0] \\
 [d \ e \ f] &= [0 \quad -DöndürmeMerkezi.y \quad 0] \\
 [g \ h \ i] &= [0 \quad 0 \quad -DöndürmeMerkezi.z]
 \end{aligned}$$

Öteleme işleminden sonra verilen trim ya da meyil açısına göre Euler döndürme formülü kullanılarak tüm noktalar döndürülür. Öteleme kodu ve formül karşılığı aşağıdaki gibidir:

```

private bool funcRotate(ref TShape objMyShape)
{
    #region Rotate Around X

    if (objXRotationAngle % 360 != 0)
    {
        //Here we use Euler's matrix formula for rotating a 3D point x degrees
        around the x-axis

        //[ a b c ][ x ] [ x*a + y*b + z*c ]
        //[ d e f ][ y ] [ x*d + y*e + z*f ]
        //[ g h i ][ z ] [ x*g + y*h + z*i ]

        //[ 1  0  0 ]
        //[ 0  cos(x) sin(x)]
        //[ 0 -sin(x) cos(x)]
    }
}

```

```

for (int i = 0; i < objMyShape.Points.Count; i++)
{
    TPoint currentPoint = (TPoint)objMyShape.Points[i];

    double cDegrees = (Math.PI * objXRotationAngle) / 180.0f; //Convert
degrees to radian for .Net Cos/Sin functions

    double cosDegrees = Math.Cos(cDegrees);

    double sinDegrees = Math.Sin(cDegrees);

    double y, z;

    y = (currentPoint.y * cosDegrees) + (currentPoint.z * sinDegrees);

    z = (currentPoint.y * -sinDegrees) + (currentPoint.z * cosDegrees);

    currentPoint.y = y;

    currentPoint.z = z;

    objMyShape.Points[i] = currentPoint;
}
}

#endregion

#region Rotate Around Y

if (objYRotationAngle % 360 != 0)
{
    //Here we use Euler's matrix formula for rotating a 3D point x degrees
around the y-axis

    //[ a b c ] [ x ] [ x*a + y*b + z*c ]

    //[ d e f ] [ y ] = [ x*d + y*e + z*f ]

    //[ g h i ] [ z ] [ x*g + y*h + z*i ]

    //[ cos(x)  0  sin(x)]

    //[ 0      1      0    ]

    //[ -sin(x)  0  cos(x)]

```

```

for (int i = 0; i < objMyShape.Points.Count; i++)
{
    TPoint currentPoint = (TPoint)objMyShape.Points[i];

    double cDegrees = (Math.PI * objYRotationAngle) / 180.0; //Radians
    double cosDegrees = Math.Cos(cDegrees);
    double sinDegrees = Math.Sin(cDegrees);

    double x, z;

    x = (currentPoint.x * cosDegrees) + (currentPoint.z * sinDegrees);
    z = (currentPoint.x * -sinDegrees) + (currentPoint.z * cosDegrees);

    currentPoint.x = x;
    currentPoint.z = z;

    objMyShape.Points[i] = currentPoint;
}
}

#endregion

return true;
}

```

x ekseninde döndürmek için Euler formülü kullanılır:

$$\begin{aligned}
 \begin{bmatrix} a & b & c \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} x*a + y*b + z*c \end{bmatrix} \\
 \begin{bmatrix} d & e & f \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} x*d + y*e + z*f \end{bmatrix} \\
 \begin{bmatrix} g & h & i \end{bmatrix} \begin{bmatrix} z \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} x*g + y*h + z*i \end{bmatrix} \\
 \begin{bmatrix} a & b & c \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \\
 \begin{bmatrix} d & e & f \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} 0 & \cos(x) & \sin(x) \end{bmatrix} \\
 \begin{bmatrix} g & h & i \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} 0 & -\sin(x) & \cos(x) \end{bmatrix}
 \end{aligned} \tag{4.1}$$

y ekseninde döndürmek için Euler formülü kullanılır (4.2).

$$\begin{aligned}
[a \ b \ c] [x] &= [x*a + y*b + z*c] \\
[d \ e \ f] [y] &= [x*d + y*e + z*f] \\
[g \ h \ i] [z] &= [x*g + y*h + z*i] \\
[a \ b \ c] &= [\cos(x) \quad 0 \quad \sin(x)] \\
[d \ e \ f] &= [0 \quad 1 \quad 0] \\
[g \ h \ i] &= [-\sin(x) \quad 0 \quad \cos(x)]
\end{aligned} \tag{4.2}$$

Döndürme işleminden sonra geri öteleme işlemi gerçekleştirilir. Böylelikle xyz koordinat sisteminde bulunan noktalar bir dönme merkezi noktasına göre x veya z eksenine göre döndürülmüş olacaktır. Geri öteleme kodu ve formül karşılığı aşağıdaki gibidir:

```

public bool funcShiftPointBack(ref TPoint point)
{
    if (objRotationPoint.x != 0 || objRotationPoint.y != 0 || objRotationPoint.z !=
0)
    {
        point.x += objRotationPoint.x;
        point.y += objRotationPoint.y;
        point.z += objRotationPoint.z;
    }
    return true;
}

[a \ b \ c] [x] = [x*a + y*b + z*c]
[d \ e \ f] [y] = [x*d + y*e + z*f]
[g \ h \ i] [z] = [x*g + y*h + z*i]
[a \ b \ c]      = [ - DöndürmeMerkezi.x          0          0 ]
[d \ e \ f]      = [  0          - DöndürmeMerkezi.y          0 ]
[g \ h \ i]      = [  0          0          - DöndürmeMerkezi.z]

```

Noktalar trim veya meyil yaptırıldıktan sonra içlerinde en küçük z offseti bulunan nokta suyun biriktiği yerin en alt noktası olacaktır buda bize artık fribordu verir. Bu nedenle elde edilmiş tüm noktalar aşağıdaki fonksiyon yardımı ile taranarak Z-minimum değeri elde edilir:

```

private TPoint funcFindZMin()
{
    TShape objShape = objOriginalPoints.Copy();

```

****** Noktaları çıkılma, öteleme, döndürme ve geri öteleme işlemler*

```
funcIncreasePoints(ref objShape);  
funcIncreasePointsSymetric(ref objShape);  
funcShiftCoordinateSystem(ref objShape);  
funcRotate(ref objShape);  
funcShiftCoordinateSystemBack(ref objShape);
```

******/*

```
TPoint minZPoint = (TPoint)objShape.Points[0];  
for (int i = 1; i < objShape.Points.Count; i++)  
{  
    if (minZPoint.z > ((TPoint)objShape.Points[i]).z)  
        minZPoint = (TPoint)objShape.Points[i];  
}  
zMin = minZPoint.z;  
return minZPoint;  
}
```

Z-Minimum noktası yani artık fribord hesaplandıktan sonra birikecek suyun miktarını hesaplayabilmek için hV yani güverte üzerinde biriken su yüksekliği(hw) değerine ihtiyaç vardır. HV, Stockholm Anlaşmasındaki artık fribord değer aralığına göre belirlenmiş ve ara değerler için ise interpolasyon yapılmıştır:

```
private void funcFindHV()  
{  
    if (zMin - T >= 2)  
        hV = 0;  
    else if (zMin - T <= 0.3)  
        hV = 0.5;  
    else  
    {  
        hV = (2 - (zMin - T)) / 3.4;  
    }  
    if (hS <= 1.5)  
        hV = 0;  
    else if (hS > 1.5 && hS < 4)  
    {
```

```

        hV = hV - (((4 - hS) * hV) / 2.5);
    }
    if (zMin - T < 0)
    {
        zMin = T;
        BordaYuksekligi = I + T - zMin;
    }
}

```

Hv değeri bulunduktan sonra Zmin değerinden itibaren Hv aralığı boyunca tüm noktalar biriken suyu ifade etmiş olacaktır.

4.1.1 Hacim Hesabı:

Nokta aralıkları eşit olduğundan hacim hesabı aşağıdaki şekilde yapılabilir:

Hacim = Birim Hacim x Nokta sayısı

```

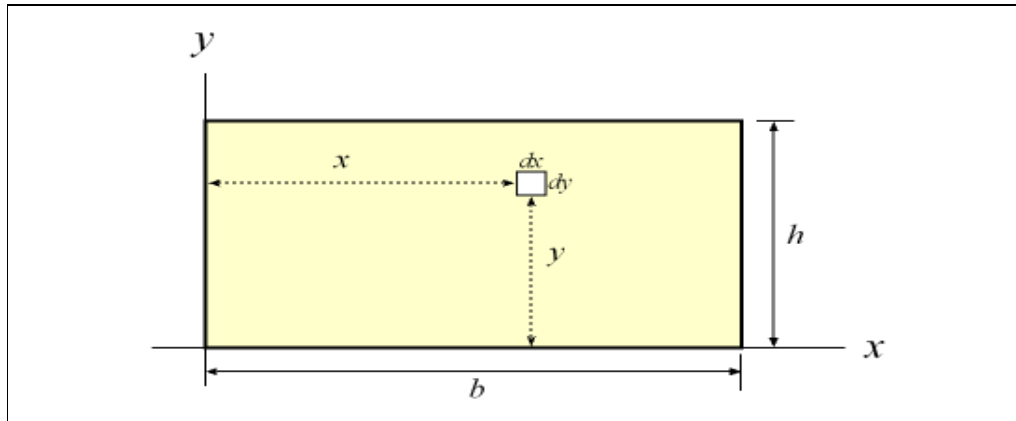
private void funcCalculateVolume()
{
    Volume = objExtraPointsXY.Points.Count + objExtraPointsXYZ.Points.Count;
    Volume *= Math.Pow(maxDistanceBetweenTwoPoints, 3);
}

```

Burada ilk satır toplam nokta sayısını ikinci satır ise birim hacmi ifade etmektedir.

4.1.2 Atalet Momenti Hesabı:

Serbest su yüzeti etkisini bulabilmek için x eksenine göre atalet momenti hesap edilmiştir (4.3).



Şekil 4.3 : X - eksenine göre atalet momenti hesabı

$$\begin{aligned}
I_x &= \int y^2 dA \\
dA &= dx dy \\
I_x &= \int_{y=0}^h \int_{x=0}^b y^2 dx dy
\end{aligned} \tag{4.3}$$

Nokta aralıkları sabit olduğundan ıslak alan içinde kalan tüm noktalar için ayrı ayrı atalet momenti bulunmuş ve toplandığında serbest su yüzeyi boyuna simetri eksenine göre atalet momenti hesap edilmiştir.

```

private void funcHesaplaAtaletMomenti()
{
    TShape XYPoints = objExtraPointsXY.Copy();
    funcShiftCoordinateSystem(ref XYPoints);
    funcRotateBack(ref XYPoints);
    funcShiftCoordinateSystemBack(ref XYPoints);
    double AtaletMomenti = 0.0;
    for (int i = 0; i < XYPoints.Points.Count; i++)
    {
        TPoint p = (TPoint)XYPoints.Points[i];
        AtaletMomenti += ((double)1 / 3) * maxDistanceBetweenTwoPoints *
(Math.Pow(Math.Abs(p.y) + (maxDistanceBetweenTwoPoints / 2), 3) -
Math.Pow(Math.Abs(p.y) - (maxDistanceBetweenTwoPoints / 2), 3));
    }
    Ix = AtaletMomenti;
}

```

Serbest su yüzeyi etkisiyle GM'deki virtüel kayıp hesap edilmiş olur (4.4).

$$GM1 = I_x / V \tag{4.4}$$

4.1.3 Hacim Merkezi Hesabı:

Nokta aralıkları sabit olduğu için biriken suyun içinde bulunan tüm noktaların x y ve z koodinatlarının aritmetik ortalaması hacim merkezini verecektir:

```
private void funcHesaplaHacimMerkezi()

    TPoint _origin = new TPoint(0,0,0);

    for (int i = 0; i < objExtraPointsXY.Points.Count; i++)
    {
        _origin.x += ((TPoint)objExtraPointsXY.Points[i]).x;
        _origin.y += ((TPoint)objExtraPointsXY.Points[i]).y;
        _origin.z += ((TPoint)objExtraPointsXY.Points[i]).z;
    }

    for (int i = 0; i < objExtraPointsXYZ.Points.Count; i++)
        _origin.x += ((TPoint)objExtraPointsXYZ.Points[i]).x;
        _origin.y += ((TPoint)objExtraPointsXYZ.Points[i]).y;
        _origin.z += ((TPoint)objExtraPointsXYZ.Points[i]).z;

    {
        _origin.x = _origin.x / (objExtraPointsXYZ.Points.Count +
objExtraPointsXY.Points.Count);
        _origin.y = _origin.y / (objExtraPointsXYZ.Points.Count +
objExtraPointsXY.Points.Count);
        _origin.z = _origin.z / (objExtraPointsXYZ.Points.Count +
objExtraPointsXY.Points.Count);

        //Hacim merkezi koordinatlarını geminin son haline göre vereceğiz
        funcShiftPoint(ref _origin);

        funcRotatePointBack(ref _origin);

        funcShiftPointBack(ref _origin);

        origin = _origin;
```


4.1.4 Islak Alan Hesabı:

Nokta aralıkları eşit olduğu için ıslak alan hesabı aşağıdaki gibi yapılabilir (4.5):

$$\text{Islak Alan} = \text{Nokta Sayısı} \times \text{Birim Alan} \quad (4.5)$$

```
private void funcHesaplaIslakAlan()  
{  
Aw=objExtraPointsXY.Points.Count*Math.Pow(maxDistanceBetweenTwoPoints, 2);  
}
```

4.2 Örnek Uygulamalar

Aşağıda boyutları verilen dikdörtgen dubalar örnek bir uygulama amacıyla ilk önce elde hesabı yapılmış, daha sonrada yazdığımız bilgisayar programında hesaplanıp sonuçlar karşılaştırılmıştır (Çizelge 4.1-4.2-4.3).

Bu programı çalıştırmak için ilk olarak hesaplanmak istenen şeklin (araç güvertesi) x, y, z koordinatları bir Excel dosyasında verilip csv olarak kaydedilmelidir ve programa, hesapla tuşuna basıp dosya yüklenmelidir (Şekil 4.5-4.7-4.9). Daha sonra Stockholm Anlaşması gereğince araba güvertesine dolan suyun hacmi, bordadaki yüksekliği, serbest su yüzeyinin boyuna simetri eksenine göre atalet momenti, GM'deki virtüel kayıp, ıslak alan ve güverte alanı değerleri programda sağ tarafta verilecektir (Şekil 4.6-4.8-4.10).

4.2.1 Meyilli durumda hesap

Dubanın ana değerleri:

$$L = 100 \text{ m}$$

$$D = 10.5 \text{ m}$$

$$B = 10 \text{ m}$$

Bu duba 30 derece meyil yaptığında ana güvertenin deniz seviyesinden yüksekliği artık fribord ölçülmüştür (Şekil 4.4).

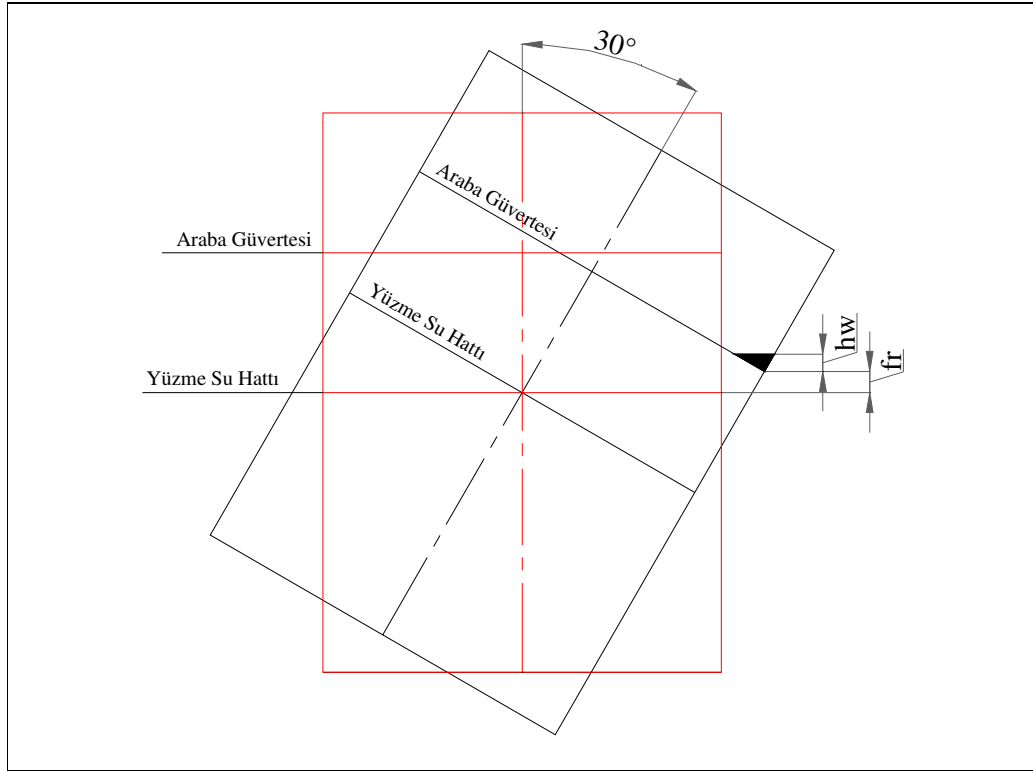
$$f_r = 0.531 \text{ m bulunmuştur.}$$

Stockholm anlaşmasında belirtildiği gibi;

$f_r \geq 2.0$ m ise $h_w = 0.0$ m

$f_r \leq 0.3$ m ise $h_w = 0.5$ m alınır.

Bulunan f_r bu iki değer arasında bulunduğu için interpolasyon yapıldı ve h_w 0.432 m olarak hesaplandı. Buna denk gelen hacim, ıslak alan atalet momenti ve GM'deki virtüel kayıp, ıslak alan ve güverte alanı hesap edilmiştir.



Şekil 4.4 : Örnek uygulama - meyilli durum

Meyilli durum.cs...		
Dosya	Düzen	Biçim
Görünüm		
Yardım		
0	5	10,5
5	5	10,5
10	5	10,5
20	5	10,5
30	5	10,5
40	5	10,5
50	5	10,5
60	5	10,5
70	5	10,5
80	5	10,5
90	5	10,5
95	5	10,5
100	5	10,5

Şekil 4.5 : Güverte koordinatları-Meyilli durum

Neslihan Çelebi Yüksek Lisans Tezi - 2009

Hassasiyet: 0,04 m

LBP: 100,000 m

LCF: 0,000 m

Trim

T(baş): 7,000 m T(kıç): 7,000 m

V(deplasman): 7175,000 ton

hs(dalga yük.): 5,000 m

Meyil: 30,000 derece

Hesapla

Güverte Üzerinde Biriken Su:
Vw=22,796 ton

Güverteye Dolan Su Yüksekliği:
hw=0,432 m

Serbest Su Yüzeyi Boyuna Simetri Eksenine göre Atalet Momenti:
Ix=1751,602 m⁴

Serbest Su Yüzeyi Etkisiyle GM'deki Virtüel Kayıp:
GG1=0,25 m

Hacim Merkezi:
(x;y;z) = (49,98;4,688;10,65) m

Islak Alan:
Aw=84 m²

Güverte Alanı:
A=999,2 m²

Şekil 4.6 : Stockholm antlaşması uygulama programı –Meyilli durum.

Bilgisay programında ve elde hesap edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır ve çok yakın değerler bulunmuştur (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1 : Meyilli durumda sonuçların karşılaştırılması.

Sonuçlar	Elde hesap edilen	Bil. Prog. ile hesap edilen
Güv.Üzerinde Biriken Su (ton)	22.1	22.796
Güv.ye Dolan Su Yüksekliği (m)	0.432	0.432
Atalet Momenti (m ⁴)	1808	1751.602
GM'deki Virtüel Kayıp (m)	0.258	0.25
Hacim Merkezi (m)	50;4.7;10.66	49.98;4.688;10.65
Islak Alan (m ²)	86	84
Güv. Alanı (m ²)	1000	999.2

4.2.2 Trimli durumda hesap

Dubanın ana değerleri:

$$L = 100 \text{ m}$$

$$D = 20 \text{ m}$$

$$B = 20 \text{ m}$$

$$T_b = 19.687 \text{ m (baş taraftaki draft)}$$

$$T_k = -1.569 \text{ m (kıç taraftaki draft)}$$

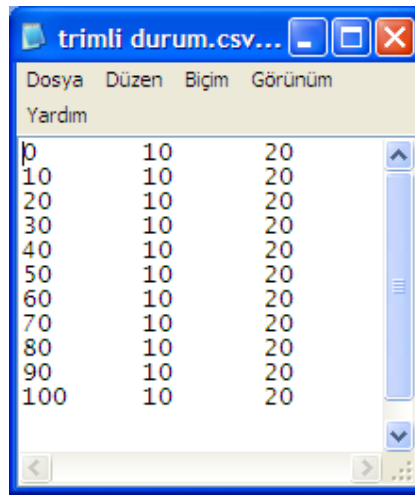
Bu duba trim yaptığında güvertenin deniz seviyesinden yüksekliği artık fribord ölçülmüştür ve $f_r = 0.3026$ m bulunmuştur.

Stockholm anlaşmasında belirtildiği gibi;

$f_r \geq 2.0$ m ise $h_w = 0.0$ m

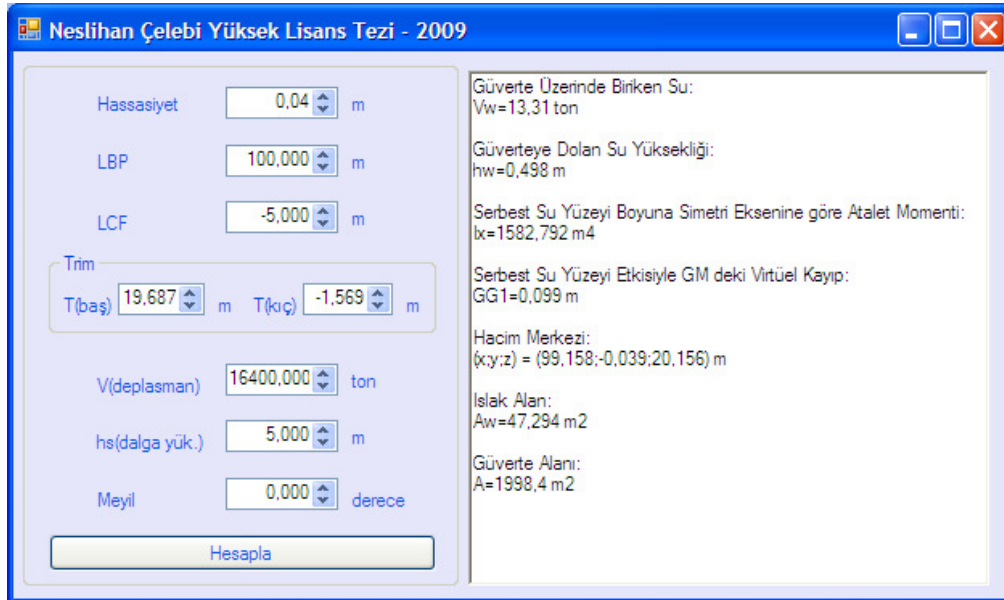
$f_r \leq 2.0$ m ise $h_w = 0.5$ m alınır.

Bulunan f_r ve bu iki değer arasında bulunduğu için interpolasyon yapılmış ve h_w 0.498 m olarak hesaplanmıştır. Buna denk gelen hacim, ıslak alan atalet momenti ve GM'deki virtüel kayıp, ıslak alan ve güverte alanı hesap edilmiştir.



Dosya	Düzen	Biçim
10	10	20
10	10	20
20	10	20
30	10	20
40	10	20
50	10	20
60	10	20
70	10	20
80	10	20
90	10	20
100	10	20

Şekil 4.7 : Güverte koordinatları-Meyilli durum



Neslihan Çelebi Yüksek Lisans Tezi - 2009

Hassasiyet: 0.04 m

LBP: 100,000 m

LCF: -5,000 m

Trim: T(baş) 19.687 m, T(kıç) -1.569 m

V(deplasman): 16400,000 ton

hs(dalga yük.): 5,000 m

Meyil: 0,000 derece

Hesapla

Güverte Üzerinde Biriken Su: Vw=13,31 ton

Güverteye Dolan Su Yüksekliği: hw=0,498 m

Serbest Su Yüzeyi Boyuna Simetri Eksenine göre Atalet Momenti: Ix=1582,792 m4

Serbest Su Yüzeyi Etkisiyle GM deki Virtüel Kayıp: GG1=0,099 m

Hacim Merkezi: (x;y;z) = (99,158;-0,039;20,156) m

Islak Alan: Aw=47,294 m2

Güverte Alanı: A=1998,4 m2

Şekil 4.8 : Stockholm antlaşması uygulama programı –Trimli durum

Bilgisay programında ve elde hesap edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır ve çok yakın değerler bulunmuştur (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2 : Trimli durumda sonuçların karşılaştırılması.

Sonuçlar	Elde hesap edilen	Bil. Prog. ile hesap edilen
Güv. Üzerinde Biriken Su (ton)	12.36	13.31
Güv.ye Dolan Su Yüksekliği (m)	0.498	0.498
Atalet Momenti (m ⁴)	1600.8	1582.792
GM'deki Virtüel Kayıp (m)	0.1	0.099
Hacim Merkezi (m)	99.2;0;20.17	99.158;-0.039;20.156
Islak Alan (m ²)	46.95	47.294
Güverte Alanı (m ²)	2000	1998.4

4.2.3 Meyilli ve trimli durumda hesap

Dubanın ana değerleri:

$$L = 100 \text{ m}$$

$$D = 8 \text{ m}$$

$$B = 20 \text{ m}$$

$$T_b = 7 \text{ m (baş taraftaki draft)}$$

$$T_k = 7.4 \text{ m (kış taraftaki draft)}$$

Bu duba trim yaptığında güvertenin deniz seviyesinden yüksekliği artık fribord ölçülmüştür.

$$f_r = 0.25 \text{ m bulunmuştur.}$$

Stockholm Anlaşması'nda belirtildiği gibi;

$$f_r \geq 2.0 \text{ m ise } h_w = 0.0 \text{ m}$$

$$f_r \leq 0.3 \text{ m ise } h_w = 0.5 \text{ m alınır.}$$

Bulunan f_r 0.3'ten küçük olduğu için h_w 0.5 m olarak alınmıştır. Buna denk gelen hacim, ıslak alan atalet momenti ve GM'deki virtüel kayıp, ıslak alan ve güverte alanı hesap edilmiştir.

Dosya	Düzen	Görünüm
	0	8
	10	8
	20	8
	30	8
	40	8
	50	8
	60	8
	80	8
	90	8
	100	8

Şekil 4.9 : Güverte koordinatları-Meyilli ve trimly durum

Hassasiyet: 0,04 m

LBP: 100,000 m

LCF: -5,000 m

Trim: T(baş) 7,000 m, T(kıç) 7,400 m

V(deplasman): 14400,000 ton

hs(dalga yük.): 5,000 m

Meyil: 2,000 derece

Hesapla

Güverte Üzerinde Biriken Su:
Vw=169,274 ton

Güverteye Dolan Su Yüksekliği:
hw=0,5 m

Serbest Su Yüzeyi Boyuna Simetri Eksenine göre Atalet Momenti:
Ix=31505,422 m⁴

Serbest Su Yüzeyi Etkisiyle GM'deki Virtüel Kayıp:
GG1=2,243 m

Hacim Merkezi:
(x;y;z) = (31,499;6,232;8,112) m

Islak Alan:
Aw=857,851 m²

Güverte Alanı:
A=1998,4 m²

Şekil 4.10 : Stockholm antlaşması uygulama programı –Meyilli ve Trimli durum.

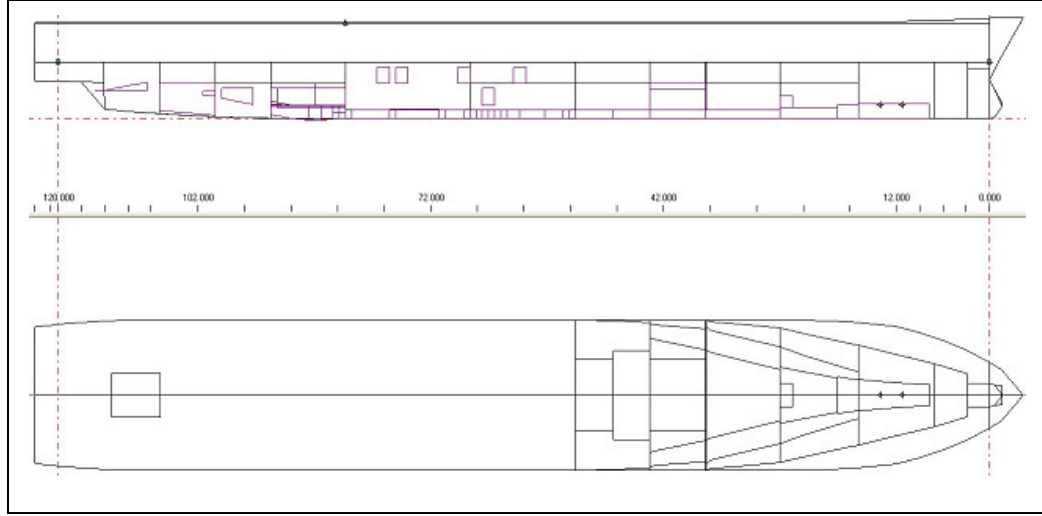
Bilgisay programında ve elde hesap edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır ve çok yakın değerler bulunmuştur (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.3 : Meyilli ve trimli durumda sonuçların karşılaştırılması.

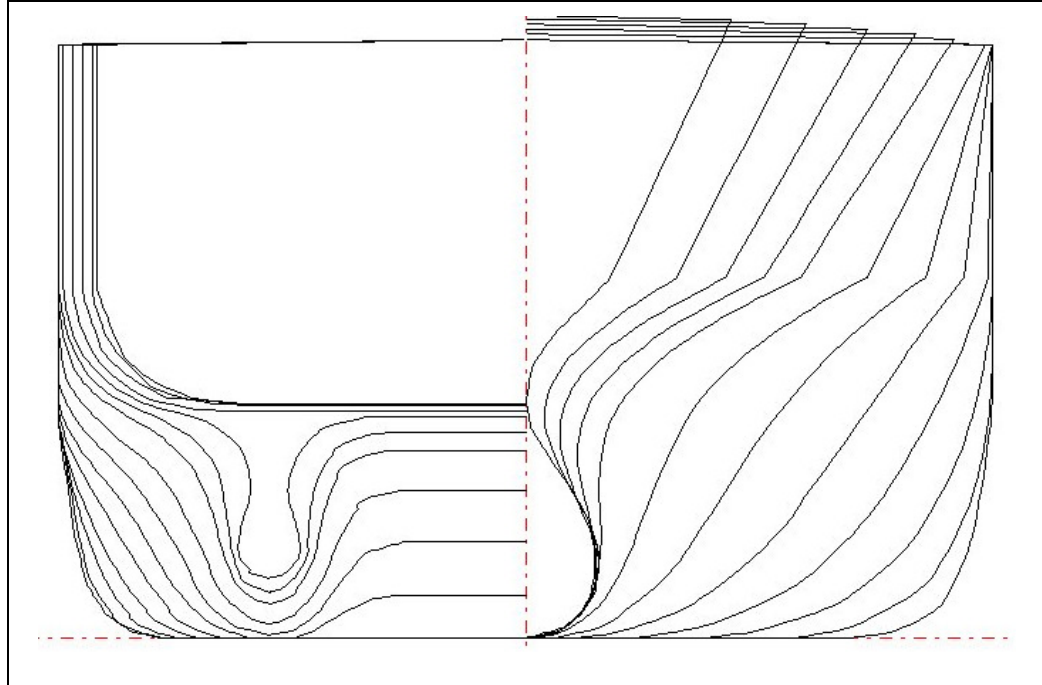
Sonuçlar	Elde hesap edilen	Bil. Prog. ile hesap edilen
Güv. Üzerinde Biriken Su (ton)	169.021	169.274
Güv.ye Dolan Su Yüksekliği (m)	0.5	0.5
Atalet Momenti (m ⁴)	32012.5	31505.422
GM'deki Virtüel Kayıp (m)	2.223	2.243
Hacim Merkezi (m)	31.51;6.114;8.1	31.499;6.232;8.112
Islak Alan (m ²)	859.285	857.851
Güverte Alanı (m ²)	2000	1998.4

5. MEVCUT RO-RO YOLCU GEMİSİNDE UYGULAMA

Uygulamada kullanılan ro-ro yolcu gemisinin profil ve üst görüntüsü Şekil 5.1, posta kesitleri Şekil 5.2’de ve ana değerleri ise Çizelge 5.1’de verilmiştir.



Şekil 5.1 : Mevcut gemi profil ve üst görüntüsü.



Şekil 5.2 : Mevcut gemi posta kesitleri kesitleri.

Çizelge 5.1 : Mevcut gemi değerleri.

Dikeyler arası boy L_{BP} , m	120
Genişlik B , m	19.4
Araba güvertesi yüksekliği, m	7.3

Bu bölümde, Stockholm Anlaşması gereğince güverteye dolan suyun miktarı yazılan bilgisayar programı ile hesaplanmış ve bu değerler standart bir stabilite programı ile birlikte kullanılarak mevcut bir ro-ro yolcu gemisinin çeşitli yükleme durumlarındaki stabilitesi incelenerek Stockholm Anlaşmasının gereklerinin stabilite üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir (Şekil 5.1-5.2). İncelenen yükleme durumları: tam yüklü kalkış ve balastlı kalkıştır. Her bir yükleme durumu için de değişik meyil ve trim açıları verilmiştir: 2 derece sancağa meyil; 1 m kıç trim; 2 derece sancağa meyil+1 m kıç trim.

5.1 Tam Yüklü Kalkış

5.1.1 2 derece sancağa meyilli

Gemi deplasmanı 7915.8 ton, baş draftı 5.425m, kıç draftı 5.418m, LCF'i gemi ortasında 10.251 m kıç tarafta ve 2 derece sancağa meyilli iken Stockholm Anlaşması gereğince araba güvertesine dolan suyun miktarı 32.872 ton bulunmuştur (Şekil 5.3). Bu değer, standart bir stabilite programında yük olarak girilip stabiliteye etkisi incelenmiştir (Çizelge 5.2).

Neslihan Çelebi Yüksek Lisans Tezi - 2009

Hassasiyet: 0,04 m

LBP: 120,000 m

LCF: -10,251 m

Trim

T(baş): 5,425 m T(kıç): 5,418 m

Δ(deplasman): 7915,800 ton

hs(dalga yük.): 5,000 m

Meyil: 2,000 derece

Hesapla

Güverte Üzerinde Biriken Su:
Vw=32,872 ton

Güverteye Dolan Su Yüksekliği:
hw=0,136 m

Serbest Su Yüzeyi Boyuna Simetri Eksenine göre Atalet Momenti:
Ix=22666,717 m⁴

Serbest Su Yüzeyi Etkisiyle GM'deki Virtüel Kayıp:
GG1=2,935 m

Hacim Merkezi:
(x,y,z) = (46,88;8,137;7,331) m

Islak Alan:
Aw=377,853 m²

Güverte Alanı:
A=2139,666 m²

Şekil 5.3 : Stockholm Anlaşması uygulama programı – Tam yüklü kalkış / 2 derece sancağa meyilli.

Deplasmanda ki 32.872 ton artışı geminin hidrostatik değerlerini etkilemiştir. Serbest su yüzeyi etkisiyle GM’de azalma meydana gelmiş ve meyil açısı 1 dereceden fazla artmıştır (Çizelge 5.2).

Çizelge 5.2 : Hidrostatik değerler – Tam yüklü kalkış / 2 derece sancağa meyilli.

Değerler	Stockholm uygulanmamış sonuçlar	Stockholm uygulamış sonuçlar
Deplasman, ton	7915.800	7948.651
LCG, m	-4.227	-4.242
LCB, m	-4.224	-4.266
LCF, m	-10.251	-10.151
T1, ton/cm	20.005	19.999
MT1, ton.m	152.483	152.432
Trim, m	-0.007	-0.002
Ortalama draft, m	5.422	5.435
Draft baş, m	5.425	5.436
Draft kıç, m	5.418	5.434
KM, m	9.964	9.946
KG, m	8.386	8.382
GM düzeltilmemiş, m	1.577	1.564
Serbest su yüzeyi, m	0.044	0.117
GM düzeltilmiş, m	1.533	1.448
Meyil açısı, derece	2.002	3.244

Meyil açısındaki artış çok büyük olmadığından artık draftlardaki değişimde çok fazla değildir (Çizelge 5.3).

Çizelge 5.3 : Kritik noktalarda artık draft – Tam yüklü kalkış / 2 derece sancağa meyilli.

Değerler	Stockholm uygulanmamış sonuçlar (m)	Stockholm uygulamış sonuçlar (m)
Araba Güv. -P (baş)	2.050	2.148
Araba Güv. -S (baş)	1.700	1.581
Araba Güv. -P (kıç)	2.203	2.388
Araba Güv. -S (kıç)	1.560	1.345
Kamara Güv. - P	7.017	7.057
Kamara Güv. - S	6.842	6.774
Restoran Güv. - P	9.513	9.581
Restoran Güv.- S	9.247	9.150.

Hasarsız stabilite kriterlerine baktığımızda her iki durumda da bir sorun gözükmemekte ve tüm kriterler sağlanmaktadır (Çizelge 5.4).

Çizelge 5.4 : Hasarsız stabilite kriterleri – Tam yüklü kalkış / 2 derece sancağa meyilli.

Değerler	Gerekli olan	Stockholm uygulanmamış sonuçlar	Stockholm uygulamış sonuçlar
GM, m	0.150	1.533	1.448
GZ(30), m	0.200	0.746	0.712
MaxGZ, derece	25.000	44.960	45.085
Alan(30) , m ²	0.055	0.169	0.153
Alan(40), m ²	0.090	0.329	0.307
Alan(30:40), m ²	0.030	0.160	0.154

5.1.2 1 m. kıça trimli

Gemi deplasmanı 7915.8 ton, baş draftı 4.829 m, kıç draftı 5.834 m, LCF’i gemi ortasında 11.215 m kıç tarafta ve meyil yok iken Stockholm Anlaşması gereğince araba güvertesine dolan suyun hacmi 39.524 ton bulunmuştur (Şekil 5.4). Bu değer, standart bir stabilite programında yük olarak girilip stabiliteye etkisi incelenmiştir (Çizelge 5.5).

Neslihan Çelebi Yüksek Lisans Tezi - 2009

Hassasiyet: 0,04 m

LBP: 120,000 m

LCF: -11,215 m

Trim:

T(baş): 4,829 m T(kıç): 5,835 m

Δ(deplasman): 7915,800 ton

hs(dalga yük.): 5,000 m

Meyil: 0,000 derece

Hesapla

Güverte Üzerinde Biriken Su:
Vw=39,524 ton

Güverteye Dolan Su Yüksekliği:
hw=0,165 m

Serbest Su Yüzeyi Boyuna Simetri Eksenine göre Atalet Momenti:
Ix=11394,346 m⁴

Serbest Su Yüzeyi Etkisiyle GM deki Virtüel Kayıp:
GG1=1,475 m

Hacim Merkezi:
(x;y;z) = (4,413;-0,032;7,342) m

Islak Alan:
Aw=376,805 m²

Güverte Alanı:
A=2139,666 m²

Şekil 5.4 : Stockholm anlaşması uygulama programı – Tam yüklü kalkış / 1 m kıça trimli durum.

Deplasmanda ki 39.524 ton artışı geminin hidrostatik değerlerini etkilemiştir. Serbest su yüzeyi etkisiyle GM’de büyük bir kayıp olmuştur (Çizele 5.5).

Çizelge 5.5 : Hidrostatik değerler– Tam yüklü kalkış / 1 m kıça trimli durum.

Değerler	Stockholm uygulanmamış sonuçlar	Stockholm uygulamış sonuçlar
Deplasman, ton	7915.800	7955.214
LCG, m	-6.103	-6.210
LCB, m	-6.147	-6.391
LCF, m	-11.215	-11.279
T1, ton/cm	19.897	19.900
MT1, ton.m	148.987	148.942
Trim, m	1.005	1.123
Ortalama draft, m	5.332	5.341
Draft baş, m	4.829	4.779
Draft kıç, m	5.835	5.902
KM, m	10.022	10.014
KG, m	8.386	8.382
GM düzeltilmemiş, m	1.636	1.633
Serbest su yüzeyi, m	0.044	1.504
GM düzeltilmiş, m	1.592	0.129
Meyil açısı, derece	0.002	0.359

Meyil açısındaki artış çok büyük olmadığından artık draftlardaki değişimde çok fazla değildir (Çizelge 5.6).

Çizelge 5.6 : Kritik noktalarda artık draft – Tam yüklü kalkış / 1 m kıça trimli durum.

Güverteler	Stockholm uygulanmamış sonuçlar (m)	Stockholm uygulamış sonuçlar (m)
Araba Güv. -P (baş)	2.471	2.552
Araba Güv. -S (baş)	2.470	2.489
Araba Güv. -P (kıç)	1.465	1.455
Araba Güv. -S (kıç)	1.465	1.340
Kamara Güv. - P	6.826	6.810
Kamara Güv. - S	6.825	6.779
Restoran Güv. - P	9.276	9.268
Restoran Güv.- S	9.275	9.221

Hasarsız stabilite kriterlerine baktığımızda Stockholm Anlaşması gereğince araba güvertesine giren suyun etkisini net bir şekilde görebilmekteyiz. Stockholm anlaşması gereği uygulanmadığında gemimiz hasarsız stabilite kriterlerinin tamamını sağlarken, anlaşma gerekleri uygulandığında ise birinci kriterimizi sağlamamaktadır ve buda araba güvertesine girdiğini varsaydığımız suyun serbest su yüzeyi etkisiyle GM'deki virtüel kayıptan dolayıdır (Çizelge 5.7).

Çizelge 5.7 : Hasarsız stabilite kriterleri– Tam yüklü kalkış / 1 m kıça trimli durum.

Değerler	Gerekli olan	Stockholm uygulanmamış sonuçlar	Stockholm uygulamış sonuçlar
GM, m	0.150	1.592	0.129
GZ(30), m	0.200	0.804	0.764
MaxGZ, derece	25.000	45.187	42.631
Alan(30), m ²	0.055	0.203	0.182
Alan(40), m ²	0.090	0.374	0.347
Alan(30:40), m ²	0.030	0.171	0.164

5.1.3 2 derece sancağa meyilli+1 m. kıça trimli

Gemi deplasmanı 7915.8 ton, baş draftı 4.823 m, kıç draftı 5.837 m, LCF'i gemi ortasında 11.176 m kıç tarafta ve meyil 2 derece iken Stockholm Anlaşması gereğince araba güvertesine dolan suyun hacmi 15.368 ton bulunmuştur (Şekil 5.5).

The screenshot shows a software window titled "Neslihan Çelebi Yüksek Lisans Tezi - 2009". The interface is divided into two main sections: input parameters on the left and calculated results on the right.

Input Parameters (Left):

- Hassasiyet: 0.04 m
- LBP: 120.000 m
- LCF: -11.176 m
- Trim:
 - T(baş): 4.823 m
 - T(kıç): 5.837 m
- Δ(deplasman): 7915.800 ton
- hs(dalga yük.): 5.000 m
- Meyil: 2.000 derece
- A "Hesapla" button is located at the bottom of the input section.

Calculated Results (Right):

- Güverte Üzerinde Biriken Su: Vw=15,363 ton
- Güverteye Dolan Su Yüksekliği: hw=0,257 m
- Serbest Su Yüzeyi Boyuna Simetri Eksenine göre Atalet Momenti: Ix=6874,504 m⁴
- Serbest Su Yüzeyi Etkisiyle GM'deki Virtüel Kayıp: GG1=0,89 m
- Hacim Merkezi: (x;y;z) = (6,31;7,382;7,353) m
- Islak Alan: Aw=134,338 m²
- Güverte Alanı: A=2139,666 m²

Şekil 5.5 : Stockholm anlaşması uygulama programı – Tam yüklü kalkış / 2 derece sancağa meyilli + 1 m kıça trimli durum.

Deplasmanda ki 15.368 ton artışı geminin hidrostatik değerlerini etkilemiştir. Serbest su yüzeyi etkisiyle GM’de büyük bir kayıp olmamıştır Çizele (5.8).

Çizelge 5.8 : Hidrostatik değerler – Tam yüklü kalkış/2 derece sancağa meyilli + 1 m kıça trimli durum.

Değerler	Stockholm uygulanmamış sonuçlar	Stockholm uygulamis sonuçlar
Deplasman, ton	7915.800	7931.750
LCG, m	-6.122	-6.182
LCB, m	-6.166	-6.253
LCF, m	-11.176	-11.182
T1, ton/cm	19.891	19.890
MT1, ton.m	148.855	148.790
Trim, m	1.015	1.056
Ortalama draft, m	5.330	5.333
Draft baş, m	4.823	4.805
Draft kıç, m	5.837	5.861
KM, m	10.021	10.019
KG, m	8.386	8.384
GM düzeltilmemiş, m	1.635	1.635
Serbest su yüzeyi, m	0.044	0.130
GM düzeltilmiş, m	1.591	1.504
Meyil açısı, derece	2.000	2.502

Meyil açısındaki artış çok büyük olmadığından artık draftlardaki değişimde çok fazla değildir (Çizelge 5.9).

Çizelge 5.9 : Kritik noktalarda artık draft – Tam yüklü kalkış / 2 derece sancağa meyilli + 1 m kıça trimli durum.

Güverteler	Stockholm uygulanmamış sonuçlar (m)	Stockholm uygulamis sonuçlar (m)
Araba Güv. -P (baş)	2.652	2.713
Araba Güv. -S (baş)	2.303	2.277
Araba Güv. -P (kıç)	1.784	1.841
Araba Güv. -S (kıç)	1.141	1.037
Kamara Güv. - P	6.913	6.924
Kamara Güv. - S	6.739	6.706
Restoran Güv. - P	9.408	9.431
Restoran Güv.- S	9.143	9.099

Hasarsız stabilite kriterlerine baktığımızda her iki durumda da bir sorun gözükmemekte ve tüm kriterler sağlanmaktadır (Çizelge 5.10).

Çizelge 5.10 : Hasarsız stabilite kriterleri– Tam yüklü kalkış / 2 derece sancağa meyilli + 1 m kıç trimli durum.

Değerler	Gerekli olan	Stockholm uygulanmamış sonuçlar	Stockholm uygulamış sonuçlar
GM, m	0.150	1.591	1.504
GZ(30), m	0.200	0.755	0.739
MaxGZ, derece	25.000	45.362	45.427
Alan(30) , m ²	0.055	0.175	0.167
Alan(40), m ²	0.090	0.338	0.328
Alan(30:40), m ²	0.030	0.163	0.160

5.2 Balastlı Kalkış

5.2.1 2 derece sancağa meyilli

Gemi deplasmanı 7415.8 ton, baş draftı 5.169 m, kıç draftı 5.169 m, LCF’i gemi ortasında 10.304 m kıç tarafta ve meyil 2 derece iken Stockholm Anlaşması gereğince araba güvertesine dolan suyun hacmi 8.439 ton bulunmuştur (Şekil 5.6). Bu değer, standart bir stabilite programında yük olarak girilip stabiliteye etkisi incelenmiştir (Çizelge 5.11).

Neslihan Çelebi Yüksek Lisans Tezi - 2009

Hassasiyet: 0,04 m

LBP: 120,000 m

LCF: -10,304 m

Trim

T(baş): 5,169 m T(kıç): 5,169 m

Δ(deplasman): 7415,800 ton

hs(dalga yük.): 5,000 m

Meyil: 2,000 derece

Hesapla

Güverte Üzerinde Biriken Su:
Vw=8,439 ton

Güverteye Dolan Su Yüksekliği:
hw=0,061 m

Serbest Su Yüzeyi Boyuna Simetri Eksenine göre Atalet Momenti:
Ix=12127,11 m⁴

Serbest Su Yüzeyi Etkisiyle GM deki Vitrüel Kayıp:
GG1=1,676 m

Hacim Merkezi:
(x,y,z) = (44,48;8,917;7,309) m

Islak Alan:
Aw=156,952 m²

Güverte Alanı:
A=2139,666 m²

Şekil 5.6 : Stockholm anlaşması uygulama programı – Ballast kalkış / 2 derece sancağa meyilli durum.

Deplasmanda ki 8.439 ton artışı geminin hidrostatik değerlerini etkilemiştir. Serbest su yüzeyi etkisiyle GM’de büyük bir kayıp olmamıştır Çizele (5.11).

Çizelge 5.11 : Hidrostatik değerler – Ballast kalkış / 2 derece sancağa meyilli durum.

Değerler	Stockholm uygulanmamış sonuçlar	Stockholm uygulamis sonuçlar
Deplasman, ton	7415.800	7424.348
LCG, m	-3.831	-3.829
LCB, m	-3.827	-3.841
LCF, m	-10.304	-10.245
T1, ton/cm	19.689	19.673
MT1, ton.m	146.558	146.295
Trim, m	0.000	0.000
Ortalama draft, m	5.169	5.172
Draft baş, m	5.169	5.172
Draft kıç, m	5.169	5.172
KM, m	10.065	10.051
KG, m	8.824	8.822
GM düzeltilmemiş, m	1.241	1.229
Serbest su yüzeyi, m	0.020	0.033
GM düzeltilmiş, m	1.221	1.196
Meyil açısı, derece	2.012	2.479

Meyil açısındaki artış çok büyük olmadığından artık draftlardaki değişimde çok fazla değildir (Çizelge 5.12).

Çizelge 5.12 : Kritik noktalarda artık draft – Ballast kalkış / 2 derece sancağa meyilli durum.

Güverteler	Stockholm uygulanmamış sonuçlar (m)	Stockholm uygulamis sonuçlar (m)
Araba Güv. -P (baş)	2.307	2.345
Araba Güv. -S (baş)	1.955	1.912
Araba Güv. -P (kıç)	2.454	2.526
Araba Güv. -S (kıç)	1.808	1.730
Kamara Güv. - P	7.269	7.286
Kamara Güv. - S	7.093	7.070
Restoran Güv. - P	9.765	9.792
Restoran Güv.- S	9.498	9.463

Hasarsız stabilite kriterlerine baktığımızda her iki durumda da bir sorun gözükmemekte ve tüm kriterler sağlanmaktadır (Çizelge 5.13).

Çizelge 5.13 : Hasarsız stabilite kriterleri–Ballast kalkış/2 derece sancağa meyilli.

Değerler	Gerekli olan	Stockholm uygulanmamış sonuçlar	Stockholm uygulamış sonuçlar
GM, m	0.150	1.221	1.196
GZ(30), m	0.200	0.589	0.579
MaxGZ, derece	25.000	42.822	42.859
Alan(30) , m ²	0.055	0.130	0.124
Alan(40), m ²	0.090	0.255	0.248
Alan(30:40), m ²	0.030	0.125	0.124

5.2.2 1 metre kıça trimli

Gemi deplasmanı 7415.8 ton, baş draftı 4.576 m, kıç draftı 5.583 m, LCF’i gemi ortasında 11.325 m kıç tarafta ve meyil yok iken Stockholm Anlaşması gereğince araba güvertesine dolan suyun hacmi 13.955 ton bulunmuştur (Şekil 5.7). Bu değer, standart bir stabilite programında yük olarak girilip stabiliteye etkisi incelenmiştir (Çizelge 5.14).

Neslihan Çelebi Yüksek Lisans Tezi - 2009

Hassasiyet: 0,04 m

LBP: 120,000 m

LCF: -11,325 m

Trim:

T(baş): 4,576 m T(kıç): 5,583 m

Δ(deplasman): 7415,800 ton

hs(dalga yük.): 5,000 m

Meyil: 0,000 derece

Hesapla

Güverte Üzerinde Biriken Su:
Vw=13,955 ton

Güverteye Dolan Su Yüksekliği:
hw=0,091 m

Serbest Su Yüzeyi Boyuna Simetri Eksenine göre Atalet Momenti:
Ix=5964,608 m⁴

Serbest Su Yüzeyi Etkisiyle GM deki Virtüel Kayıp:
GG1=0,824 m

Hacim Merkezi:
(x;y;z) = (1,333;-0,03;7,319) m

Islak Alan:
Aw=204,25 m²

Güverte Alanı:
A=2139,666 m²

Şekil 5.7 : Stockholm anlaşması uygulama programı – Ballast kalkış / 1 m kıça trimli durum.

Deplasmanda ki 13.955 ton artışı geminin hidrostatik değerlerini etkilemiştir. Serbest su yüzeyi etkisiyle GM’de büyük bir kayıp olmuştur Çizele (5.14).

Çizelge 5.14 : Hidrostatik değerler–Ballast kalkış/1 m kıça trimli.

Değerler	Stockholm uygulanmamış sonuçlar	Stockholm uygulamış sonuçlar
Deplasman, ton	7415.800	7431.640
LCG, m	-5.752	-5.798
LCB, m	-5.802	-5.914
LCF, m	-11.325	-11.360
T1, ton/cm	19.697	19.700
MT1, ton.m	145.448	145.463
Trim, m	1.006	1.057
Ortalama draft, m	5.080	5.081
Draft baş, m	4.576	4.553
Draft kıç, m	5.583	5.610
KM, m	10.197	10.198
KG, m	8.824	8.821
GM düzeltilmemiş, m	1.374	1.377
Serbest su yüzeyi, m	0.020	1.123
GM düzeltilmiş, m	1.354	0.255
Meyil açısı, derece	0.000	0.066

Meyil açısındaki artış çok büyük olmadığından artık draftlardaki değişimde çok fazla değildir (Çizelge 5.15).

Çizelge 5.15 : Kritik noktalarda artık draft–Ballast kalkış/1 m kıça trimli.

Güverteler	Stockholm uygulanmamış sonuçlar (m)	Stockholm uygulamış sonuçlar (m)
Araba Güv. -P (baş)	2.724	2.753
Araba Güv. -S (baş)	2.724	2.742
Araba Güv. -P (kıç)	1.717	1.701
Araba Güv. -S (kıç)	1.717	1.680
Kamara Güv. - P	7.078	7.070
Kamara Güv. - S	7.078	7.064
Restoran Güv. - P	9.528	9.521
Restoran Güv.- S	9.528	9.512

Hasarsız stabilite kriterlerine baktığımızda her iki durumda da bir sorun gözükmemekte ve tüm kriterler sağlanmaktadır (Çizelge 5.16).

Çizelge 5.16 : Hasarsız stabilite kriterleri Ballast kalkış/1 m kıça trimli..

Değerler	Gerekli olan	Stockholm uygulanmamış sonuçlar	Stockholm uygulamış sonuçlar
GM, m	0.150	1.354	0.255
GZ(30), m	0.200	0.643	0.626
MaxGZ, derece	25.000	43.306	43.413
Alan(30) , m ²	0.055	0.160	0.152
Alan(40), m ²	0.090	0.296	0.286
Alan(30:40), m ²	0.030	0.136	0.133

5.2.3 2 derece sancağa meyilli+1 m. kıça trimli

Gemi deplasmanı 7415.8 ton, baş draftı 4.577 m, kıç draftı 5.580 m, LCF'i gemi ortasında 11.278 m kıç tarafta ve meyil 2 derece iken Stockholm Anlaşması gereğince araba güvertesine dolan suyun hacmi 6.273 ton bulunmuştur (Şekil 5.8). Bu değer, standart bir stabilite programında yük olarak girilip stabiliteye etkisi incelenmiştir (Çizelge 5.17).

Neslihan Çelebi Yüksek Lisans Tezi - 2009

Hassasiyet: 0,04 m

LBP: 120,000 m

LCF: -11,278 m

Trim:

T(baş): 4,577 m T(kıç): 5,580 m

Δ(deplasman): 7415,800 ton

hs(dalga yük.): 5,000 m

Meyil: 2,000 derece

Hesapla

Güverte Üzerinde Biriken Su:
Vw=6,273 ton

Güverteye Dolan Su Yüksekliği:
hw=0,181 m

Serbest Su Yüzeyi Boyuna Simetri Eksenine göre Atalet Momenti:
Ix=4266,328 m⁴

Serbest Su Yüzeyi Etkisiyle GM deki Vitrüel Kayıp:
GG1=0,59 m

Hacim Merkezi:
(x,y,z) = (4,184;7,895;7,334) m

Islak Alan:
Aw=71,542 m²

Güverte Alanı:
A=2139,666 m²

Şekil 5.8 : Stockholm anlaşması uygulama programı – Ballast kalkış / 2 derece sancağa meyilli + 1 m kıça trimli durum.

Deplasmanda ki 6.273 ton artışı geminin hidrostatik değerlerini etkilemiştir. Serbest su yüzeyi etkisiyle GM’de büyük bir kayıp olmuştur Çizele (5.14).

Çizelge 5.17 : Hidrostatik değerler– Ballast kalkış / 2 derece sancağa meyilli + 1 m kıça trimli durum.

Değerler	Stockholm uygulanmamış sonuçlar	Stockholm uygulamış sonuçlar
Deplasman, ton	7415.800	7422.379
LCG, m	-5.752	-5.781
LCB, m	-5.799	-5.839
LCF, m	-11.278	-11.275
T1, ton/cm	19.683	19.681
MT1, ton.m	145.279	145.246
Trim, m	1.002	1.020
Ortalama draft, m	5.078	5.080
Draft baş, m	4.577	4.570
Draft kıç, m	5.580	5.589
KM, m	10.187	10.184
KG, m	8.824	8.822
GM düzeltilmemiş, m	1.364	1.361
Serbest su yüzeyi, m	0.020	0.044
GM düzeltilmiş, m	1.343	1.317
Meyil açısı, derece	2.001	2.278

Meyil açısındaki artış çok büyük olmadığından artık draftlardaki değişimde çok fazla değildir (Çizelge 5.18).

Çizelge 5.18 : Kritik noktalarda artık draft– Ballast kalkış / 2 derece sancağa meyilli + 1 m kıça trimli durum.

Güverteler	Stockholm uygulanmamış sonuçlar (m)	Stockholm uygulamış sonuçlar (m)
Araba Güv. -P (baş)	2.897	2.929
Araba Güv. -S (baş)	2.548	2.531
Araba Güv. -P (kıç)	2.042	2.077
Araba Güv. -S (kıç)	1.399	1.345
Kamara Güv. - P	7.167	7.175
Kamara Güv. - S	6.993	6.976
Restoran Güv. - P	9.663	9.677
Restoran Güv.- S	9.397	9.374

Hasarsız stabilite kriterlerine baktığımızda her iki durumda da bir sorun gözükmemekte ve tüm kriterler sağlanmaktadır (Çizelge 5.19).

Çizelge 5.19 : Hasarsız stabilite kriterleri– Ballast kalkış / 2 derece sancağa meyilli + 1 m kıç trimli durum.

Değerler	Gerekli olan	Stockholm uygulanmamış sonuçlar	Stockholm uygulamış sonuçlar
GM, m	0.150	1.343	1.317
GZ(30), m	0.200	0.602	0.595
MaxGZ, derece	25.000	43.485	43.520
Alan(30) , m ²	0.055	0.138	0.134
Alan(40), m ²	0.090	0.267	0.262
Alan(30:40), m ²	0.030	0.129	0.128

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, herhangi bir nedenden dolayı ro-ro gemisinin kapalı araba güvertesinde biriken su miktarı ve stabiliteye olan etkileri incelenmiştir. Son yıllarda daha sıkça gündeme gelen bu durum sonucunda ro-ro gemileri alabora olmuş ve çok büyük can kaybı meydana gelmiştir.

Bu durumu önlemek amacıyla, bölgesel bir anlaşma olan ve son yıllarda birçok ülke tarafından da yürürlüğe giren Stockholm Anlaşması imzalanmıştır. Bu özel stabilite standardı ile ro-ro güvertesinde su birikiminin etkisini dikkate almak ve geminin 4 m etkin dalga yüksekliğine kadar SOLAS 90 standardından daha ağır durumlardan kurtulmasını sağlamak amacıyla, harsalı durumdaki ro-ro yolcu gemileri için daha yüksek bir stabilite standardı uygulamaya konulmuştur.

Anlaşma gereğince geminin işletildiği alanın etkin dalga yüksekliği, bir kaza hasarının meydana gelmesini takiben ortaya çıkacak, araç güvertesindeki suyun yüksekliğini belirler ve buradan da su hacmi hesap edilir. Gemi trim ve meyil yaptığında araç güvertesinde birikecek olan su hacmi geliş güzel biçimde olacağından bunu hesaplayabilmek için bir bilgisayar programına ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu çalışmada, Stockholm Anlaşması gereğince güverteye dolan suyun miktarını, hacim merkezini, serbest yüzey momentini, GM'deki kaybı ve ıslak alanı hesaplayan bir bilgisayar programı yazılmıştır. Daha sonra, standart bir stabilite programı ile birlikte mevcut bir ro-ro yolcu gemisinin çeşitli yükleme durumlarındaki stabilitesi ve Stockholm anlaşmasının gereklerinin stabilite üzerindeki etkisi incelenmiştir.

Ele alınan örnek gemide, tam yüklü kalkışta 1 m kıç trimli iken Stockholm Anlaşması gereğince araba güvertesine dolan suyun hacmi 39.524 ton ve oluşturduğu serbest su yüzeyi etkisiyle GM'deki kayıp 1.504 m hesaplanmıştır. Bunun sonucunda düzeltilmiş GM olması gereken değerden daha küçük elde edilmiş ve stabilite açısından sorun yaratmıştır.

Bu işlem GM'deki kayıp göz ardı edilebilir düzeye gelene kadar tekrar edilmelidir.

İşletmecilerin bu tekrarlamaya, serviste sürdürülebilecek maksimum KG/ minimum GM ile başlayacakları ve güvertedeki su ile yapılan yaralı stabilite hesaplamalarından elde edilen GM'deki kaybı minimuma indirmek için güverte perde düzenlemesini manipüle etme yoluna gitmeleri gerekmektedir.

Ro-ro yolcu gemileri dizayn açısından diğer tüm bilinen gemilerden çok farklıdır. Diğer tip gemilerde, gemi gövdesi enine perdelerle bağımsız bölümlere ayrılır ve bu perdelerden birçoğu su geçirmezdir. Bu bölmelendirme işleminde, perdeler suyun bir bölmeden diğer bölmeye geçişini engeller veya yavaşlatır ve buda geminin tamamen batmasını önler veya tahliye için gerekli süreyi sağlayacak kadar geminin batmasını yavaşlatır.

Ro-ro gemileri için deliksiz yani geçiş olmayan enine perdelerin, gemi boyunca devam eden üst gevertelere eklenmesi kullanım amacına uygun değildir; ro-ro gemilerinin yapılış amacı hareketli yüklerin gemi içine bir taraftan girip diğer taraftan çıkabilmesidir. Geçiş olmayan enine perdelerin, ro-ro gemilerinin yapısına eklenmesi bunu engeller. Gemi boyunca uzanan ve bölmelere ayrılmamış olan araba güverteleri herhangi bir nedenden dolayı su dolduğunda serbest su yüzeyi etkisi diğer gemilere nazaran çok daha büyük olacaktır. Bu da GM'de büyük kayıplara sebebiyet verir ve stabilitenin bozulmasına neden olabilir.

Bunu engellemek amacıyla son yıllarda (2006) ro-ro yolcu gemilerinde enine perdeler ile ilgili kurallarda yeni düzenlemeler yapılmıştır. Hareketli yüklerin güverte üzerinde geçişini sağlamak amacıyla da enine perdeler üzerine otomatik açılıp kapanabilen sürgülü ve su geçirmezliği sağlayabilen kapılar konulmaktadır. Ekonomik nedenlerden dolayı bu bölmelendirme tercih edilmemektedir. Ayrıca güverteye yüklerin yerleştirilmesinde de zorluklar meydana getirmektedir.

Ro-ro yolcu gemileri için güvertede birikebilecek suyun yaratabileceği serbest su yüzeyi etkisi göz ardı edilemeyecek düzeyde kötü sonuçlar doğurduğundan, Ro-ro güvertesinde biriken su miktarı Stockholm Anlaşması gereklerini sağlayarak bulunup, enine perdelerin nerelere konulması gerektiğine karar verilebilir. Bu sayede gerekli durumlarda enine bölmelendirme yapılarak yeni kazaların oluşmasının engellenebileceği ve minimum sayıda geçişli enine perde kullanılarak gereksiz maddi giderlerin ortadan kaldırılabilceği kanaatindeyim.

KAYNAKLAR

Baykal, R., 1991. *Gemi hidrostatik ve stabilitesi.*, p. 129-136, İ.T.Ü. Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesi.

Focus on IMO, *IMO and ro-ro safety*, January 1997

Cox, P. and Giannitsis, A., 2003. *Ro-Ro Yolcu Gemilerine Yönelik Özel Denge Şartları Hakkında Avrupa Parlamentosu Ve Konsey Direktifi*, 2003/25/EC

Resmi Gazete, 2008. Ro-Ro Yolcu Gemileri Ve Yüksek Hızlı Yolcu Tekneleri Yönetmeliği, *Ulaştırma Bakanlığı*, Sayı 26772

SLF 40/Inf.14; IMO Circular letter, *Guidance notes the Stockholm Agreement*, No.1891, dated 29 April 1996

Treaty Series No. 58, 1998. *Specific Stability Requirements for Ro-Ro Passenger Ships undertaking Regular Scheduled International Voyages between or to or from Designated Ports in North West Europe and the Baltic Sea.*

Url-1<http://www.mcga.gov.uk/c4mca/lrgtxt/hsc1994apc_adt01.pdf>, alındığı tarih 08.03.2009.

Url-2<http://www.gidb.itu.edu.tr/staff/taylan/proje1/stabilite_kriterleri.pdf>, alındığı tarih 10.03.2009

Url-3<<http://www.yildiz.edu.tr/~fcelik/dersler/hidrostatik/enine&boyuna.ppt>>, alındığı tarih 24.02.2009.

Url-4<http://www.imo.org/Safety/mainframe.asp?topic_id=1536>, alındığı tarih 28.06.2009.

Url-4<http://ec.europa.eu/transport/maritime/safety/doc/passengers/memo_en.pdf>, alındığı tarih 30.07.2009.

Vassalos, D., & Papanikolaou, A., 2001. Stockholm Agreement – Past, Present & Future (Part I). Retrieved February, 2001, from <http://www.naval.ntua.gr/~sdl/Publications/Papers/paper25.pdf>

EKLER

EK A.1 : Standart stabilite programıyla stabilite hesapları

EK A.1

Trim and Stability - Definitions

PCT	Percentage of capacity
WEIGHT	Item Weight in tonnes
VCG	Vertical Center of Gravity Above Base in metres
LCG	Longitudinal Center of Gravity From Midship in metres
VMFS	Free Surface Moment in m-tonnes
DISPLACEMENT	Ship Displacement in tonnes
LCB	Longitudinal Center of Buoyancy from Midship in metres
MEAN DRAFT	Draft amidship above baseline in metres
TRIM	Total trim over LBP (Draft Aft - Draft FWD) in metres
DRAFT FWD	Draft at forward mark in metres
DRAFT AFT	Draft at after mark in metres
LCF	Longitudinal center of flotation from midship in metres
TPC	Tonnes per cm of immersion
MTC	Moment to change trim one cm in m-tonnes
KMT	Transverse Metacentre above baseline in metres
GMT UNCORR.	Transverse Metacentre above VCG in metres
FREE SURF.	Free surface correction in metres (VFMS/DISPLACEMENT)
GMT CORR.	GMT corrected for free surface
RA	Righting Arm (GZ) in metres
ENERGY	Righting Energy in m-radian
CR	Angle of immersion of first critical point
DF	Angle of immersion of first downflooding point
MX	Angle of maximum righting arm
HA	Heeling Arm in metres
RRA	Residual Righting Arm RA - HA
RRE	Residual Righting Energy in m-radians
LIST ANGLE	Angle of static heel in degrees
HEELING MOM.	Heeling moment at 0 degree in m-tonnes

COND: 1-1

Tam Yüklü Kalkış
2 derece sancağa meyilli

DEADWEIGHT SUMMARY - TRIM & STABILITY

DESCRIPTION	PCT	WEIGHT	VCG	LCG	TCG	VMFS
KARGO	100	300.000	10.000	-10.000	0.900	
TANK YÜKLERİ	100	1000.000	1.895	6.400	0.000	352.00

SUBTOTAL FIXED LOADS		1300.000	3.765	2.615	0.208	352.00

TANKS	S.G. PCT	WEIGHT	VCG	LCG	TCG	VMFS

lightship		6615.800	9.294	-5.571	0.025	0.00
TOTAL WEIGHT		7915.800	8.386	-4.227	0.055	352.00

HYDROSTATICS - DRAFTS			METACENTRIC HEIGHT		
DISPLACEMENT =	7915.800 Tonnes	KMT	=	9.964 m	
LCG =	-4.227 m	VCG	=	8.386 m	
LCB =	-4.224 m	GMT UNCORR.	=	1.577 m	
LCF =	-10.251 m	FREE SURF.	=	0.044 m	
TPC =	20.005 Tonnes	GMT CORR.	=	1.533 m	
MTC =	152.483 m-t	HEEL ANGLE	=	2.002 Degrees	
TRIM =	-0.007 m				
MEAN DRAFT =	5.422 m	WATER	=	1.025 t/m3	
DRAFT FP =	5.425 m				
DRAFT AP =	5.418 m				

RIGHTING ARMS & RIGHTING ENERGY

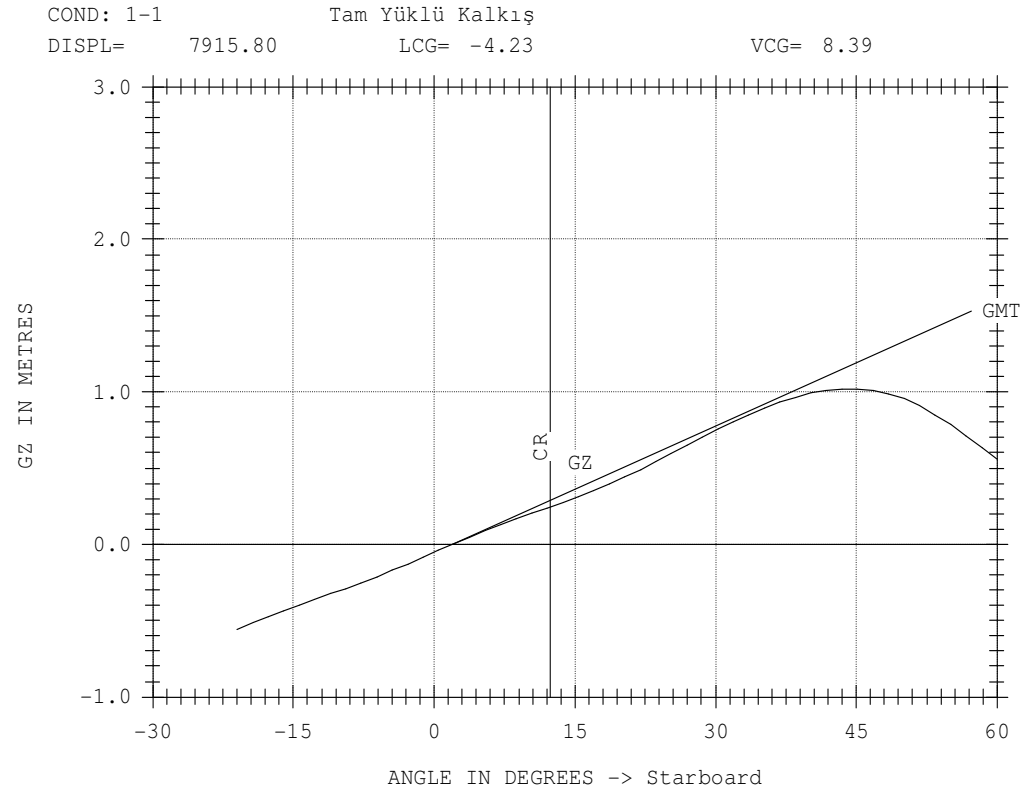
HEEL	TRIM	VCG	LCG	TCG	RA	ENERGY
-20.99	-0.33	8.386	-4.227	0.055	-0.560	0.115
-20.00	-0.31	8.386	-4.227	0.055	-0.533	0.105
-15.00	-0.21	8.386	-4.227	0.055	-0.412	0.064
-10.00	-0.10	8.386	-4.227	0.055	-0.301	0.033
-5.00	-0.02	8.386	-4.227	0.055	-0.186	0.012
0.00	0.00	8.386	-4.227	0.055	-0.055	0.001
2.00	-0.01	8.386	-4.227	0.055	0.000	0.000
10.00	-0.10	8.386	-4.227	0.055	0.193	0.014
20.00	-0.31	8.386	-4.227	0.055	0.430	0.067
30.00	-0.49	8.386	-4.227	0.055	0.746	0.169
50.00	-1.54	8.386	-4.227	0.055	0.956	0.499
60.00	-2.90	8.386	-4.227	0.055	0.556	0.634
12.35	Car Deck Edge -S (aft)		CR		0.245	0.023
44.96	MAXIMUM RIGHTING ARM				1.011	0.416

RESIDUAL FREEBOARD AT CRITICAL POINTS

NO.	DESCRIPTION		X FROM MID.	Y FROM CL	Z ABOVE BL	FRBRD
1	Car Deck Edge -P (fore)	CR	60.000	-5.000	7.300	2.050
2	Car Deck Edge -S (fore)	CR	60.000	5.000	7.300	1.700
3	Car Deck Edge -P (aft)	CR	-60.000	-9.200	7.300	2.203
4	Car Deck Edge -S (aft)	CR	-60.000	9.200	7.300	1.560
5	Cabin Deck - P	DF	-22.950	-2.500	12.350	7.017
6	Cabin Deck - S	DF	-22.950	2.500	12.350	6.842
7	Restaurant Deck - P	DF	-22.950	-3.800	14.800	9.513
8	Restaurant Deck - S	DF	-22.950	3.800	14.800	9.247

Criteria - Intact Stability

Description	Required Attained Margin			
GM >= 0.15	0.150	1.533	+921%	P
RA(30) >= 0.20	0.200	0.746	+272%	P
MAXRA >= 25	25.000	44.960	+79%	P
AREA(30) >= 0.055	0.055	0.169	+207%	P
AREA(40) >= 0.09 AND AREA(DF) >= 0.09	0.090	0.329	+265%	P
AREA(30:40) >= 0.03 AND AREA(30:DF) >= 0.03	0.030	0.160	+432%	P



COND: 1-1

Tam Yüklü Kalkış
2 derece sancağa meyilli
Stockholm Agreement

DEADWEIGHT SUMMARY - TRIM & STABILITY

DESCRIPTION	PCT	WEIGHT	VCG	LCG	TCG	VMFS
KARGO	100	300.000	10.000	-10.000	0.900	
TANK YÜKLERİ	100	1000.000	1.895	6.400	0.000	352.00
SUBTOTAL FIXED LOADS		1300.000	3.765	2.615	0.208	352.00
TANKS	S.G. PCT	WEIGHT	VCG	LCG	TCG	VMFS
CAR DECK	1.025 0	32.732	7.364	-14.017	8.483	574.57
SUBTOTAL TANK LOADS		32.732	7.364	-14.017	8.483	574.57
lightship		6615.800	9.294	-5.571	0.025	0.00
TOTAL WEIGHT		7948.531	8.382	-4.267	0.090	926.57

HYDROSTATICS - DRAFTS			METACENTRIC HEIGHT		
DISPLACEMENT	=	7948.651 Tonnes	KMT	=	9.946 m
LCG	=	-4.242 m	VCG	=	8.382 m
LCB	=	-4.266 m	GMT UNCORR.	=	1.564 m
LCF	=	-10.151 m	FREE SURF.	=	0.117 m
TPC	=	19.999 Tonnes	GMT CORR.	=	1.448 m
MTC	=	152.432 m-t	HEEL ANGLE	=	3.244 Degrees
TRIM	=	-0.002 m			
MEAN DRAFT	=	5.435 m	WATER	=	1.025 t/m3
DRAFT FP	=	5.436 m			
DRAFT AP	=	5.434 m			

RIGHTING ARMS & RIGHTING ENERGY

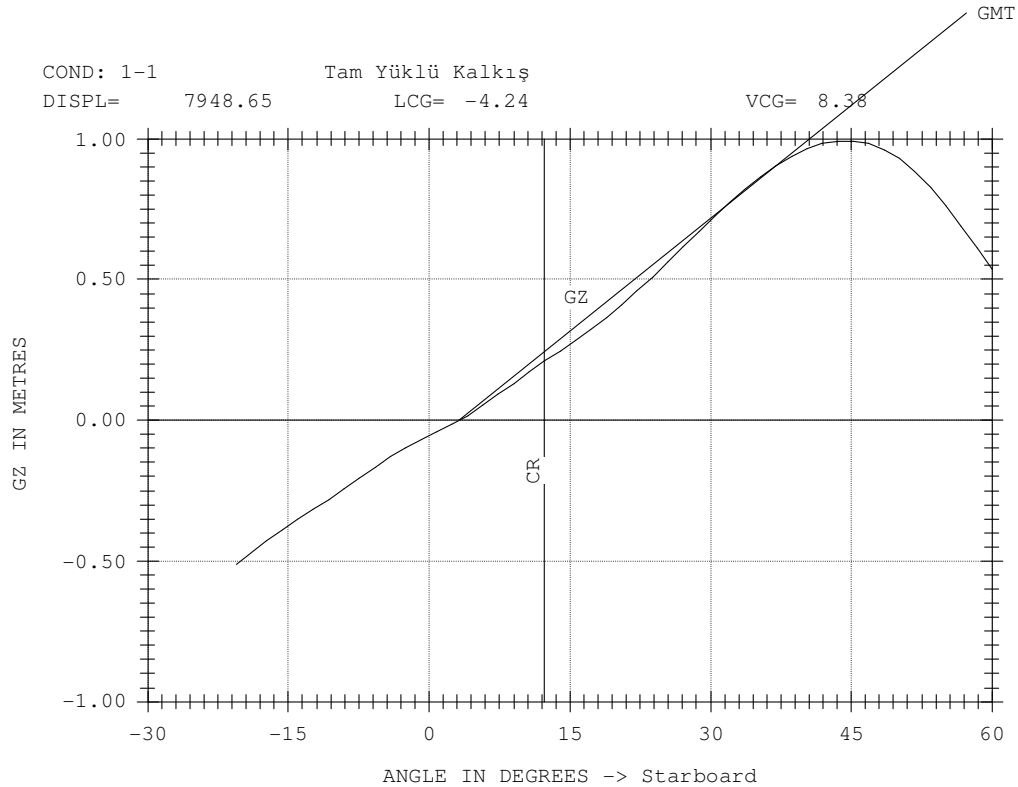
HEEL	TRIM	VCG	LCG	TCG	RA	ENERGY
-20.59	-0.32	8.382	-4.242	0.017	-0.513	0.099
-20.00	-0.31	8.382	-4.243	0.017	-0.497	0.094
-15.00	-0.20	8.382	-4.249	0.016	-0.374	0.056
-10.00	-0.10	8.382	-4.258	0.017	-0.264	0.028
-5.00	-0.01	8.382	-4.269	0.018	-0.149	0.010
0.00	-0.08	8.382	-4.095	0.055	-0.055	0.002
3.24	0.00	8.382	-4.267	0.090	0.000	0.000
10.00	-0.10	8.382	-4.257	0.092	0.156	0.009
20.00	-0.31	8.382	-4.243	0.093	0.394	0.057
30.00	-0.49	8.382	-4.236	0.093	0.712	0.153
50.00	-1.54	8.383	-4.203	0.094	0.931	0.472
60.00	-2.94	8.384	-4.176	0.094	0.535	0.603
12.23	Car Deck Edge -S (aft)			CR	0.208	0.016
45.09	MAXIMUM RIGHTING ARM				0.984	0.393

RESIDUAL FREEBOARD AT CRITICAL POINTS

NO.	DESCRIPTION		X FROM MID.	Y FROM CL	Z ABOVE BL	FRBRD
1	Car Deck Edge -P(fore)	CR	60.000	-5.000	7.300	2.148
2	Car Deck Edge -S(fore)	CR	60.000	5.000	7.300	1.581
3	Car Deck Edge -P(aft)	CR	-60.000	-9.200	7.300	2.388
4	Car Deck Edge -S(aft)	CR	-60.000	9.200	7.300	1.345
5	Cabin Deck - P	DF	-22.950	-2.500	12.350	7.057
6	Cabin Deck - S	DF	-22.950	2.500	12.350	6.774
7	Restaurant Deck - P	DF	-22.950	-3.800	14.800	9.581
8	Restaurant Deck - S	DF	-22.950	3.800	14.800	9.150

Criteria - Intact Stability

Description	Required	Attained	Margin
GM ≥ 0.15	0.150	1.448	+865% P
RA(30) ≥ 0.20	0.200	0.712	+255% P
MAXRA ≥ 25	25.000	45.085	+80% P
AREA(30) ≥ 0.055	0.055	0.153	+177% P
AREA(40) ≥ 0.09 AND AREA(DF) ≥ 0.09	0.090	0.307	+240% P
AREA(30:40) ≥ 0.03 AND AREA(30:DF) ≥ 0.03	0.030	0.154	+414% P



COND: 1-2

Tam Yüklü Kalkış
1 m. kıç trimli

DEADWEIGHT SUMMARY - TRIM & STABILITY

DESCRIPTION	PCT	WEIGHT	VCG	LCG	TCG	VMFS
KARGO	100	300.000	10.000	-59.500	-0.549	
TANK YÜKLERİ	100	1000.000	1.895	6.400	0.000	352.00

SUBTOTAL FIXED LOADS		1300.000	3.765	-8.808	-0.127	352.00

TANKS	S.G. PCT	WEIGHT	VCG	LCG	TCG	VMFS

lightship		6615.800	9.294	-5.571	0.025	0.00

TOTAL WEIGHT		7915.800	8.386	-6.103	0.000	352.00

HYDROSTATICS - DRAFTS			METACENTRIC HEIGHT		
DISPLACEMENT	=	7915.800 Tonnes	KMT	=	10.022 m
LCG	=	-6.103 m	VCG	=	8.386 m
LCB	=	-6.147 m	GMT UNCORR.	=	1.636 m
LCF	=	-11.215 m	FREE SURF.	=	0.044 m
TPC	=	19.897 Tonnes	GMT CORR.	=	1.592 m
MTC	=	148.987 m-t	HEEL ANGLE	=	0.002 Degrees
TRIM	=	1.005 m			
MEAN DRAFT	=	5.332 m	WATER	=	1.025 t/m3
DRAFT FP	=	4.829 m			
DRAFT AP	=	5.835 m			

RIGHTING ARMS & RIGHTING ENERGY

HEEL	TRIM	VCG	LCG	TCG	RA	ENERGY
-21.56	0.76	8.386	-6.103	0.000	-0.541	0.104
-20.00	0.78	8.386	-6.103	0.000	-0.499	0.090
-15.00	0.88	8.386	-6.103	0.000	-0.377	0.052
-10.00	0.96	8.386	-6.103	0.000	-0.264	0.024
-5.00	1.00	8.386	-6.103	0.000	-0.138	0.007
0.00	1.01	8.386	-6.103	0.000	0.000	0.000
0.00	1.01	8.386	-6.103	0.000	0.000	0.000
10.00	0.96	8.386	-6.103	0.000	0.264	0.024
20.00	0.78	8.386	-6.103	0.000	0.499	0.090
30.00	0.62	8.386	-6.103	0.000	0.804	0.203
50.00	-0.01	8.386	-6.103	0.000	1.030	0.555
60.00	-0.89	8.386	-6.103	0.000	0.623	0.703

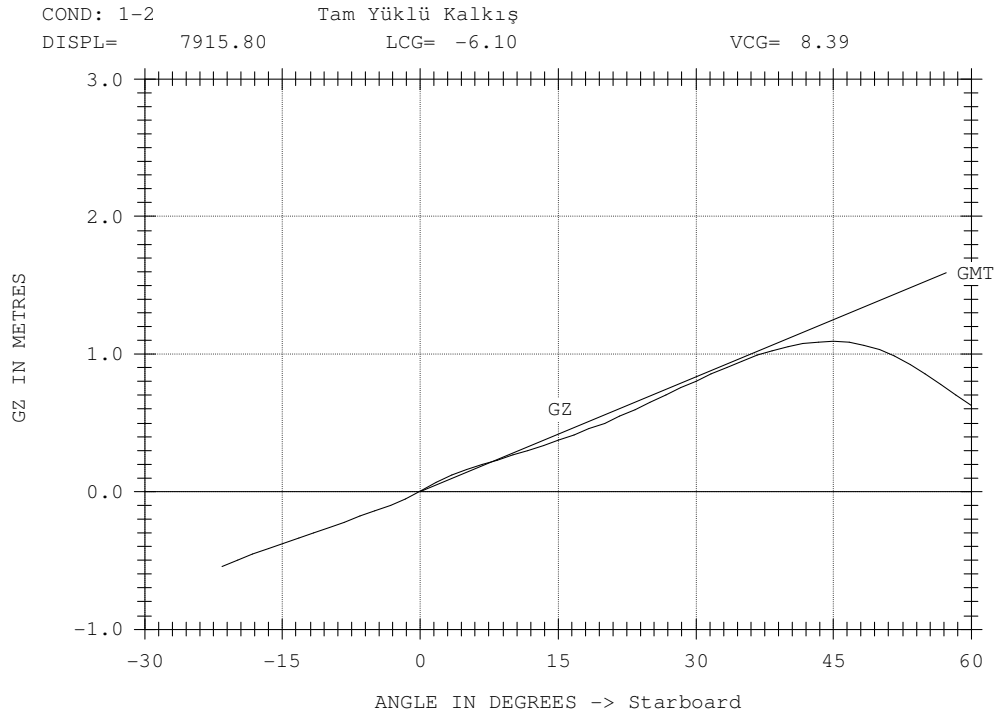
-9.34	Car Deck Edge -P (aft)			CR	-0.247	0.021
45.19	MAXIMUM RIGHTING ARM				1.083	0.470

RESIDUAL FREEBOARD AT CRITICAL POINTS

NO.	DESCRIPTION		X FROM MID.	Y FROM CL	Z ABOVE BL	FRBRD
1	Car Deck Edge -P(fore)	CR	60.000	-5.000	7.300	2.471
2	Car Deck Edge -S(fore)	CR	60.000	5.000	7.300	2.470
3	Car Deck Edge -P(aft)	CR	-60.000	-9.200	7.300	1.465
4	Car Deck Edge -S(aft)	CR	-60.000	9.200	7.300	1.465
5	Cabin Deck - P	DF	-22.950	-2.500	12.350	6.826
6	Cabin Deck - S	DF	-22.950	2.500	12.350	6.825
7	Restaurant Deck - P	DF	-22.950	-3.800	14.800	9.276
8	Restaurant Deck - S	DF	-22.950	3.800	14.800	9.275

Criteria - Intact Stability

Description	Required Attained Margin			
GM >= 0.15	0.150	1.592	+961%	P
RA(30) >= 0.20	0.200	0.804	+302%	P
MAXRA >= 25	25.000	45.187	+80%	P
AREA(30) >= 0.055	0.055	0.203	+268%	P
AREA(40) >= 0.09 AND AREA(DF) >= 0.09	0.090	0.374	+315%	P
AREA(30:40) >= 0.03 AND AREA(30:DF) >= 0.03	0.030	0.171	+469%	P



COND: 1-2

Tam Yüklü Kalkış
1 m. kıç trimli
Stockholm Agreement

DEADWEIGHT SUMMARY - TRIM & STABILITY

DESCRIPTION	PCT	WEIGHT	VCG	LCG	TCG	VMFS
KARGO	100	300.000	10.000	-59.500	-0.549	
TANK YÜKLERİ	100	1000.000	1.895	6.400	0.000	352.00

SUBTOTAL FIXED LOADS		1300.000	3.765	-8.808	-0.127	352.00

TANKS	S.G. PCT	WEIGHT	VCG	LCG	TCG	VMFS
CAR DECK	1.025 0	39.291	7.367	-55.564	1.931	11613.32

SUBTOTAL TANK LOADS		39.291	7.367	-55.564	1.931	11613.32

lightship		6615.800	9.294	-5.571	0.025	0.00

TOTAL WEIGHT		7955.090	8.381	-6.347	0.010	11965.32

HYDROSTATICS - DRAFTS			METACENTRIC HEIGHT		
DISPLACEMENT =	7955.214	Tonnes	KMT	=	10.014 m
LCG	=	-6.210 m	VCG	=	8.382 m
LCB	=	-6.391 m	GMT UNCORR.	=	1.633 m
LCF	=	-11.279 m	FREE SURF.	=	1.504 m
TPC	=	19.900 Tonnes	GMT CORR.	=	0.129 m
MTC	=	148.942 m-t	HEEL ANGLE	=	0.359 Degrees
TRIM	=	1.123 m			
MEAN DRAFT	=	5.341 m	WATER	=	1.025 t/m3
DRAFT FP	=	4.779 m			
DRAFT AP	=	5.902 m			

RIGHTING ARMS & RIGHTING ENERGY

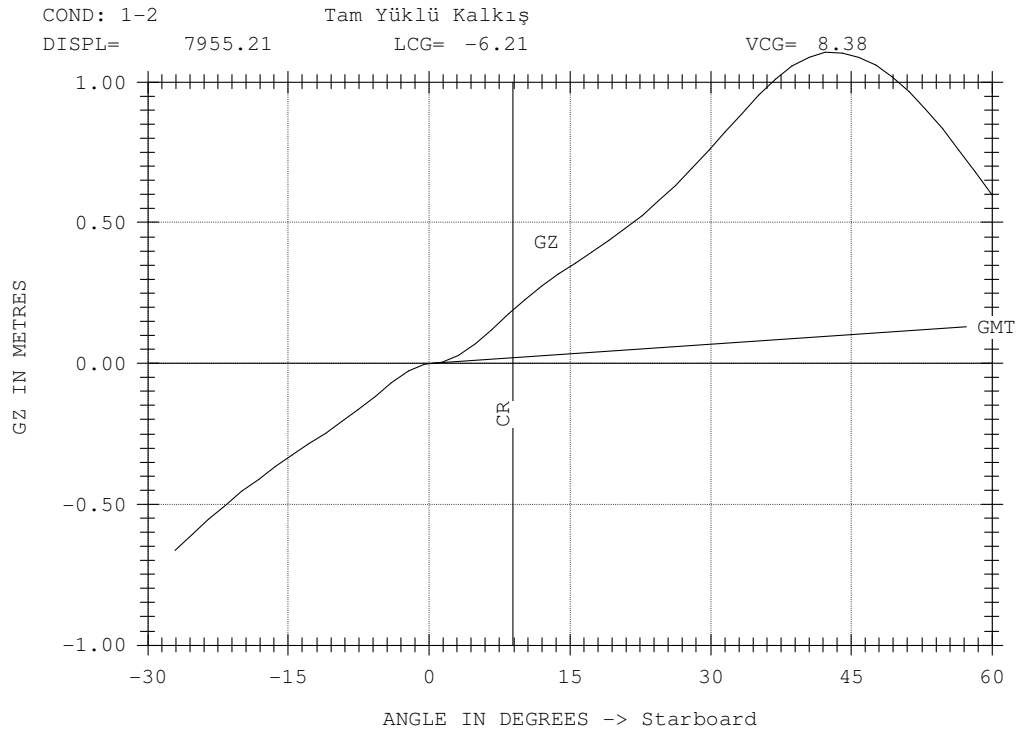
HEEL	TRIM	VCG	LCG	TCG	RA	ENERGY
-27.09	0.73	8.382	-6.210	-0.046	-0.665	0.145
-25.00	0.76	8.382	-6.216	-0.045	-0.599	0.122
-20.00	0.85	8.382	-6.231	-0.045	-0.457	0.076
-15.00	0.95	8.382	-6.254	-0.045	-0.334	0.042
-10.00	1.05	8.381	-6.278	-0.043	-0.222	0.017
-5.00	1.09	8.381	-6.303	-0.039	-0.098	0.003
0.00	1.13	8.381	-6.350	0.000	0.000	0.000
0.36	1.12	8.381	-6.347	0.010	0.000	0.000
10.00	1.05	8.381	-6.277	0.043	0.221	0.019
20.00	0.85	8.382	-6.231	0.045	0.457	0.077
30.00	0.68	8.382	-6.201	0.046	0.764	0.182
40.00	0.51	8.382	-6.181	0.047	1.083	0.347
50.00	0.05	8.382	-6.150	0.047	1.001	0.535
60.00	-0.84	8.383	-6.112	0.047	0.599	0.677
8.96	Car Deck Edge -S (aft)			CR	0.191	0.015
42.63	MAXIMUM RIGHTING ARM				1.098	0.397

RESIDUAL FREEBOARD AT CRITICAL POINTS

NO.	DESCRIPTION		X FROM MID.	Y FROM CL	Z ABOVE BL	FRBRD
1	Car Deck Edge -P(fore)	CR	60.000	-5.000	7.300	2.552
2	Car Deck Edge -S(fore)	CR	60.000	5.000	7.300	2.489
3	Car Deck Edge -P(aft)	CR	-60.000	-9.200	7.300	1.455
4	Car Deck Edge -S(aft)	CR	-60.000	9.200	7.300	1.340
5	Cabin Deck - P	DF	-22.950	-2.500	12.350	6.810
6	Cabin Deck - S	DF	-22.950	2.500	12.350	6.779
7	Restaurant Deck - P	DF	-22.950	-3.800	14.800	9.268
8	Restaurant Deck - S	DF	-22.950	3.800	14.800	9.221

Criteria - Intact Stability

Description	Required	Attained	Margin
GM ≥ 0.15	0.150	0.129	-13% F
RA(30) ≥ 0.20	0.200	0.764	+282% P
MAXRA ≥ 25	25.000	42.631	+70% P
AREA(30) ≥ 0.055	0.055	0.182	+231% P
AREA(40) ≥ 0.09 AND AREA(DF) ≥ 0.09	0.090	0.347	+285% P
AREA(30:40) ≥ 0.03 AND AREA(30:DF) ≥ 0.03	0.030	0.164	+447% P



COND: 1-3

TAm Yüklü Kalkış

2 derece sancağa meyilli+1 m. kıç triml

DEADWEIGHT SUMMARY - TRIM & STABILITY

DESCRIPTION	PCT	WEIGHT	VCG	LCG	TCG	VMFS
KARGO	100	300.000	10.000	-60.000	0.950	
TANK YÜKLERİ	100	1000.000	1.895	6.400	0.000	352.00
SUBTOTAL FIXED LOADS		1300.000	3.765	-8.923	0.219	352.00
TANKS	S.G. PCT	WEIGHT	VCG	LCG	TCG	VMFS

lightship		6615.800	9.294	-5.571	0.025	0.00
TOTAL WEIGHT		7915.800	8.386	-6.122	0.057	352.00

HYDROSTATICS - DRAFTS			METACENTRIC HEIGHT		
DISPLACEMENT	=	7915.800 Tonnes	KMT	=	10.021 m
LCG	=	-6.122 m	VCG	=	8.386 m
LCB	=	-6.166 m	GMT UNCORR.	=	1.635 m
LCF	=	-11.176 m	FREE SURF.	=	0.044 m
TPC	=	19.891 Tonnes	GMT CORR.	=	1.591 m
MTC	=	148.855 m-t	HEEL ANGLE	=	2.000 Degrees
TRIM	=	1.015 m			
MEAN DRAFT	=	5.330 m	WATER	=	1.025 t/m3
DRAFT FP	=	4.823 m			
DRAFT AP	=	5.837 m			

RIGHTING ARMS & RIGHTING ENERGY

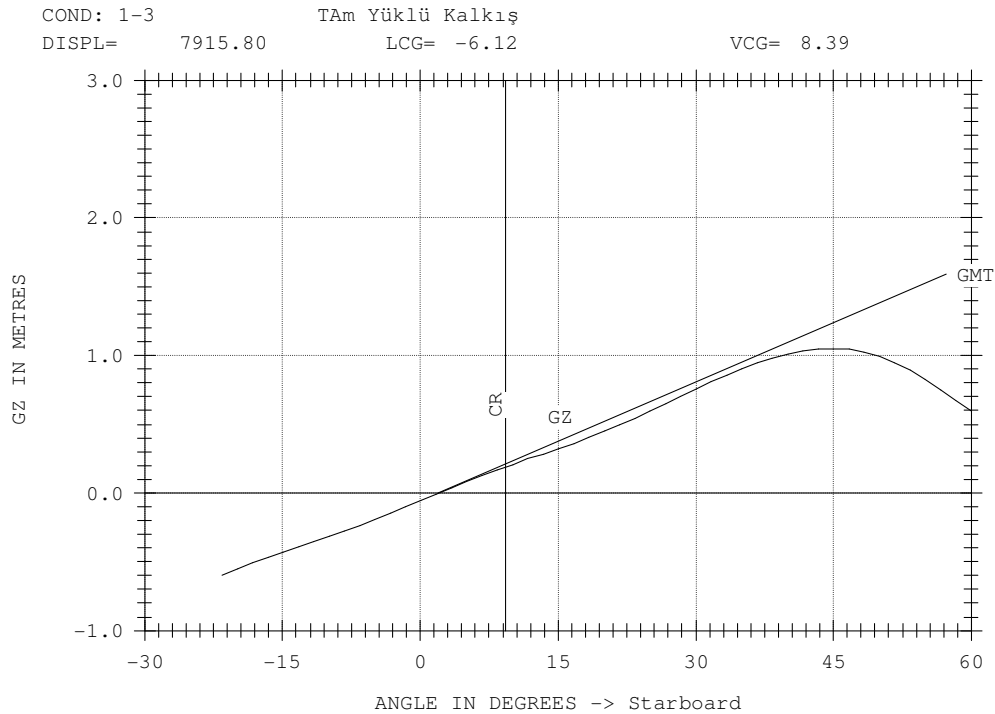
HEEL	TRIM	VCG	LCG	TCG	RA	ENERGY
-21.56	0.77	8.386	-6.122	0.057	-0.594	0.126
-20.00	0.80	8.386	-6.122	0.057	-0.552	0.110
-15.00	0.89	8.386	-6.122	0.057	-0.432	0.067
-10.00	0.97	8.386	-6.122	0.057	-0.320	0.035
-5.00	1.01	8.386	-6.122	0.057	-0.194	0.012
0.00	1.01	8.386	-6.122	0.057	-0.057	0.001
2.00	1.01	8.386	-6.122	0.057	0.000	0.000
10.00	0.97	8.386	-6.122	0.057	0.208	0.015
20.00	0.79	8.386	-6.122	0.057	0.445	0.071
30.00	0.63	8.386	-6.122	0.057	0.755	0.175
50.00	0.01	8.386	-6.122	0.057	0.993	0.513
60.00	-0.87	8.386	-6.122	0.057	0.595	0.655
9.31	Car Deck Edge -S (aft)			CR	0.191	0.012
45.36	MAXIMUM RIGHTING ARM				1.043	0.434

RESIDUAL FREEBOARD AT CRITICAL POINTS

NO.	DESCRIPTION		X FROM MID.	Y FROM CL	Z ABOVE BL	FRBRD
1	Car Deck Edge -P(fore)	CR	60.000	-5.000	7.300	2.652
2	Car Deck Edge -S(fore)	CR	60.000	5.000	7.300	2.303
3	Car Deck Edge -P(aft)	CR	-60.000	-9.200	7.300	1.784
4	Car Deck Edge -S(aft)	CR	-60.000	9.200	7.300	1.141
5	Cabin Deck - P	DF	-22.950	-2.500	12.350	6.913
6	Cabin Deck - S	DF	-22.950	2.500	12.350	6.739
7	Restaurant Deck - P	DF	-22.950	-3.800	14.800	9.408
8	Restaurant Deck - S	DF	-22.950	3.800	14.800	9.143

Criteria - Intact Stability

Description	Required Attained Margin			
GM >= 0.15	0.150	1.591	+960% P	
RA(30) >= 0.20	0.200	0.755	+277% P	
MAXRA >= 25	25.000	45.362	+81% P	
AREA(30) >= 0.055	0.055	0.175	+218% P	
AREA(40) >= 0.09 AND AREA(DF) >= 0.09	0.090	0.338	+275% P	
AREA(30:40) >= 0.03 AND AREA(30:DF) >= 0.03	0.030	0.163	+442% P	



COND: 1-3

Tam Yüklü Kalkış
2 derece sancağa meyilli+1 m. kıç a trimli
Stockholm Agreement

DEADWEIGHT SUMMARY - TRIM & STABILITY

DESCRIPTION	PCT	WEIGHT	VCG	LCG	TCG	VMFS
KARGO	100	300.000	10.000	-60.000	0.950	
TANK YÜKLERİ	100	1000.000	1.895	6.400	0.000	352.00

SUBTOTAL FIXED LOADS		1300.000	3.765	-8.923	0.219	352.00

TANKS	S.G. PCT	WEIGHT	VCG	LCG	TCG	VMFS

CAR DECK	1.025 0	15.205	7.378	-53.027	7.680	682.90

SUBTOTAL TANK LOADS		15.205	7.378	-53.027	7.680	682.90

lightship		6615.800	9.294	-5.571	0.025	0.00

TOTAL WEIGHT		7931.005	8.384	-6.211	0.072	1034.90

HYDROSTATICS - DRAFTS

DISPLACEMENT =	7931.750 Tonnes
LCG =	-6.182 m
LCB =	-6.253 m
LCF =	-11.182 m
TPC =	19.890 Tonnes
MTC =	148.790 m-t
TRIM =	1.056 m
MEAN DRAFT =	5.333 m
DRAFT FP =	4.805 m
DRAFT AP =	5.861 m

METACENTRIC HEIGHT

KMT =	10.019 m
VCG =	8.384 m
GMT UNCORR. =	1.635 m
FREE SURF. =	0.130 m
GMT CORR. =	1.504 m
HEEL ANGLE =	2.502 Degrees
WATER =	1.025 t/m3

RIGHTING ARMS & RIGHTING ENERGY

HEEL	TRIM	VCG	LCG	TCG	RA	ENERGY
-21.18	0.81	8.384	-6.182	0.038	-0.566	0.116
-20.00	0.83	8.384	-6.184	0.038	-0.535	0.105
-15.00	0.92	8.384	-6.191	0.039	-0.415	0.064
-10.00	1.01	8.384	-6.199	0.039	-0.303	0.032
-5.00	1.05	8.384	-6.210	0.040	-0.177	0.011
0.00	1.07	8.384	-6.228	0.057	-0.057	0.001
2.50	1.06	8.384	-6.211	0.072	0.000	0.000
10.00	1.01	8.384	-6.199	0.074	0.191	0.013
20.00	0.83	8.384	-6.184	0.075	0.428	0.066
30.00	0.66	8.384	-6.169	0.076	0.739	0.167
50.00	0.03	8.384	-6.140	0.075	0.982	0.500
60.00	-0.85	8.384	-6.120	0.076	0.585	0.640

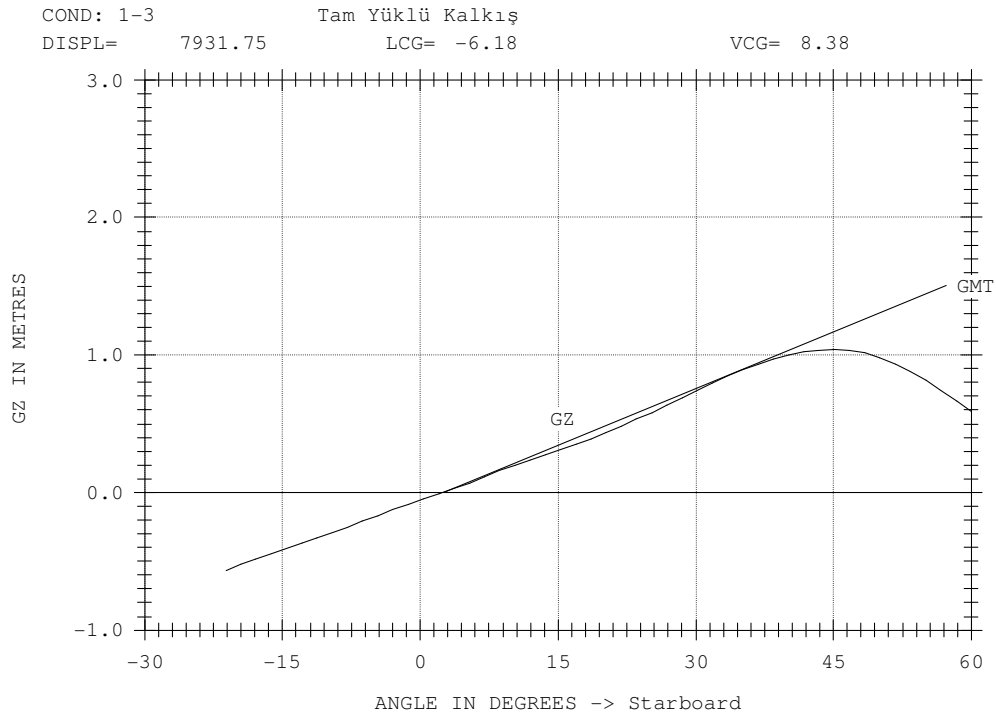
-9.15	Car Deck Edge -P (aft)			CR	-0.282	0.028
45.43	MAXIMUM RIGHTING ARM				1.031	0.424

RESIDUAL FREEBOARD AT CRITICAL POINTS

NO.	DESCRIPTION		X FROM MID.	Y FROM CL	Z ABOVE BL	FRBRD
1	Car Deck Edge -P(fore)	CR	60.000	-5.000	7.300	2.713
2	Car Deck Edge -S(fore)	CR	60.000	5.000	7.300	2.277
3	Car Deck Edge -P(aft)	CR	-60.000	-9.200	7.300	1.841
4	Car Deck Edge -S(aft)	CR	-60.000	9.200	7.300	1.037
5	Cabin Deck - P	DF	-22.950	-2.500	12.350	6.924
6	Cabin Deck - S	DF	-22.950	2.500	12.350	6.706
7	Restaurant Deck - P	DF	-22.950	-3.800	14.800	9.431
8	Restaurant Deck - S	DF	-22.950	3.800	14.800	9.099

Criteria - Intact Stability

Description	Required	Attained	Margin
GM ≥ 0.15	0.150	1.504	+902% P
RA(30) ≥ 0.20	0.200	0.739	+269% P
MAXRA ≥ 25	25.000	45.427	+81% P
AREA(30) ≥ 0.055	0.055	0.167	+204% P
AREA(40) ≥ 0.09 AND AREA(DF) ≥ 0.09	0.090	0.328	+263% P
AREA(30:40) ≥ 0.03 AND AREA(30:DF) ≥ 0.03	0.030	0.160	+433% P



COND: 2-1

Balastlı Kalkış
2 derece sancağa meyilli

DEADWEIGHT SUMMARY - TRIM & STABILITY

DESCRIPTION	PCT	WEIGHT	VCG	LCG	TCG	VMFS
KARGO	100	300.000	10.000	17.500	0.540	
TANK YÜKLERİ	100	500.000	1.895	6.400	0.000	150.00
SUBTOTAL FIXED LOADS		800.000	4.934	10.563	0.203	150.00
TANKS	S.G. PCT	WEIGHT	VCG	LCG	TCG	VMFS

lightship		6615.800	9.294	-5.571	0.025	0.00
TOTAL WEIGHT		7415.800	8.824	-3.831	0.044	150.00

HYDROSTATICS - DRAFTS			METACENTRIC HEIGHT		
DISPLACEMENT	=	7415.800 Tonnes	KMT	=	10.065 m
LCG	=	-3.831 m	VCG	=	8.824 m
LCB	=	-3.827 m	GMT UNCORR.	=	1.241 m
LCF	=	-10.304 m	FREE SURF.	=	0.020 m
TPC	=	19.689 Tonnes	GMT CORR.	=	1.221 m
MTC	=	146.558 m-t	HEEL ANGLE	=	2.012 Degrees
TRIM	=	0.000 m			
MEAN DRAFT	=	5.169 m	WATER	=	1.025 t/m3
DRAFT FP	=	5.169 m			
DRAFT AP	=	5.169 m			

RIGHTING ARMS & RIGHTING ENERGY

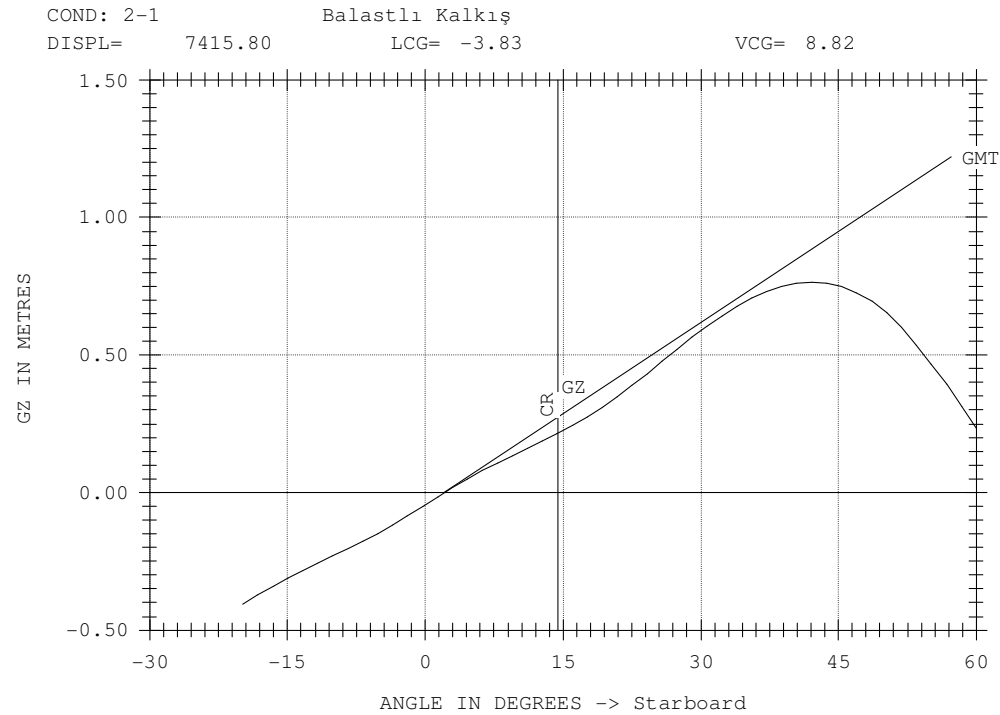
HEEL	TRIM	VCG	LCG	TCG	RA	ENERGY
-19.85	-0.43	8.824	-3.831	0.044	-0.406	0.080
-15.00	-0.30	8.824	-3.831	0.044	-0.312	0.049
-10.00	-0.16	8.824	-3.831	0.044	-0.229	0.026
-5.00	-0.03	8.824	-3.831	0.044	-0.146	0.009
0.00	0.01	8.824	-3.831	0.044	-0.044	0.001
2.01	0.00	8.824	-3.831	0.044	0.000	0.000
10.00	-0.16	8.824	-3.831	0.044	0.142	0.010
20.00	-0.44	8.824	-3.831	0.044	0.326	0.050
30.00	-0.68	8.824	-3.831	0.044	0.589	0.130
50.00	-2.02	8.824	-3.831	0.044	0.659	0.379
60.00	-3.68	8.824	-3.831	0.044	0.233	0.459
14.43	Car Deck Edge -S (aft)			CR	0.215	0.024
42.82	MAXIMUM RIGHTING ARM				0.750	0.293

RESIDUAL FREEBOARD AT CRITICAL POINTS

NO.	DESCRIPTION		X FROM MID.	Y FROM CL	Z ABOVE BL	FRBRD
1	Car Deck Edge -P(fore)	CR	60.000	-5.000	7.300	2.307
2	Car Deck Edge -S(fore)	CR	60.000	5.000	7.300	1.955
3	Car Deck Edge -P(aft)	CR	-60.000	-9.200	7.300	2.454
4	Car Deck Edge -S(aft)	CR	-60.000	9.200	7.300	1.808
5	Cabin Deck - P	DF	-22.950	-2.500	12.350	7.269
6	Cabin Deck - S	DF	-22.950	2.500	12.350	7.093
7	Restaurant Deck - P	DF	-22.950	-3.800	14.800	9.765
8	Restaurant Deck - S	DF	-22.950	3.800	14.800	9.498

Criteria - Intact Stability

Description	Required	Attained	Margin
GM ≥ 0.15	0.150	1.221	+714% P
RA(30) ≥ 0.20	0.200	0.589	+194% P
MAXRA ≥ 25	25.000	42.822	+71% P
AREA(30) ≥ 0.055	0.055	0.130	+135% P
AREA(40) ≥ 0.09 AND AREA(DF) ≥ 0.09	0.090	0.255	+183% P
AREA(30:40) ≥ 0.03 AND AREA(30:DF) ≥ 0.03	0.030	0.125	+318% P



COND: 2-1

Balastlı Kalkış
2 derece sancağa meyilli
Stockholm Agreement

DEADWEIGHT SUMMARY - TRIM & STABILITY

DESCRIPTION	PCT	WEIGHT	VCG	LCG	TCG	VMFS
KARGO	100	300.000	10.000	17.500	0.540	
TANK YÜKLERİ	100	500.000	1.895	6.400	0.000	150.00
SUBTOTAL FIXED LOADS		800.000	4.934	10.563	0.203	150.00
TANKS	S.G. PCT	WEIGHT	VCG	LCG	TCG	VMFS
CAR DECK	1.025 0	8.436	7.329	-15.375	8.981	98.60
SUBTOTAL TANK LOADS		8.436	7.329	-15.375	8.981	98.60
lightship		6615.800	9.294	-5.571	0.025	0.00
TOTAL WEIGHT		7424.236	8.822	-3.844	0.054	248.60

HYDROSTATICS - DRAFTS			METACENTRIC HEIGHT		
DISPLACEMENT	=	7424.348 Tonnes	KMT	=	10.051 m
LCG	=	-3.829 m	VCG	=	8.822 m
LCB	=	-3.841 m	GMT UNCORR.	=	1.229 m
LCF	=	-10.245 m	FREE SURF.	=	0.033 m
TPC	=	19.673 Tonnes	GMT CORR.	=	1.196 m
MTC	=	146.295 m-t	HEEL ANGLE	=	2.479 Degrees
TRIM	=	0.000 m			
MEAN DRAFT	=	5.172 m	WATER	=	1.025 t/m3
DRAFT FP	=	5.172 m			
DRAFT AP	=	5.172 m			

RIGHTING ARMS & RIGHTING ENERGY

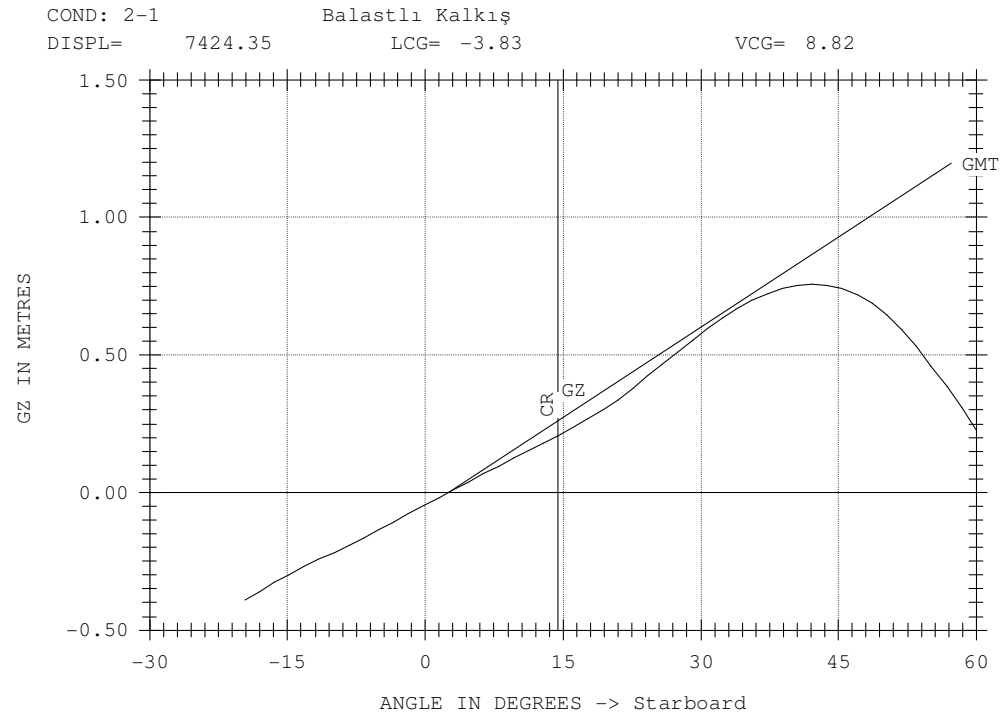
HEEL	TRIM	VCG	LCG	TCG	RA	ENERGY
-19.69	-0.43	8.822	-3.829	0.033	-0.392	0.075
-15.00	-0.30	8.822	-3.832	0.032	-0.301	0.047
-10.00	-0.16	8.822	-3.837	0.033	-0.219	0.024
-5.00	-0.03	8.822	-3.841	0.033	-0.135	0.009
0.00	0.03	8.822	-3.875	0.044	-0.044	0.001
2.48	0.00	8.822	-3.844	0.054	0.000	0.000
10.00	-0.16	8.822	-3.833	0.055	0.132	0.009
20.00	-0.44	8.822	-3.825	0.056	0.315	0.047
30.00	-0.68	8.822	-3.823	0.055	0.579	0.124
50.00	-2.03	8.822	-3.812	0.056	0.652	0.371
60.00	-3.70	8.822	-3.807	0.055	0.227	0.450
14.41	Car Deck Edge -S (aft)			CR	0.205	0.022
42.86	MAXIMUM RIGHTING ARM				0.742	0.286

RESIDUAL FREEBOARD AT CRITICAL POINTS

NO.	DESCRIPTION		X FROM MID.	Y FROM CL	Z ABOVE BL	FRBRD
1	Car Deck Edge -P(fore)	CR	60.000	-5.000	7.300	2.345
2	Car Deck Edge -S(fore)	CR	60.000	5.000	7.300	1.912
3	Car Deck Edge -P(aft)	CR	-60.000	-9.200	7.300	2.526
4	Car Deck Edge -S(aft)	CR	-60.000	9.200	7.300	1.730
5	Cabin Deck - P	DF	-22.950	-2.500	12.350	7.286
6	Cabin Deck - S	DF	-22.950	2.500	12.350	7.070
7	Restaurant Deck - P	DF	-22.950	-3.800	14.800	9.792
8	Restaurant Deck - S	DF	-22.950	3.800	14.800	9.463

Criteria - Intact Stability

Description	Required	Attained	Margin
GM ≥ 0.15	0.150	1.196	+697% P
RA(30) ≥ 0.20	0.200	0.579	+189% P
MAXRA ≥ 25	25.000	42.859	+71% P
AREA(30) ≥ 0.055	0.055	0.124	+126% P
AREA(40) ≥ 0.09 AND AREA(DF) ≥ 0.09	0.090	0.248	+175% P
AREA(30:40) ≥ 0.03 AND AREA(30:DF) ≥ 0.03	0.030	0.124	+312% P



COND: 2-2

Balastlı Kalkış
1 m. kıç trimli

DEADWEIGHT SUMMARY - TRIM & STABILITY

DESCRIPTION	PCT	WEIGHT	VCG	LCG	TCG	VMFS
KARGO	100	300.000	10.000	-30.000	-0.551	
TANK YÜKLERİ	100	500.000	1.895	6.400	0.000	150.00

SUBTOTAL FIXED LOADS		800.000	4.934	-7.250	-0.207	150.00

TANKS	S.G. PCT	WEIGHT	VCG	LCG	TCG	VMFS

lightship		6615.800	9.294	-5.571	0.025	0.00
TOTAL WEIGHT		7415.800	8.824	-5.752	0.000	150.00

HYDROSTATICS - DRAFTS			METACENTRIC HEIGHT		
DISPLACEMENT =	7415.800	Tonnes	KMT	=	10.197 m
LCG	=	-5.752 m	VCG	=	8.824 m
LCB	=	-5.802 m	GMT UNCORR.	=	1.374 m
LCF	=	-11.325 m	FREE SURF.	=	0.020 m
TPC	=	19.697 Tonnes	GMT CORR.	=	1.354 m
MTC	=	145.448 m-t	HEEL ANGLE	=	0.000 Degrees
TRIM	=	1.006 m			
MEAN DRAFT	=	5.080 m	WATER	=	1.025 t/m3
DRAFT FP	=	4.576 m			
DRAFT AP	=	5.583 m			

RIGHTING ARMS & RIGHTING ENERGY

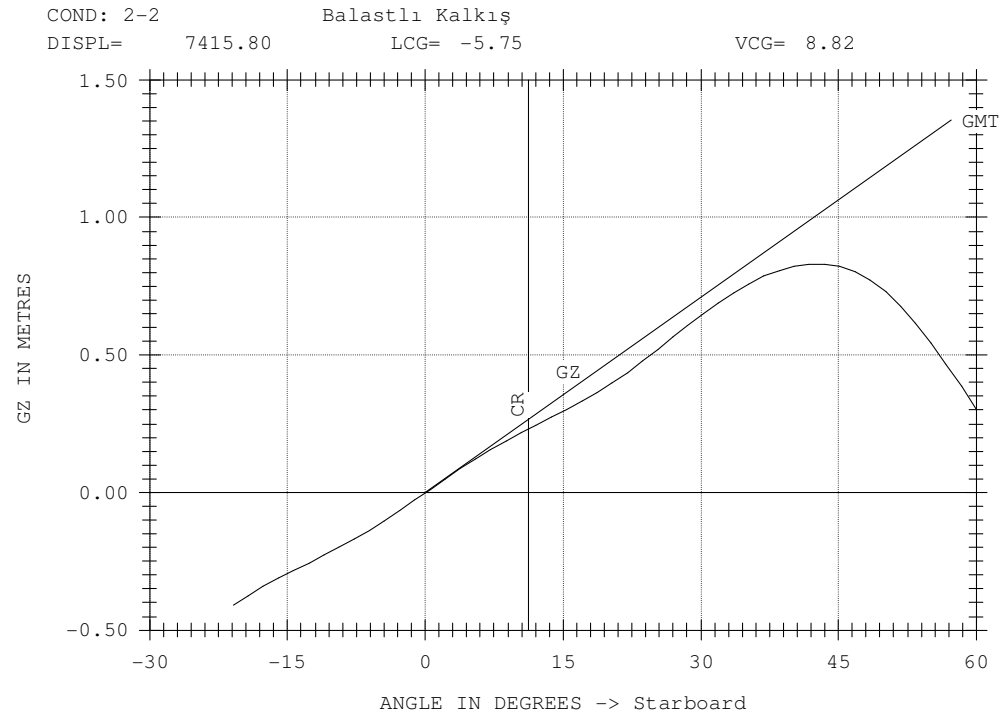
HEEL	TRIM	VCG	LCG	TCG	RA	ENERGY
-20.96	0.64	8.824	-5.752	0.000	-0.410	0.078
-20.00	0.66	8.824	-5.752	0.000	-0.390	0.071
-15.00	0.79	8.824	-5.752	0.000	-0.294	0.041
-10.00	0.91	8.824	-5.752	0.000	-0.210	0.019
-5.00	0.99	8.824	-5.752	0.000	-0.115	0.005
0.00	1.01	8.824	-5.752	0.000	0.000	0.000
10.00	0.91	8.824	-5.752	0.000	0.210	0.019
20.00	0.66	8.824	-5.752	0.000	0.390	0.071
30.00	0.45	8.824	-5.752	0.000	0.643	0.160
50.00	-0.55	8.824	-5.752	0.000	0.734	0.432
60.00	-1.72	8.824	-5.752	0.000	0.302	0.525
11.22	Car Deck Edge -S (aft)			CR	0.231	0.024
43.31	MAXIMUM RIGHTING ARM				0.819	0.344

RESIDUAL FREEBOARD AT CRITICAL POINTS

NO.	DESCRIPTION		X FROM MID.	Y FROM CL	Z ABOVE BL	FRBRD
1	Car Deck Edge -P (fore)CR		60.000	-5.000	7.300	2.724
2	Car Deck Edge -S (fore)CR		60.000	5.000	7.300	2.724
3	Car Deck Edge -P (aft) CR		-60.000	-9.200	7.300	1.717
4	Car Deck Edge -S (aft) CR		-60.000	9.200	7.300	1.717
5	Cabin Deck - P	DF	-22.950	-2.500	12.350	7.078
6	Cabin Deck - S	DF	-22.950	2.500	12.350	7.078
7	Restaurant Deck - P	DF	-22.950	-3.800	14.800	9.528
8	Restaurant Deck - S	DF	-22.950	3.800	14.800	9.528

Criteria - Intact Stability

Description	Required	Attained	Margin
GM >= 0.15	0.150	1.354	+802% P
RA(30) >= 0.20	0.200	0.643	+221% P
MAXRA >= 25	25.000	43.306	+73% P
AREA(30) >= 0.055	0.055	0.160	+191% P
AREA(40) >= 0.09 AND AREA(DF) >= 0.09	0.090	0.296	+229% P
AREA(30:40)>= 0.03 AND AREA(30:DF)>= 0.03	0.030	0.136	+353% P



COND: 2-2

Balastlı Kalkış
1 m. kıç trimli
Stockholm Agreement

DEADWEIGHT SUMMARY - TRIM & STABILITY

DESCRIPTION	PCT	WEIGHT	VCG	LCG	TCG	VMFS
KARGO	100	300.000	10.000	-30.000	-0.551	
TANK YÜKLERİ	100	500.000	1.895	6.400	0.000	150.00
SUBTOTAL FIXED LOADS		800.000	4.934	-7.250	-0.207	150.00
TANKS	S.G. PCT	WEIGHT	VCG	LCG	TCG	VMFS
CAR DECK	1.025 0	15.131	7.339	-58.373	0.604	8192.50
SUBTOTAL TANK LOADS		15.131	7.339	-58.373	0.604	8192.50
lightship		6615.800	9.294	-5.571	0.025	0.00
TOTAL WEIGHT		7430.931	8.821	-5.859	0.001	8342.50

HYDROSTATICS - DRAFTS			METACENTRIC HEIGHT		
DISPLACEMENT =	7431.640	Tonnes	KMT	=	10.198 m
LCG	=	-5.798 m	VCG	=	8.821 m
LCB	=	-5.914 m	GMT UNCORR.	=	1.377 m
LCF	=	-11.360 m	FREE SURF.	=	1.123 m
TPC	=	19.700 Tonnes	GMT CORR.	=	0.255 m
MTC	=	145.463 m-t	HEEL ANGLE	=	0.066 Degrees
TRIM	=	1.057 m			
MEAN DRAFT	=	5.081 m	WATER	=	1.025 t/m3
DRAFT FP	=	4.553 m			
DRAFT AP	=	5.610 m			

RIGHTING ARMS & RIGHTING ENERGY

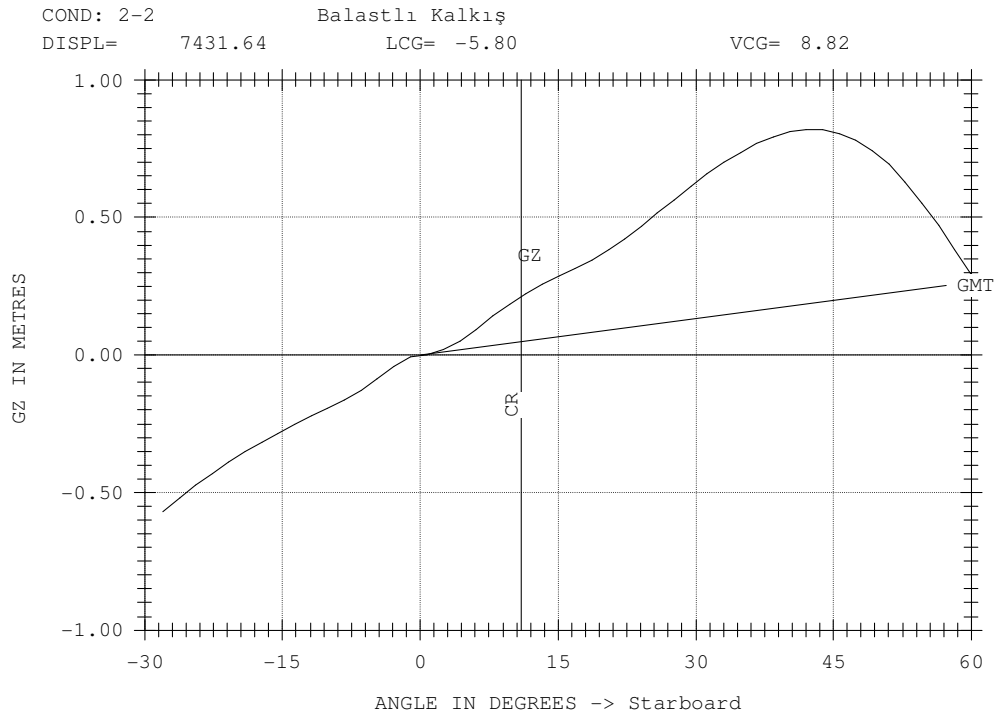
HEEL	TRIM	VCG	LCG	TCG	RA	ENERGY
-28.03	0.51	8.821	-5.798	-0.020	-0.570	0.130
-25.00	0.58	8.821	-5.803	-0.020	-0.489	0.102
-20.00	0.69	8.821	-5.813	-0.020	-0.372	0.065
-15.00	0.82	8.821	-5.824	-0.019	-0.276	0.037
-10.00	0.95	8.821	-5.834	-0.019	-0.193	0.016
-5.00	1.03	8.821	-5.847	-0.018	-0.097	0.003
0.00	1.06	8.820	-5.866	0.000	0.000	0.000
0.07	1.06	8.821	-5.859	0.001	0.000	0.000
10.00	0.95	8.821	-5.834	0.019	0.193	0.017
20.00	0.69	8.821	-5.813	0.020	0.372	0.066
30.00	0.47	8.821	-5.795	0.020	0.626	0.152
50.00	-0.54	8.821	-5.756	0.020	0.723	0.419
60.00	-1.72	8.821	-5.733	0.019	0.292	0.511
11.04	Car Deck Edge -S (aft)			CR	0.215	0.021
43.41	MAXIMUM RIGHTING ARM				0.806	0.334

RESIDUAL FREEBOARD AT CRITICAL POINTS

NO.	DESCRIPTION		X FROM MID.	Y FROM CL	Z ABOVE BL	FRBRD
1	Car Deck Edge -P (fore)CR		60.000	-5.000	7.300	2.753
2	Car Deck Edge -S (fore)CR		60.000	5.000	7.300	2.742
3	Car Deck Edge -P (aft) CR		-60.000	-9.200	7.300	1.701
4	Car Deck Edge -S (aft) CR		-60.000	9.200	7.300	1.680
5	Cabin Deck - P	DF	-22.950	-2.500	12.350	7.070
6	Cabin Deck - S	DF	-22.950	2.500	12.350	7.064
7	Restaurant Deck - P	DF	-22.950	-3.800	14.800	9.521
8	Restaurant Deck - S	DF	-22.950	3.800	14.800	9.512

Criteria - Intact Stability

Description	Required	Attained	Margin
GM ≥ 0.15	0.150	0.255	+69% P
RA(30) ≥ 0.20	0.200	0.626	+213% P
MAXRA ≥ 25	25.000	43.413	+73% P
AREA(30) ≥ 0.055	0.055	0.152	+176% P
AREA(40) ≥ 0.09 AND AREA(DF) ≥ 0.09	0.090	0.286	+217% P
AREA(30:40) ≥ 0.03 AND AREA(30:DF) ≥ 0.03	0.030	0.133	+344% P



COND: 2-3

Balastlı Kalkış
2 derece sancağa meyilli+1 m. kıça triml

DEADWEIGHT SUMMARY - TRIM & STABILITY

DESCRIPTION	PCT	WEIGHT	VCG	LCG	TCG	VMFS
KARGO	100	300.000	10.000	-30.000	0.626	
TANK YÜKLERİ	100	500.000	1.895	6.400	0.000	150.00

SUBTOTAL FIXED LOADS		800.000	4.934	-7.250	0.235	150.00

TANKS	S.G. PCT	WEIGHT	VCG	LCG	TCG	VMFS

lightship		6615.800	9.294	-5.571	0.025	0.00
TOTAL WEIGHT		7415.800	8.824	-5.752	0.048	150.00

HYDROSTATICS - DRAFTS			METACENTRIC HEIGHT		
DISPLACEMENT =	7415.800	Tonnes	KMT	=	10.187 m
LCG	=	-5.752 m	VCG	=	8.824 m
LCB	=	-5.799 m	GMT UNCORR.	=	1.364 m
LCF	=	-11.278 m	FREE SURF.	=	0.020 m
TPC	=	19.683 Tonnes	GMT CORR.	=	1.343 m
MTC	=	145.279 m-t	HEEL ANGLE	=	2.001 Degrees
TRIM	=	1.002 m			
MEAN DRAFT	=	5.078 m	WATER	=	1.025 t/m3
DRAFT FP	=	4.577 m			
DRAFT AP	=	5.580 m			

RIGHTING ARMS & RIGHTING ENERGY

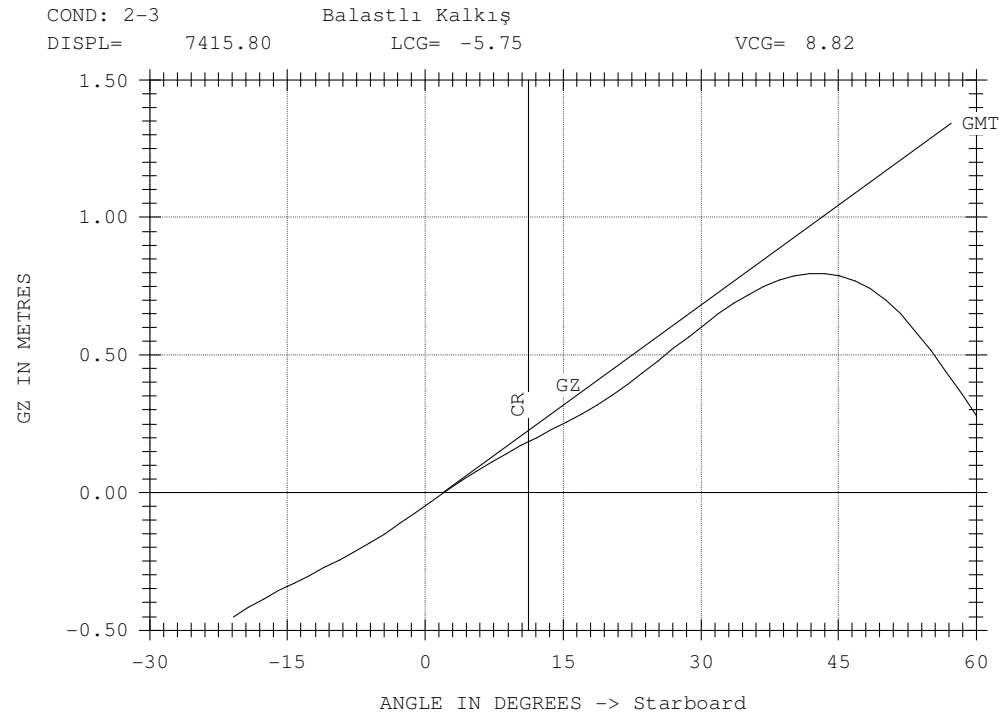
HEEL	TRIM	VCG	LCG	TCG	RA	ENERGY
-20.90	0.64	8.824	-5.752	0.048	-0.453	0.095
-20.00	0.66	8.824	-5.752	0.048	-0.434	0.088
-15.00	0.79	8.824	-5.752	0.048	-0.340	0.055
-10.00	0.91	8.824	-5.752	0.048	-0.257	0.029
-5.00	0.99	8.824	-5.752	0.048	-0.162	0.010
0.00	1.01	8.824	-5.752	0.048	-0.048	0.001
2.00	1.00	8.824	-5.752	0.048	0.000	0.000
10.00	0.91	8.824	-5.752	0.048	0.163	0.012
20.00	0.66	8.824	-5.752	0.048	0.345	0.055
30.00	0.45	8.824	-5.752	0.048	0.602	0.138
50.00	-0.55	8.824	-5.752	0.048	0.703	0.396
60.00	-1.71	8.824	-5.752	0.048	0.278	0.485
11.22	Car Deck Edge -S (aft)			CR	0.184	0.015
43.49	MAXIMUM RIGHTING ARM				0.784	0.315

RESIDUAL FREEBOARD AT CRITICAL POINTS

NO.	DESCRIPTION		X FROM MID.	Y FROM CL	Z ABOVE BL	FRBRD
1	Car Deck Edge -P (fore)	CR	60.000	-5.000	7.300	2.897
2	Car Deck Edge -S (fore)	CR	60.000	5.000	7.300	2.548
3	Car Deck Edge -P (aft)	CR	-60.000	-9.200	7.300	2.042
4	Car Deck Edge -S (aft)	CR	-60.000	9.200	7.300	1.399
5	Cabin Deck - P	DF	-22.950	-2.500	12.350	7.167
6	Cabin Deck - S	DF	-22.950	2.500	12.350	6.993
7	Restaurant Deck - P	DF	-22.950	-3.800	14.800	9.663
8	Restaurant Deck - S	DF	-22.950	3.800	14.800	9.397

Criteria - Intact Stability

Description	Required	Attained	Margin
GM >= 0.15	0.150	1.343	+795% P
RA(30) >= 0.20	0.200	0.602	+200% P
MAXRA >= 25	25.000	43.485	+73% P
AREA(30) >= 0.055	0.055	0.138	+150% P
AREA(40) >= 0.09 AND AREA(DF) >= 0.09	0.090	0.267	+196% P
AREA(30:40) >= 0.03 AND AREA(30:DF) >= 0.03	0.030	0.129	+330% P



COND: 2-3

Balastlı Kalkış
2 derece sancağa meyilli+1 m. kıç trimi
Stockholm Agreement

DEADWEIGHT SUMMARY - TRIM & STABILITY

DESCRIPTION	PCT	WEIGHT	VCG	LCG	TCG	VMFS
KARGO	100	300.000	10.000	-30.000	0.626	
TANK YÜKLERİ	100	500.000	1.895	6.400	0.000	150.00
SUBTOTAL FIXED LOADS		800.000	4.934	-7.250	0.235	150.00
TANKS	S.G. PCT	WEIGHT	VCG	LCG	TCG	VMFS
CAR DECK	1.025 0	6.267	7.355	-55.372	8.031	178.85
SUBTOTAL TANK LOADS		6.267	7.355	-55.372	8.031	178.85
lightship		6615.800	9.294	-5.571	0.025	0.00
TOTAL WEIGHT		7422.067	8.822	-5.794	0.054	328.85

HYDROSTATICS - DRAFTS			METACENTRIC HEIGHT		
DISPLACEMENT	=	7422.379 Tonnes	KMT	=	10.184 m
LCG	=	-5.781 m	VCG	=	8.822 m
LCB	=	-5.839 m	GMT UNCORR.	=	1.361 m
LCF	=	-11.275 m	FREE SURF.	=	0.044 m
TPC	=	19.681 Tonnes	GMT CORR.	=	1.317 m
MTC	=	145.246 m-t	HEEL ANGLE	=	2.278 Degrees
TRIM	=	1.020 m			
MEAN DRAFT	=	5.080 m	WATER	=	1.025 t/m3
DRAFT FP	=	4.570 m			
DRAFT AP	=	5.589 m			

RIGHTING ARMS & RIGHTING ENERGY

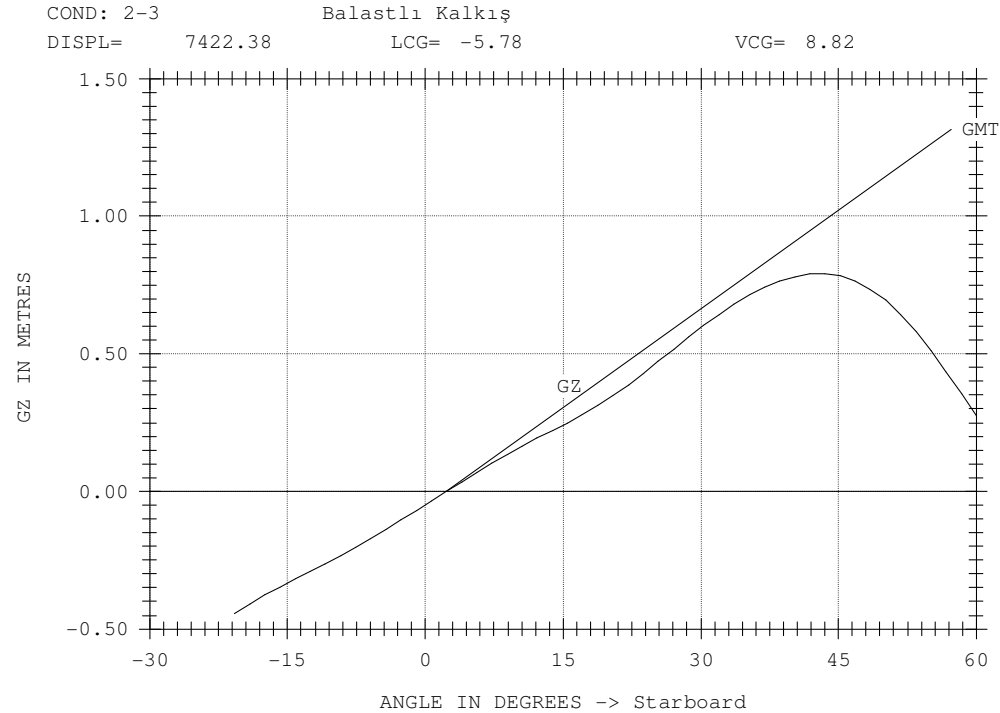
HEEL	TRIM	VCG	LCG	TCG	RA	ENERGY
-20.75	0.66	8.822	-5.781	0.039	-0.443	0.092
-20.00	0.68	8.822	-5.782	0.039	-0.427	0.086
-15.00	0.81	8.822	-5.786	0.039	-0.333	0.053
-10.00	0.93	8.822	-5.793	0.039	-0.249	0.028
-5.00	1.01	8.822	-5.793	0.040	-0.155	0.010
0.00	1.03	8.822	-5.800	0.048	-0.048	0.001
2.28	1.02	8.822	-5.794	0.054	0.000	0.000
10.00	0.93	8.822	-5.793	0.056	0.155	0.011
20.00	0.68	8.822	-5.782	0.056	0.338	0.053
30.00	0.46	8.822	-5.773	0.056	0.595	0.134
50.00	-0.54	8.822	-5.751	0.057	0.698	0.391
60.00	-1.72	8.823	-5.740	0.056	0.274	0.479
-11.13	Car Deck Edge -P (aft)			CR	-0.268	0.033
43.52	MAXIMUM RIGHTING ARM				0.778	0.310

RESIDUAL FREEBOARD AT CRITICAL POINTS

NO.	DESCRIPTION		X FROM MID.	Y FROM CL	Z ABOVE BL	FRBRD
1	Car Deck Edge -P (fore)CR		60.000	-5.000	7.300	2.929
2	Car Deck Edge -S (fore)CR		60.000	5.000	7.300	2.531
3	Car Deck Edge -P (aft) CR		-60.000	-9.200	7.300	2.077
4	Car Deck Edge -S (aft) CR		-60.000	9.200	7.300	1.345
5	Cabin Deck - P	DF	-22.950	-2.500	12.350	7.175
6	Cabin Deck - S	DF	-22.950	2.500	12.350	6.976
7	Restaurant Deck - P	DF	-22.950	-3.800	14.800	9.677
8	Restaurant Deck - S	DF	-22.950	3.800	14.800	9.374

Criteria - Intact Stability

Description	Required	Attained	Margin
GM >= 0.15	0.150	1.317	+777% P
RA(30) >= 0.20	0.200	0.595	+197% P
MAXRA >= 25	25.000	43.520	+74% P
AREA(30) >= 0.055	0.055	0.134	+143% P
AREA(40) >= 0.09 AND AREA(DF) >= 0.09	0.090	0.262	+191% P
AREA(30:40)>= 0.03 AND AREA(30:DF)>= 0.03	0.030	0.128	+326% P



ÖZGEÇMİŞ

Neslihan Çelebi 21 Şubat 1982 yılında Bursa’da dünyaya geldi. 2000 yılında Bursa Süleyman Çelebi Lisesi’nden mezun oldu. Aynı yıl İstanbul Teknik Üniversitesi Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesi, Gemi İnşaatı Bölümü’nü kazandı. 2005 yılında İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Gemi İnşaatı Yüksek Lisans Programı’na kabul edildi.