

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

RÖMORKÖRLERDE STABİLİTE ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Majid MAKOUİZAD

Gemi İnşaatı ve Gemi Makinaları Mühendisliği Anabilim Dalı

Gemi İnşaatı ve Gemi Makinaları Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof.Dr. Metin TAYLAN

AĞUSTOS 2013

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

RÖMORKÖRLERDE STABİLİTE ANALİZİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Majid MAKOUİZAD
(508101011)**

Gemi İnşaatı ve Gemi Makinaları Mühendisliği Anabilim Dalı

Gemi İnşaatı ve Gemi Makinaları Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Metin TAYLAN

AĞUSTOS 2013

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 508101011 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Majid MAKOUİZAD**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**RÖMORKÖRLERDE STABİLİTE ANALİZİ**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Metin TAYLAN**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof.Dr.Kadir SARIÖZ**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Ali Can TAKİNACI
İstanbul Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **02 Ağustos 2013**
Savunma Tarihi : **13 Ağustos 2013**

Ana vatanım ve canım aileme,

ÖNSÖZ

Gelişen dünyada gelişen teknolojiyi takip etmek ve öğrenmek insana büyük avantajlar ve kolaylıklar sunmaktadır.

Tez çalışmam sırasında tüm bilgi ve deneyimini benimle paylaşarak her aşamada yanımda olan değerli hocam Sayın Prof. Dr. Metin TAYLAN’a göstermiş olduğu ilgi ve anlayış için çok teşekkür ederim.

Tüm yüksek lisans eğitimim süresince bütün hocalarıma ,yanımda olan aileme ve arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Ağustos 2013

Majid Makouizad

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
KISALTMALAR.....	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY.....	xxi
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Römorkör Gemilerinin Genel Özellikleri.....	1
1.2 Römorkörlerin Görev ve Tipini Belirleyen Faktörler.....	1
1.2.1 Çalışacağı limanların kategorileri ve birbirine yakınlıkları.....	1
1.2.2 Çevresel koşullar.....	2
1.2.3 Hizmet edilecek geminin çeşidi.....	2
1.2.4 Liman çevresi ve etrafındaki hizmet çeşitleri.....	2
1.2.5 Çekme metotları.....	2
1.2.6 Çalışan gemiler.....	2
1.2.7 Güvenlik gereksinimleri.....	3
1.2.8 Hizmet metotları.....	3
1.3 Römorkör Çeşitleri.....	3
2. GEMİYE ETKİYEN STATİK KUVVETLER.....	5
2.1 Gemiye Etkiyen Statik Kuvvetler.....	5
2.2 Geminin Başlangıç Stabilitesi.....	5
3. HASARSIZ STABİLİTE KURALLARI.....	9
3.1 Tüm Gemiler İçin Geçerli Genel Stabilitate Kriterleri.....	10
4. IMO'YA ÖNERİLEN YENİ KURALLAR.....	11
4.1 Giriş.....	11
4.2 Çekme Römorkörlerinin Operasyonları.....	11
4.3 Stabilitate Hesapları.....	12
4.3.1 Çekme operasyonları için meyil kolu.....	12
4.3.2 Stabilitate kriterleri.....	13
4.4 Limana Çekme (Römorkör) Operasyonları.....	13
4.5 Kıyı veya Açık Deniz Çekme Operasyonları.....	14
5. ESKİ KURALLAR VE YENİ KURALLARIN KARŞILAŞTIRMASI.....	15
5.1 Yeni Önerilen Kurallar.....	15
5.2 Mevcut Kurallar.....	15
5.3 Değişen Konular.....	15
6. STABİLİTE HESAPLARI.....	17
6.1 Hidrostatik Özellikler.....	17
6.2 Varış Durumu Stabilitate Hesabı.....	19
6.3 Kalkış Durumu Stabilitate Hesabı.....	26
6.4 Tam Yük Durumu Stabilitate Hesabı.....	35

6.5 Lignyship Durumu Stabilite Hesabı	44
7. SONUÇ VE ÖNERİLER	53
KAYNAKLAR.....	55
EKLER	57
ÖZGEÇMİŞ	.77

KISALTMALAR

AWP	: Su Hattı Alanı
B	: Genişlik
GM	: Metasantr Yüksekliği
KB	: Kaide Hattı ile Hacim Merkezi Arasındaki Düşey Uzaklık
KG	: Kaide Hattı ile Ağırlık Merkezi Arasındaki Düşey Uzaklık
LBP	: Dikeyler Arası Boy
LCB	: Boyuna Hacim Merkezi
LCF	: Boyuna Yüzme Merkezi
LCG	: Boyuna Ağırlık Merkezi
LOA	: Toplam Uzunluk
LWL	: Su Hattı Boyu
T	: Draft
Δ	: Deplasman Hacmi

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 6.1 : Römorkör varış durumunda yükleme durumu	20
Çizelge 6.2 : Römorkör varış durumunda geminin deyerleri.....	22
Çizelge 6.3 : Römorkör varış durumu stabilite hesabı	24
Çizelge 6.4 : Römorkör kalkış durumunda yükleme durumu	26
Çizelge 6.5 : Römorkör kalkış durumunda geminin deyerleri	28
Çizelge 6.6 : Römorkör kalkış durumu stabilite hesabı	30
Çizelge 6.7 : Römorkör tam yük durumunda yükleme durumu	35
Çizelge 6.8 : Römorkör tam yük durumunda geminin deyerleri	37
Çizelge 6.9 : Römorkör tam yük durumu stabilite hesabı	39
Çizelge 6.10 : Römorkör lightship durumunda yükleme durumu.	44
Çizelge 6.11 : Römorkör lightship durumunda geminin deyerleri	46
Çizelge 6.12 : Römorkör lightship durumu stabilite hesabı	48

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Deplasman tipi bir tekneye etkiyen kuvvetler.....	5
Şekil 2.2 : GZ kolları.	6
Şekil 4.1 : Stabilite eğrisi.	13
Şekil 6.1 : Römorkör varış durumu GZ eğrisi.....	21
Şekil 6.2 : Römorkör kalkış durumu GZ eğrisi.....	27
Şekil 6.3 : Römorkör tam yük durumu GZ eğrisi.	36
Şekil 6.4 : Römorkör lightships durumu GZ eğrisi.	45

RÖMORKÖRLERDE STABİLİTE ANALİZİ

ÖZET

Büyük gemiler, özellikle dar sularda kendi olanakları ile güvenlik içinde manevra yapamama, limana giriş/çıkış ve yanaşmalarda manevra eksikliği gibi sorunlara sahiptirler. Bu sorunları çözmek için gereksinilen ek dış kuvvetleri sağlamadaki en uygun yol olarak “ küçük teknelerin büyük teknelere yardım etmesi” gerekliliği doğmuştur.

Manevra kabiliyeti sınırlı olan gemi veya böyle bir imkândan yoksun bulunan deniz araçlarının çekilmesi, itilmesi, döndürülmesi ve yangın işlemlerinde kullanılan, nehirde limanlarda ve açık denizlerde hizmet veren gemilere römorkör denir.

Römorkörler günümüzün yoğun deniz ticaretinde önemli rol oynamaktadırlar. Zamanın çok kritik ve değerli olduğu günümüz şartlarında manevraların kısa zamanda yapılıp, kısa zamanda rıhtımdan ayrılıp diğer limana yol almak kaçınılmaz bir kural olmuştur.

Bu amaçla her geçen gün daha ekonomik gemiler ve daha hızlı işletme yöntemleri geliştirilmektedir. Römorkörler bu aşamada devreye girmekte ve gemilerin limanda daha süratli ve daha güvenli manevra yapmalarını sağlamaktadır.

Römorkörler yüksek manevra kabiliyetli ve boyutlarına göre çok kuvvetli sevk sistemine sahip olan motorlu teknelerdir. Görevleri dolayısıyla dayanıklı çelik yapılara ve üstün stabilite değerlerine sahip olarak imal edilmektedirler. Çoğunlukla motorlu gemilerin yanaştırılıp kaldırılmasında, duba, barç ve benzeri motorsuz teknelerin bir yerden bir yere götürülmesinde, karaya oturmuş, batık veya arızalı gemilerin kurtulma operasyonlarında, petrol doğalgaz ve benzeri maddelerin denizaltında aranmasında ve sondajında veya su altı kablo boru ve benzeri ekipman döşeyen veya araştırma yapan platformların konumlandırma operasyonlarında kullanılmaktadırlar. Ayrıca yüksek manevra kabiliyetleri ve güçleri dolayısıyla bazı ek ekipmanlar aracılığı ile yangın söndürme, batık çıkartma ve deniz üzerinde biriken yağların toplanması işlemlerinde de başarı ile kullanılmaktadır.

Limanlarda, kanallarda, nehirlerde ve okyanus hizmeti veren römorkörleri 4 ana sınıfta toplayabiliriz.

Bu sınıflandırma, römorkörün çalıştığı yere, verdiği hizmete ve beygir gücüne göre yapılabilir.

Nehir römorkörü

Liman römorkörü

Kıyı römorkörü

Okyanus römorkörü

Bir gemide römorkör ya da römorkörler kullanmanın ana amacı gemilerin karşılaştığı manevra yeteneği eksikliğini ortadan kaldırmaktır.

Belli bir amaç için inşa edilen gemiler, amaçlarına uygun olarak çalışabilmeleri için yeterli sephiye ve stabiliteye sahip olmalıdır.

Sakin su yüzeyi üzerinde hareketsiz duran bir deniz aracına etkiyen iki temel kuvvet yukarıdan aşağı yönelmiş ağırlık kuvveti (W) ile aşağıdan yukarı yönelmiş 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.

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. Eğer oluşan moment gemiyi yatırmaya çalışıyorsa negatif bir GZ vardır. Eğer GZ moment kolu 0 ise yani ağırlık ve deplasman kuvvetleri aynı düşey doğru üzerinden etkiyorsa gemi bu meyil açısında dengede kalacaktır.

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

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

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

Metasantr ile ağırlık merkezinin çakışması halinde farksız denge durumu ortaya çıkacaktır. Bu durumda gemiyi doğrultmaya veya devirmeye çalışan moment $M_d = \Delta GZ = \Delta GM \sin \varphi$ olacaktır. Burada φ meyil açısını göstermektedir. Meyil açısının küçük değerleri için $M_d = \Delta GZ = \Delta GM \sin \varphi$ açının tanjantı veya kendisi de kullanılabilir.

Hasarsız durumdaki stabilite, aşağıda belirtilen isteklere uymalıdır:

- MSC Res. 75(69) ile değiştirilmiş şekliyle, IMO Res. A.749(18), Chapter 3.1'deki hasarsız durumdaki stabilite istekleri

- Alternatif olarak, uygulanabilen hallerde, MSC Res. 75(69) ile değiştirilmiş şekliyle IMO Res. A.749(18), Chapter 4.5'deki hasarsız durumdaki stabilite istekleri.

Ayrıca, hasarsız durumdaki stabilite, aşağıda belirtilen isteklerin birine uygun olmalıdır:

- Gemi boyu doğrultusunda 90°'de etki eden maksimum bollard-pull kuvvetinin %70'inde elde edilen meyil ettirici kol eğrisi ile doğrultucu kol eğrisi arasında kalan alan 0,09 mrad.'dan az olmamalıdır. Alan; iki eğrinin birinci kesişmesi ile ikinci kesişmesi arasında veya su dolması arasında (hangisi küçükse) hesaplanmalıdır.

Alternatif olarak; doğrultucu kol eğrisi altında kalan alan; gemi boyu doğrultusuna 90°'de etki eden maksimum bollard-pull kuvvetinin %70'inde elde edilen meyil ettirici kol eğrisi altındaki alanın 1,4 katından daha az olmamalıdır. Alanlar, 0° ile ikinci kesişme veya su dolması arasında (hangisi küçükse) hesaplanmalıdır.

İtme-çekme metodu römorkörün en hızlı hizmet edebileceği metottur. Ve bu tip servislerde römorkör tek başına çalışabilir. Ancak bordalardan çekme işlemi ile servis yapılıyorsa en az 3 römorkör çalışmalıdır.

Bu alışmada Hydromax programı yardımı ile rmrkrlerde statik stabilite ve çekme halindeki stabilite analizleri yapılmıştır.

İlk bölümde genel olarak rmrkrler hakkında bilgi verilmiştir.

İkinci bölümde stabilitenin genel esasları hakkında bilgi verilmiştir.

nc bölümde Türk Loydu stabilite kurallarındaki rmrkrlerle ilgili olan kısımlar verilmiştir.

Dördüncü bölümde çekme rmrkrlere ait, IMO'ya önerilen yeni kurallar ve onların mevcut kurallarla farkları anlatılmıştır.

Son blmde ise tablolar ve grafikler halinde rmrkrn hidrostatik özellikleri ve stabilite hesaplamaları verilmiştir.

STABILITY ANALYSIS TUGBOAT

SUMMARY

Large ships have problems like that they cannot maneuver safely with their own means in shallow waters and they have lack of maneuvering ability while berthing, unberthing and docking. Necessity of “small ships has to help large ships” is to arise as a best possible way providing additional outer forces for solving these problems.

Ships that provide service in rivers, ports and open seas and are used in fires, pull/push and turning operations of ships that have limited maneuvering ability or have lack of maneuvering ability are called as tugboats.

Tugboats have important role in merchant shipping nowadays. Time is very critical and precious in today's conditions. As a result, maneuvering, berthing and unberthing at the soonest time possible are become an inevitable rule. By this purpose, more economical ships and more rapid management methods are developed every passing day. Tugboats come into play in this stage and provides more rapid and safer maneuvering service to ships.

Tugboats are engine-driven ships that have high maneuvering ability and have very strong propulsion systems compared to their sizes. They are produced as having durable steel construction and having superior stability values because of their missions. They are mostly used in:

- Berthing and unberthing operations of large ships
- Towing of pontoons, and barges and other non-motorized ships
- Rescue operations of ships that are stranded, wracked or malfunctioned
- Positioning operations of offshore platforms that are used in searching and drilling petroleum, natural gas etc., laying underwater cables, pipes etc. or doing research

They have high maneuvering performance and power. So, with the help of some special equipment, they are used in:

- Fire extinguishing operations
- Surfacing shipwrecks
- Collecting waste oil accumulating on sea surface

Tugs that give service in ports, channels, rivers and oceans can be separated to four main class.

This classification can be done according to working area, given service and horse power.

- River tug

- Harbor tug
- Coastal tug
- Ocean-going tug

Main purpose that why tugboats are used in is resolving maneuvering problems of ships.

Ships that are built for special purposes must have enough buoyancy and stability.

Two main forces that affect a vessel stand still on calm water surface are:

- Force of weight (W) directed from top to down
- Force of buoyancy, displacement (Δ) directed from down to top

If ship can be on an even keel, force of buoyancy and total weight must be equal and be contrary to each other in requested waterline.

When center of gravity of ship has been changed under the influence of an outer force, a moment is been arisen because of distance between center of gravity and center of buoyancy. By effect of this moment, ship is going to be inclined or be trimmed while center of buoyancy comes up to same vertical line with new location of center of gravity. If emerged moment try to bring the ship back to its original state, a positive GZ arm will be formed between weight and displacement forces. If GZ moment arm is zero, in other words, weight and displacement forces effects at the same vertical line, ship will be balanced at this inclination angle.

In this situation, following two conditions need to ensure for floating well-balanced:

- Weight of object must be equal to weight of displaced water by the law of floating. $\Delta=W$
- A positive righting lever arm (GZ) shall be present. $GZ \geq 0$ or $GM \geq 0$

In the case of metacenter point overlaps with center of gravity, identical equilibrium condition will be emerged. In this situation, the moment that is righting or capsizing the ship is $M_d = \Delta GZ = \Delta GM \sin \varphi$. In here φ is anclination angle. For small values of inclination angle (3-50), tangent of angle or itself can be used.

Intact stability must be comply with below specified requirements:

- As amended MSC Res. 75(69), IMO Res. A.749(18) Chapter 3.1 intact stability requirements
- Alternatively, where applicable, as amended MSC Res. 75(69), IMO Res. A.749(18) Chapter 4.5 intact stability requirements

In addition, intact stability must be comply with one of below specified requirements:

- Area between heeling lever curve that is obtained from %70 of maximum bollard-pull force affects at 90° in the direction of ship length and righting lever curve must not be less than 0.09 mrad. Area should be calculated between first interaction of two curves and second interception of two curves or flooding point (whichever is less).
- Alternatively, the area under the righting lever curve must not be less than 1.4 times the area under the heeling lever curve that is obtained from %70 of maximum bollard-pull force affect at 90° in the direction of ship length.

Areas should be calculated between 0° and second interception or flooding point (whichever is less).

Pull/push method is the fastest method that a tugboat can be served. Tugboat can work alone in this kind of services. But, if the service is being performed by towing from boards, at least three tugboats must work.

IMO's Sub Committee on Stability And Load Lines And On Fishing Vessels Safety (SLF) 54th session was held from 16 January to 20 January 2012. Decisions related to this meeting are summarized hereunder.

Second generation intact stability criteria has been further discussed. It has been agreed to harmonize, verify, validate and test draft vulnerability criteria (levels 1 and 2) with draft standards that identify the possible susceptibility of a ship to partial (excessive roll angles/accelerations) or total (capsizing) stability failures for each mode of failure.

The Sub-Committee recalled that MSC 88 had considered document MSC 88/23/2 (Norway), proposing to develop unified stability criteria and operational guidance for vessels engaged in towing and anchor handling operations, for inclusion in Part B of the 2008 IS Code, and included, in the post-biennial agenda of the Committee, an output on "Development of amendments to Part B of the 2008 IS Code on towing and anchor operations", with a target completion year of 2014.

Proposed amendments to the 2008 IS Code

The Sub-Committee had for its consideration the following documents:

- 1- SLF 54/10 (Norway), commenting on the conventional type of towline tripping criteria for ships engaged in traditional towing, as applied by many Administrations and recognized organizations, which is still relevant for certain operations. In the view of Norway, these criteria seem to be outdated with respect to a new generation of vessels intended for other types of towing operations. It was proposed that a certain minimum standard be established, but that the recommended criteria to be used should include the concept where each particular vessel's stability is analysed with respect to the intended modes of operation. Relevant proposed amendments to the 2008 IS Code were included in the annex to the document;
- 2- SLF 54/INF.5 (Norway), providing background information on the principles for unified stability criteria and operational guidance for vessels engaged in towing and anchor handling operations proposed to be incorporated into part B of the 2008 IS Code; and
- 3- SLF 54/INF.17 (Finland), providing information on intact stability requirements for tugboats used in Finland since 1 January 1986. The requirements are valid for conventional types of tugboat with one propeller (without nozzle) and with one rudder located in the aft part of the vessel, and also without any bow thrusters, and are based on the physics with heeling moments acting on the

vessel during a situation when the vessel is perpendicular to the force from the towline.

This document presents background information on the principles for unified stability criteria and operational guidance for vessels engaged in anchor handling operations.

In this workout, it has been carried out stability analysis of tugboats in case of intact stability and towing with the help of the computer programs (Maxsurf, Delftship, Freeship, Hydromax).

In the first section, it has been given information about tugboats.

In the second section, it has been given information about general principles of stability.

In the third section, it has been given rules related tugboats in Turkish Lloyd stability rules.

In the fourth section, it has been given new rules proposed to IMO related towing tugboats and it has been mentioned differences between new proposed rules and current regulations.

In the last section, it has been given hydrostatic properties and stability calculations of a selected generic tugboat in tabular and graphical forms.

1. GİRİŞ

1.1 Römorkörlerin Genel Özellikleri

Römorkörler veya diğer isimleriyle Kılavuz Tekne ve Pilot Botlar genellikle diğer deniz araçlarının manevralarını kolaylaştırmak veya sağlamak üzere itme ve çekme işlerinde, eskortluk işlerinde kullanılmaktadırlar. Römorkörler aynı zamanda, hurdaların, motorsuz deniz araçlarının ve petrol platformu gibi büyük yüzer yapıların çekilmesi amacıyla da kullanılmaktadırlar. Bunların yanında bazı römorkörler buz kırıcı veya kurtarma gemisi olarak da kullanılır. Römorkörler oldukça güçlü makinelere sahiptirler. Genellikle çift ana makineleri vardır. Bazı eklemelerle birçok ek kullanım özelliği de kazanabilirler, mesela yangın söndürücü, kısa mesafe hasta nakil aracı ya da deniz temizleme aracı olarak kullanılabilirler.

Sahip oldukları motor gücü, boyutlarına göre oldukça büyük olan römorkörler, toplam beygir güçleri ve vinç/çekme kolu kuvvetleriyle anılmaktadırlar. Römorkörlerin ana makineleri 500kW ile 20000kW arasında güç üretebilirler. Normal Kargo ve yolcu gemilerinin Güç/Tonaj oranı (GRT) 0.35 ile 1.20 arasında değişirken, bu oran büyük römorkörlerde 2.25 ile 4.0, liman römorkörlerinde ise 4.0 ile 9.5 arasındadır. Türkiye römorkör üretiminde Dünya'nın sayılı ülkeleri arasında yer almaktadır.

1.2 Römorkörlerin Görev ve Tipini Belirleyen Faktörler

1.2.1 Çalışacağı limanların kategorileri ve birbirine yakınlıkları

- Konvansiyonel limanlar
- Çok terminalli limanlar
- İskele ve mendirekli limanlar

1.2.2 Çevresel koşullar

En temel örnek römorkörün draftının belirlenmesinde çevresel koşulların önemidir. Çevresel koşullar bazı özel gereksinimleri uygulamayı gerektirebilirler.

Örneğin römorkör kutuplara yakın çalışacaksa buz kırma özelliği gerekebilir ya da güçlü rüzgâr ve dalgalara maruz kalacaksa çevresel şartlar stabilite üzerinde önemli rol oynar.

1.2.3 Hizmet edilecek geminin çeşidi

Hizmet edilecek geminin çeşidi de römorkörün görev ve tipini belirlemede önemli bir faktördür. Gerekli makine gücü, itme-çekme ekipmanlarının teknik özellik ve yeterlilikleri, manevra ve üst yapı şekli, hizmet edilecek gemi çeşidine göre optimizasyonu yapılacak ve dizaynda değişiklik gösterecek özelliklerdendir.

1.2.4 Liman çevresi ve etrafındaki hizmet çeşitleri

Römorkörün limanda yapacağı işe göre de dizayn farklılık gösterir. Limanda çalışacak bir römorkörün yapacağı işler; açık deniz yapılarının çekilmesi, büyük gemilerin limana yanaştırılması, liman temizliği, yangın söndürme, ilkyardım, şat, barge çekilmesi, yüzen krenynlerin çekilmesi olabilir. Tüm bu görev unsurları dizaynı değiştirecektir.

1.2.5 Çekme metotları

Bu metotlar da kendi içinde değişiklik gösterir ve dizayna etkirler. Çekme metodunu belirleyen unsurlar:

- Liman layoutu
- Gemi tipi
- Çevresel koşullar
- Köprü ya da kanalların varlığı

1.2.6 Çalışan gemiler

Mevcut çalışan gemilerden edinilen teknik bilgi ve tecrübe yapılan dizaynın ve gemi tipinin tehlikeli, avantajlı ya da dezavantajlı taraflarının bilinmesinde ve dolayısıyla dizayn üzerinde önemli rol oynar. O tip römorkörde yaşanan kazalar, mürettebat

gereksinimleri, zorluk çıkartan detaylar ve birçok teknik data sayesinde römorkör dizaynı etkiler.

1.2.7 Güvenlik gereksinimleri

Güvenlik liman çeşidi, servis edilecek gemi tipi, çevresel koşullar her şey göz önünde bulundurularak en maksimum şekilde sağlanmalıdır. Römorkörler üzerindeki her ekipman, form, kalite ve her türlü gemi tipi özelliği güvenliği en üst düzeyde tutacak şekilde olmalıdır.

1.2.8 Hizmet metotları

- Önden çekme ya da arkadan doğrusal itme
- Geminin bordalarından hizmet etme

İtme-çekme metodu römorkörün en hızlı hizmet edebileceği metottur. Ve bu tip servislerde römorkör tek başına çalışabilir. Ancak bordalardan çekme işlemi ile servis yapılıyorsa en az 3 römorkör çalışmalıdır.

1.3 Römorkör Çeşitleri

- Açık deniz römorkörü, standart açık deniz römorkörleri “payload”u (gelir kazandıran nitelikli yükün toplam yüke oranı) uzun çelik veya fiber halatlar ile çeker.
- Liman römorkörleri, limandaki gemilere manevra kolaylığı sağlamak amacıyla kullanılırlar.
- Nehir römorkörleri

Sevk sistemine göre römorkörleri sınıflandırma;

- Tek pervane römorkör
- Çift pervane römorkör
- Traktör tipi römorkör
- Azimuth pervaneli römorkör

Tek pervane ve Çift pervane römorkörler genelde sık kullanılan römorkör tipleridir. Çekme gücünü artırmak için genelde nozzle kullanılır.

Birçoğunun pervanesi sabit ya da değişken açılıdır (Fixed or variable pitch propeller).

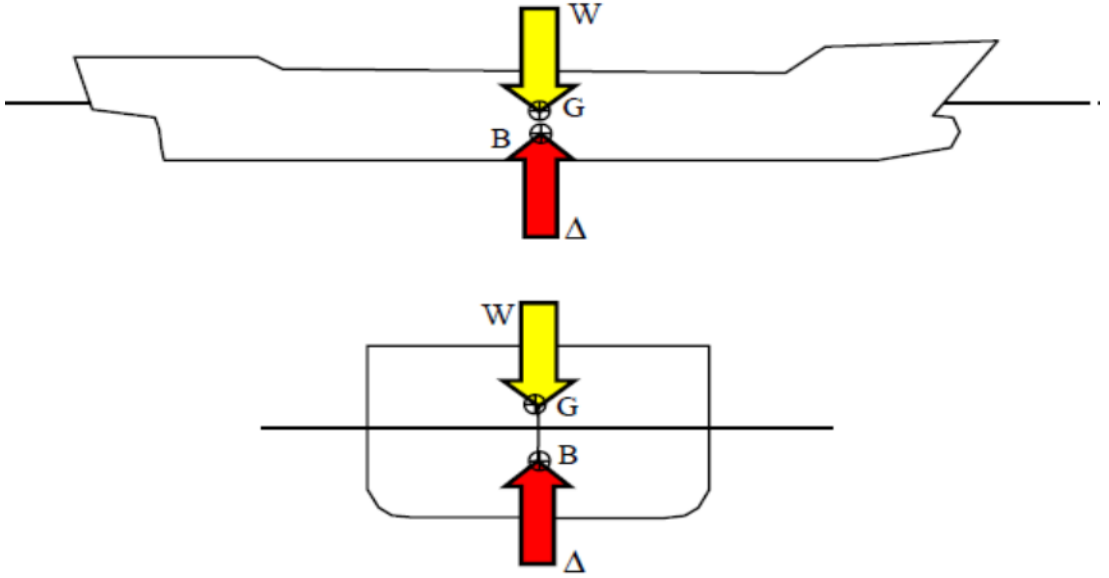
Traktör tipi römorkörlerde pervaneler önde tutulurlar. Bu tip pervane sistemine Schneider pervane ya da 360° dönebilen azimuth pervane denir.

Bu sistemi kıçta kullanan römorkörler çift pervaneli olurlar ve diğer sistemlerden çok daha fazla manevra kabiliyetine sahiptirler.

2. GEMİLERİN STABİLİTESİ

2.1 Gemiye Etkiyen Statik Kuvvetler

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 1 'de şematik olarak görülmektedir.



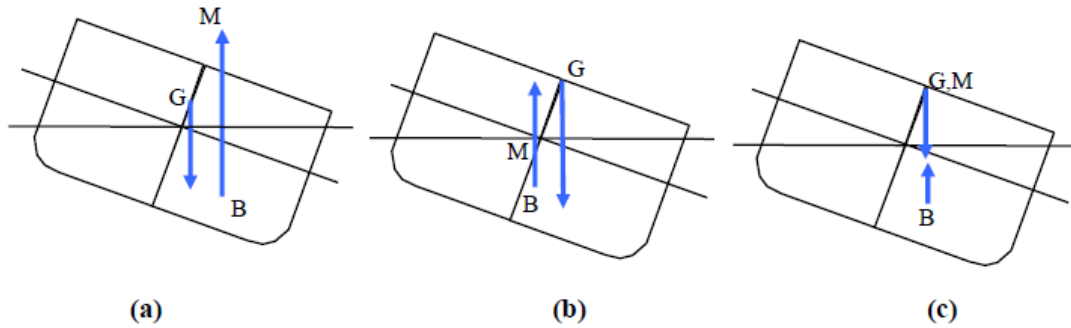
Şekil 2.1 : Deplasman tipi bir tekneye etkiyen kuvvetler.

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 açılarındaki yüzecektir. Bu iki merkezin yatay ve boyuna konumları değiştirilerek istenen meyil ve trim açıları elde edilebilecektir.

2.2 Geminin Başlangıç Stabilitesi

Geminin herhangi bir dış kuvvet etkisi altında (örneğin yük yükleme veya boşaltma, su alma, rüzgar, 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 etkiyorsa gemi bu meyil açısında dengede kalacaktır. Farksız denge olarak adlandırılan bu durum Şekil 2.2.c.'de görülmektedir.



Şekil 2.2 : GZ kolları.

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

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

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

olacaktır. Burada φ meyil açısını göstermektedir. Meyil açısının küçük değerleri için $M_d = \Delta GZ = \Delta GM \sin \varphi$ 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.

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

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 arttırılması ile elde edilecek V kesitli formlar, düşük prizmatik katsayısı ve voltaı su üstü formu KB'yi yukarı çekecek ve başlangıç stabilitesini iyileştirecektir. Metasantr yarıçapı $BM = \frac{I}{\nabla}$ şeklinde bulunabilir. Burada I su hattı enine atalet momenti olup k_1LB^3 şeklinde ifade edilebilir. Teknenin su altı hacmi de k_2LBT 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.

3. HASARSIZ STABİLİTE KURALLARI

Belli bir amaç için inşa edilen gemiler, amaçlarına uygun olarak çalışabilmeleri için yeterli sephiye 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. 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 konulmuştu. A.167 önergesinin uygulanmasından kazanılan deneyim sonrası, bu önergedeki kriterlerin 100 metreden büyük yük ve yolcu gemilerine uygulanması IMO (Uluslararası denizcilik örgütü) 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.ve A749(18) sonradan değişti 2008'de hasarsız stabilite kuralları ''Intact Stability Code'' çıktı.

3.1 Tüm Gemiler İçin Geçerli Genel Stabilite Kriterleri

- $\theta=30^\circ$ 'ye kadar doğrultucu moment kolu eğrisi altında kalan alan değeri 0,055 m.radyan'dan az, $\theta=40^\circ$ veya su alma açısına kadar hangisi daha küçükse, doğrultucu moment kolu eğrisi altında kalan alan değeri 0,09 m.radyan'dan 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 m.radyan'dan az olmamalıdır.
- Doğrultucu moment kolu değeri, $\theta=30^\circ$ veya daha büyük bir açıda minimum 0,2 m olmalıdır.
- Maksimum doğrultucu moment kolu değeri, $\theta=25^\circ$ 'den az tercihen $\theta=30^\circ$ den daha büyük bir açıda olmalıdır.
- Başlangıç metasantr yüksekliği 0,15 m.'den az olmamalıdır.
- 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:

- 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.
- Yolcuların ağırlık merkezleri aşağıda ifade edildiği gibi kabul edilmelidir:

Ayaktaki yolcular için bulundukları güverteden itibaren 1 m. 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.

- Yolcu gemilerinde ilave olarak geminin dönmesinden dolayı oluşacak meyil açısı $\theta=10^\circ$ 'yi geçmemelidir.

4. IMO'YA ÖNERİLEN YENİ KURALLAR

4.1 Giriş

IMO'nun 54. Dönem Stabilite, yükleme hattı ve balıkçı gemilerinin güvenliği alt komitesi 16-20 Ocak 2012 tarihleri arasında toplanmış olup, toplantıya ilişkin gelişmeler ve alınan kararlar aşağıda özetlenmiştir.

2008 IS Kod, Kısım B'de çekme ve demir elleçleme operasyonlarında yapılacak değişikliklerin geliştirilmesi:

Alt komite, MSC 88'de Norveç tarafından MSC 88/23/2 dokümanı ile önerilen, çekme ve demir elleçleme operasyonları yapan gemiler için 2008 IS Kodu, Kısım B'de yer almak üzere, birleştirilmiş stabilite kriteri ve operasyonel kılavuz geliştirilmesi konusunu tekrar gündeme getirmiştir ve komitenin yıllık gündeminde yer almasını istemiştir. Çekme ve demir elleçleme operasyonları için 2008 IS Kod, Kısım B'de değişiklikler yapılması konusu gündeme eklenmiş ve hedef tamamlanma tarihi 2014 olarak öngörülmüştür.

4.2 Çekme Römorkörlerinin Operasyonları

- Çekme işlemleri için meyil kolu pervane merkezinden uzaklık veya çekme halatının hücum noktasına eşdeğer olarak kabul edilmiştir. Bu geminin dik durumu için ölçülmüştür.
- Çekme pimleri ve arka silindirler standart düzenlemeler temelinde, sadeleştirme amacıyla, çapa elleçleme ve kıç kaldırma operasyonlarının moment kolu hesabında kıç silindirin üst dış kenarı kullanılır.
- Çekme pimleri ve pervane merkezi arasındaki dikey uzaklık kıç silindirin üst dış kenarından ölçülen uzaklık ile yaklaşık olarak aynıdır.
- Moment kolunun, kıç silindirin üst dış kenarından merkeze olan uzaklıktan daha büyük olması hesaba katmak için gerekli değildir. Aynı kolu bütün operasyon açıları için kullanmaya karar verilmiştir.

- Geminin kık silindiri ve merkez hattına mümkün olduğunca yakın olarak yerleştirilen çekme pimlerinin çekme düzenlemelerini teşvik etmek için aşağıdaki nedenler sunulmaktadır.

Çekme pimleri şu durumdaki yerleştirilmediğinde: en dış pimin iç kısmı ve kık silindirin kenarı tarafından oluşturulan açı 15 dereceden büyüktür, enine kol gemi merkez hattından kık kenarının (15 derecelik açı hattı en dış çekme piminin iç kısmından çizilmiştir) kesişme noktasına olan uzaklık olarak alınır.

4.3 Stabilite Hesapları

4.3.1 Çekme operasyonları için meyil kolu

- Geleneksel olarak, dümen ve maksimum güç ve dümen alabandadaki pervane sistemi tarafından meydana getirilen enine meyil momenti maksimum çekme kuvvetinden türetilmiş statik enine kuvvet olarak ve çekme hattında yatay davranış göstererek kabul edilmiştir.

Meyil kolu eğrisi meyil açısının bir fonksiyonu olarak aşağıdaki gibi hesaplanmıştır

$$HL_{\varphi} = \frac{F_{thr} h \cos \varphi}{g \Delta_0} \quad (4.1)$$

Δ_0 : Yükleme durumunun deplasmanı.

h : Pervane merkezinden uzaklık veya çekme hattının hücum noktasına eşdeğer, dik gemi durumu için hesaplanır.

F_{thr} : Gerilmenin enine bileşeni, dümen tarafından oluşturulan ($B_P \cdot C_T$).

- C_t tahrik düzenlemesine bağlı olan enine itme ve dümen kuvveti azalma faktörüdür. Bu değer var olan çeşitli şartlarda 0.6dan 0.7ye kadar geleneksel olarak sabitlenmiştir.

Norveç'in düşüncesine göre, bu değer in kullanımı enine kuvvet yaratmak için gerçek tahrik düzenlemesine verimliliğini yansıtmak zorundadır. Aşağıdaki değerler teklif edilmiştir:

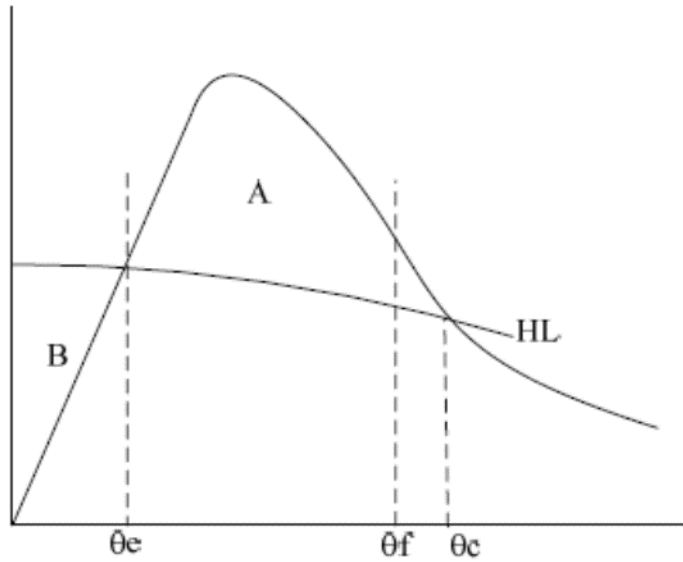
1. C_T konvansiyonel dümenli tek veya çift pervaneli tahrik sistemleri ve sabit veya pervanesiz nozullar için 0.6dan az alınamaz. Bu değer daha sonra hareketli nozula sahip gemiler için 0.7ye yükseltilir.

2. Merkez hattına normal olarak davranabilen tek azimuth iticiler (Z sürüş) ve dairevi sürüşler için 1,0 değeri uygulanmalıdır.

3. Çift azimuth iticiler için $C_T (1 + \cos \gamma) / 2$, alınabilir. Burada da y itici jetleri arasında gerçekleşen ofset açısıdır. Bir tanesi geminin merkez hattına doğru açıda yönlendirilir. Diğeri ise onun itici jetinin tanjantı olarak birincinin nozuluyla kesişir.

4.3.2. Stabilite kriterleri

- Her bir tip operasyon için stabilite sınırlandırma eğrilerinin başlangıç draftı veya başlangıç KG ve ya GM ine karşı deplasmanı ve uygulanan gerilimin fonksiyonu olarak geliştirilmesi teklif edilmiştir, yaz yükleme durumu ve trim açısına en düşük beklenen draftı kapsamaktadır.
- Çekme operasyonları için, geminin maksimum çekme gücünden kaynaklanan stabilite kısıtlama eğrisinin sağlanması yeterli olarak düşünülmüştür.
- Aşağıdaki stabilite eğrisine göre stabilite kriteri aşağıdaki gibi teklif edilmiştir.



Şekil 4.1 : Stabilite eğrisi.

4.4 Limana Çekme Operasyonları

- Bu gibi operasyonlarda devrilme momentleri hızlıca gerçekleşebileceğinden, enerjilerin eşitliğine dayalı geminin artık stabilitesini hesaplamak daha uygun bulunmuştur.
- $A > B$, burada A doğrultma kolu ve meyil kolu eğrileri arasındaki alandır. Meyil açısı θ_e den ikinci kesişim açısı θ_c ye veya suya girme açısı θ_f ye (hangisi azsa) olan uzaklıktan ölçülür. Burada B meyil kolu ve doğrultma kolu eğrileri arasındaki alandır. Meyil açısı $\theta = 0$ dan meyil açısı θ_e ye olan uzaklık olarak ölçülür.

4.5 Kıyı veya Açık Deniz Çekme Operasyonları

- Bu tür operasyonlar içeren teklif aşağıdaki teklife dayanmaktadır:
Çekme işlemine konu olan bu gemilerin olasılığı liman römorköründen daha az olarak düşünülmüştür (özellikle kısa bildirimde). Operasyonlar açık denizde gerçekleştiğinden beri minimum artık doğrultma kolu alanı düşünülür.
- Doğrultma kolu eğrisi ve meyil kolu eğrisi arasındaki minimum artık alan 0.09 m-r dan az olamaz alan ilk iki eğrini kesişim noktasın (θ_e den ikinci kesişim açısı θ_c ye veya su basma açısı θ_f ye, veya hangisi azsa) dan elde edilir.

5. ESKİ KURALLAR VE YENİ KURALLARIN KARŞILAŞTIRMASI

16 ocak 2012 tarihinde, İMO'nun 54.oturumunda, mevcut kurallar yetersizdi, güvenlik daha önemli hale geldi bundan dolayı stabilite ve yük hatları ve balıkçı gemileri güvenliği alt komitesinin çekme ve çapa kullanma işlemlerine ait 2008 yılı B kısmında değişiklik düzenlemeleri geliştirilmesi ve başlangıç stabilitesine ilişkin uluslar arası kural değişiklikleri önerilmiştir..

5.1. Yeni Önerilen Kurallar

Limit	Min/Max
(1) Area from 0.00 deg to MaxRA at 15.00	>0.0612 m-R
(2) Area from 0.00 deg to MaxRA at 30.00	>0.0612 m-R
(3) Area from 30.00 deg to 40.00 or Fold	>0.0300 m-R
(4) Righting Arm at 30.00 deg or MaxRA	>0.200 m-R
(5) Angle from 0.00 deg to MaxRa	>15.00 deg
(6) GM at Equilibrium	>0.150 m

5.2. Mevcut Kurallar

Limit	Min/Max
(1) Area from 0.00 deg to MaxRA at 15.00	>0.055 m-R
(2) Area from 0.00 deg to MaxRA at 30.00	>0.055 m-R
(3) Area from 30.00 deg to 40.00 or Fold	>0.0300 m-R
(4) Righting Arm at 30.00 deg or MaxRA	>0.200 m-R
(5) Angle from 0.00 deg to MaxRa	>25.00 deg
(6) GM at Equilibrium	>0.150 m

5.3. Değişimler

Yeni önerilen kurallar :

Angle from 0.00 deg to MaxRa	>15.00 deg
Area from 0.00 deg to MaxRA at 15.00	>0.0612 m-R
Area from 0.00 deg to MaxRA at 30.00	>0.0612 m-R

Mevcut kurallar:

Angle from 0.00 deg to MaxRa	>25.00 deg
------------------------------	------------

Area from 0.00 deg to MaxRA at 15.00	>0.055	m-R
Area from 0.00 deg to MaxRA at 30.00	>0.055	m-R

6. RÖMORKÖRLERDE STABİLİTE HESAPLARI

Römorkörün stabilitesinin, teknenin her türlü servis durumunda ve çalışma pozisyonunda IMO Resolution 2008 hasarsız stabilite kurallarına uygunluğu sağlanmış olacaktır.

Düzenlenecek olan stabilite bukletinde;

- Geminin genel bir tanıtımı,
- Stabilite bukletinin kullanımı ile ilgili talimatları,
- Normal çalışma koşullarına uygun olarak belirli deplasman ve trim aralığında hesaplanmış, hidrostatik eğriler veya tablolar ve çapraz stabilite eğrileri,
- Kapasite planı,
- Geminin boş, balastlı ve tam yüklü durumda kalkış ve varış yükleme durumlarına göre stabilite verileri,
- Geminin çekti pozisyonundaki stabilite değerleri,

bulunmaktadır.

6.1 Römorkör Hidrostatik Özellikler

Proje	:	26 meter tug
Yorum	:	CB=0.51 CP=0.61 Displ 408 t.
Dosya Adı	:	26m tug.fbm
Dizayn boyu	:	26.300 m
Tam boyu	:	30.000 m
Dizayn genişliği	:	9.850 m
Tam genişliği	:	9.850 m
Dizayn draft	:	3.000 m
Geminin orta noktası	:	13.150 m
Su yoğunluğu	:	1.025 t/m ³
Takıntı kat sayısı	:	10.000

Hacımsel özellikler:

Deplasman hacmi	:	398.46 m ³
Deplasman	:	408.42 tonnes
Toplam su altı uzunluğu	:	26.609 m

Toplam su altı genişliği	:	9.850 m
Blok kat sayısı	:	0.5068
Prizmatik kat sayısı	:	0.6004
Düşey prizmatik kat sayısı	:	0.6301

Islak üzey alanı	:	302.07 m^2
Boyuna sephiye merkezi	:	13.520 m
Boyuna sephiye merkezi	:	2023%
Enine sephiye merkezi	:	0.000 m
Düşey sephiye merkezi	:	1.846 m
Markez nukta özellikleri:		
Mastorı kesit alanı	:	24.942 m^2
Mastorı kat sayısı	:	0.8441
Su hattı özellikleri:		
Su hattı boyu	:	26.609 m
Su hattı genişliği	:	9.850 m
Su hattı alanı	:	210.78 m^2
Su hattı kat sayısı	:	0.8042
Su hattı yüzme markezi	:	12.007 m
DWL alanı düşey ağırlık merkezi Y kordinatı	:	0.000 m
DWL nin yarım giriş açısı	:	40.765 degr
Enine atalet momenti	:	1419.9 m^4
Boyuna atalet momenti	:	8939.6 m^4
Başlangıç stabilite:		
Enine metasenter düşey uzunluğu	:	5.409 m
Enine metasenter yarı çapı	:	3.563 m
Boyuna enine metasenter	:	24.281 m
Boyuna metasenter yarı çapı	:	22.435 m
Yatay düzlem :		
Yatay alan	:	69.028 m^2
Boyuna etki merkezi	:	13.624 m
Düşey etki merkezi	:	1.552 m
Su hattı altında kalan özellikler:		

Yatay düzey alan : 82.416 m^2
DWL altındaki rüzger alanı ağırlık
merkezinin Z kordinatı : 1.545 m
Başile rüzger alanı ağırlık merkezi
arasında mesafe : 11.480 m

6.2 Römorkör Varış Durumu Stabillite Hesabı

Hydromax 13.01, build: 2091

(Lowest precision, 200 sections). Analysis tolerance - ideal(worst case): Disp. %:
0,01000(0,100); Trim%(LCG-TCG): 0,01000(0,100); Heel%(LCG-TCG):

Loadcase-Arrival

Damagecase-İntact

Free to trim

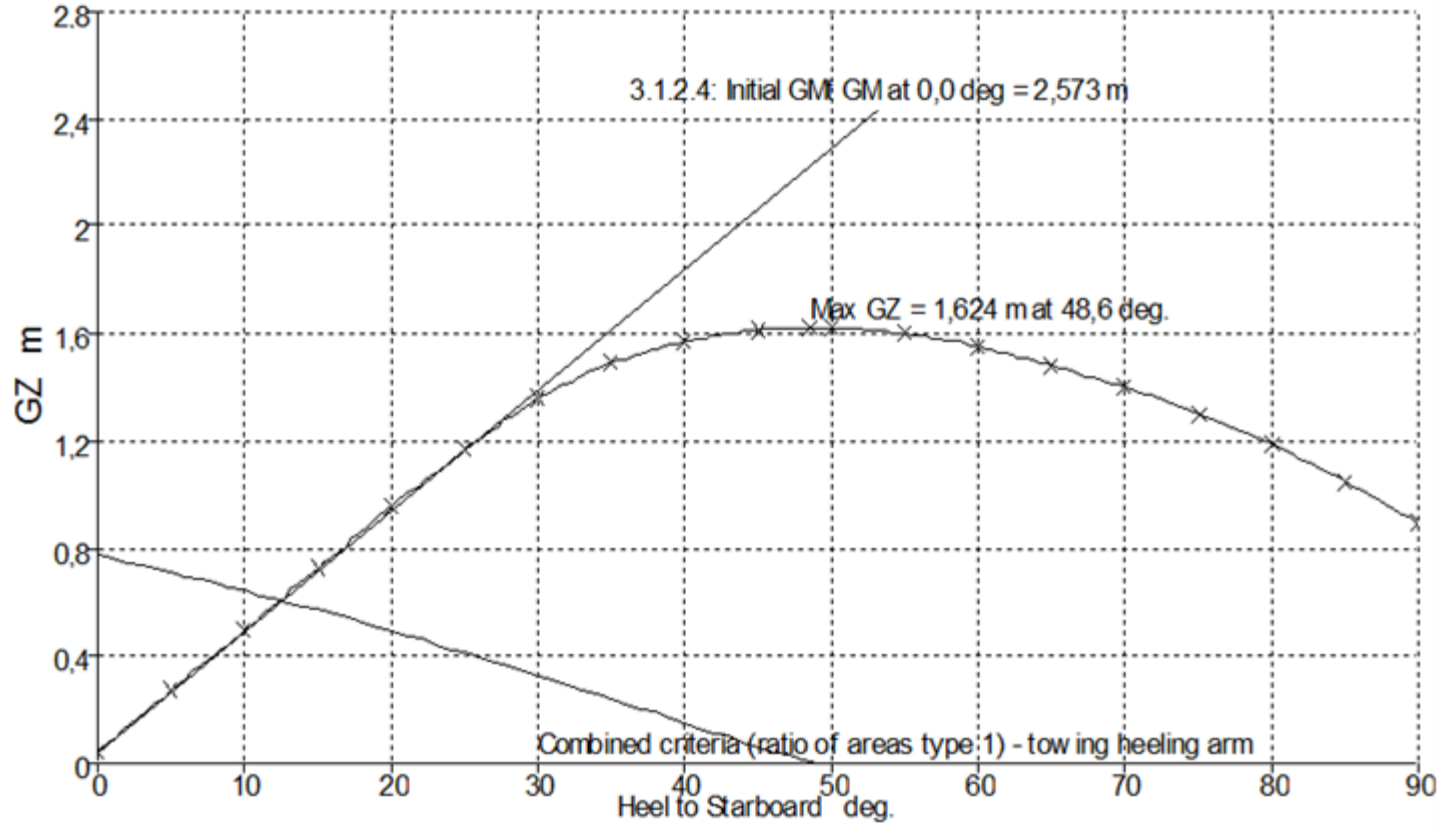
Relative Density (specific gravity) = 1,025; (Density = 1,025 tonne/ m^3)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Römorkörün ağırlık merkezi = 2.700m

Çizelge 6.1 :Römorkör varış durumunda yükleme durumu

Item Name	Quantity	Sounding m	Unit Mass tonne	TotalMass tonne	Long.Arm m	Trans.Arm m	Vert.Arm m	UnitFSM tonne.m	TotalFSM tonne.m	FSM Type
Lightship	1		408,400	408,400	12,600	0,000	2,700	0,000	0,000	User Specified
Fuel oil1	10%	1,309	55,243	5,524	6,937	2,423	1,571		19,033	Maximum
Fuel oil2	10%	1,309	55,243	5,524	6,937	-2,423	1,571		19,033	Maximum
Balast1	0%	0,000	15,223	0,000	-1,056	2,496	4,412		0,000	Maximum
Balast2	0%	0,000	15,223	0,000	-1,056	-2,496	4,412		0,000	Maximum
Daily1	10%	0,351	19,605	1,960	17,966	2,484	1,179		7,584	Maximum
Daily2	10%	0,351	19,605	1,960	17,966	-2,484	1,179		7,584	Maximum
Sea water	10%	0,449	14,201	1,420	20,857	1,832	1,240		3,730	Maximum
Fresh water	10%	0,449	13,855	1,385	20,857	-1,832	1,240		3,639	Maximum
Lubricant	10%	0,502	8,390	0,839	9,290	1,900	0,655		9,205	Maximum
Sludge	95%	1,653	8,390	7,970	9,052	-2,627	1,325		9,205	Maximum
Black water	95%	2,841	3,366	3,198	23,676	1,499	3,023		0,433	Maximum
Grey water	95%	2,841	3,366	3,198	23,676	-1,499	3,023		0,433	Maximum
Total Loadcase				441,380	12,649	-0,044	2,625		79,880	
FS correction							0,181			
VCG fluid							2,806			



Şekil 6.1 : Römorkör varış durumu GZ eğrisi

Çizelge 6.2 :Römorkör varış durumunda geminin deyerleri

Heel to Starboard degrees	0,0	5,0	10,0	15,0	20,0	25,0	30,0	35,0	40,0	45,0
Displacement tonne	441,4	441,4	441,4	441,4	441,4	441,4	441,4	441,4	441,4	441,4
Draft at FP m	2,702	2,709	2,735	2,776	2,820	2,859	2,887	2,886	2,835	2,733
Draft at AP m	3,477	3,463	3,415	3,334	3,220	3,071	2,890	2,703	2,510	2,304
WL Length m	28,363	28,382	28,419	28,472	28,542	28,617	28,685	28,732	28,716	28,672
Immersed Depth m	3,399	3,385	3,319	3,387	3,611	3,792	3,933	4,038	4,100	4,123
WL Beam m	9,850	9,888	10,002	10,197	10,185	10,157	10,201	10,014	9,845	9,078
Wetted Area m ²	318,825	316,830	313,318	310,254	307,902	306,503	309,426	311,652	313,863	316,551
Waterpl. Area m ²	232,379	231,068	227,980	225,380	221,642	219,382	210,194	197,450	188,608	179,635
Prismatic Coeff.	0,629	0,630	0,633	0,640	0,649	0,658	0,667	0,667	0,663	0,661
Block Coeff.	0,489	0,489	0,493	0,474	0,445	0,425	0,408	0,405	0,406	0,438
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	12,623	12,624	12,626	12,629	12,634	12,640	12,649	12,657	12,663	12,668
VCB from DWL m	-1,155	-1,161	-1,177	-1,202	-1,233	-1,262	-1,294	-1,331	-1,366	-1,401
GZ m	0,044	0,289	0,528	0,760	0,979	1,180	1,356	1,480	1,564	1,611
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	10,775	10,875	11,104	11,342	11,531	11,713	12,089	12,502	12,876	13,155
TCF to zero pt. m	0,000	0,399	0,806	1,191	1,634	2,077	2,340	2,639	2,946	3,148
Max deck inclination deg	1,7	5,3	10,1	15,0	20,0	25,0	30,0	35,0	40,0	45,0
Trim angle (+ve by stern) deg	1,7	1,6	1,5	1,2	0,9	0,5	0,0	-0,4	-0,7	-0,9

Çizelge 6.2 :Römorkör varış durumunda geminin deyerleri (devamı)

Heel to Starboard degrees	50,0	55,0	60,0	65,0	70,0	75,0	80,0	85,0	90,0
Displacement tonne	441,4	441,4	441,3	441,4	441,4	441,4	441,4	441,4	441,4
Draft at FP m	2,589	2,391	2,129	1,760	1,205	0,289	-1,517	-6,995	N/A
Draft at AP m	2,077	1,818	1,499	1,099	0,562	-0,270	-2,007	-7,239	N/A
WL Length m	28,610	28,514	28,370	28,822	29,322	29,628	29,807	29,881	29,937
Immersed Depth m	4,233	4,313	4,361	4,380	4,372	4,336	4,259	4,142	4,013
WL Beam m	8,484	8,022	7,665	7,397	7,215	7,167	6,893	6,736	6,649
Wetted Area m^2	319,084	321,110	322,336	322,686	320,541	318,495	313,412	314,134	315,226
Waterpl. Area m^2	171,965	165,876	161,349	158,807	158,585	153,669	144,453	141,035	138,933
Prismatic Coeff.	0,661	0,661	0,662	0,663	0,664	0,664	0,665	0,668	0,671
Block Coeff.	0,456	0,473	0,490	0,506	0,519	0,527	0,558	0,587	0,614
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	12,671	12,671	12,673	12,672	12,668	12,662	12,657	12,651	12,643
VCB from DWL m	-1,438	-1,478	-1,521	-1,566	-1,616	-1,669	-1,709	-1,735	-1,753
GZ m	1,622	1,601	1,553	1,485	1,402	1,307	1,188	1,048	0,895
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	13,368	13,535	13,661	13,738	13,716	13,934	14,138	14,086	14,038
TCF to zero pt. m	3,294	3,400	3,468	3,490	3,443	3,481	3,624	3,630	3,600
Max deck inclination deg	50,0	55,0	60,0	65,0	70,0	75,0	80,0	85,0	90,0
Trim angle (+ve by stern) deg	-1,1	-1,2	-1,4	-1,4	-1,4	-1,2	-1,1	-0,5	N/A

Çizelge 6.3: Römorkör varış durumu stabilite hesabı

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30				Pass	
	from the greater of					
	spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
	angle of vanishing stability	90,0	deg			
	shall not be less than ($\geq$)	0.055	m.R	0.387	Pass	+605,14
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40				Pass	
	from the greater of					
	spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	40,0	deg	40,0		
	first downflooding angle	n/a	deg			
	angle of vanishing stability	90,0	deg			
	shall not be less than ($\geq$)	0.090	m.R	0.645	Pass	+616,62
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40				Pass	
	from the greater of					
	spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	40,0	deg	40,0		
	first downflooding angle	n/a	deg			
	angle of vanishing stability	90,0	deg			
	shall not be less than ($\geq$)	0.020	m.R	0.257	Pass	+757,32
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater				Pass	
	in the range from the greater of					
	spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	90,0	deg			
	angle of max. GZ	49,1	deg	49,1		
	shall not be less than ($\geq$)	0,200	m	1,622	Pass	+711,24
	Intermediate values					
	angle at which this GZ occurs		deg	49,1		
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ				Pass	

Çizelge 6.3: Römorkör varış durumu stabilite hesabı(devamı)

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
	shall not be less than ($\geq$)	25,0	deg	49,1	Pass	+96,36
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMt				Pass	
	shall not be less than ($\geq$)	0,150	m	2,817	Pass	+1777,84
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.5: Passenger crowding: angle of equilibrium				Not Analysed	
	Pass. crowding arm = $nPass \cdot M / disp. \cdot D \cdot \cos^n(\phi)$					
	number of passengers: $nPass =$	10				
	passenger mass: $M =$	0,075	tonne			
	distance from centre line: $D =$	6,000	m			
	cosine power: $n =$	0				
	shall not be greater than ($\leq$)	10,0	deg		Not Analysed	
	Intermediate values					
	Heel arm amplitude		m	0,010		
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.6: Turn: angle of equilibrium				Not Analysed	
	Turn arm: $a \cdot v^2 / (R \cdot g) \cdot h \cdot \cos^n(\phi)$					
	constant: $a =$	0,9996				
	vessel speed: $v =$	10,000	kts			
	turn radius, R , as percentage of Lwl	510,00	%			
	$h = KG - \text{mean draught} / 2$	1,080	m			
	cosine power: $n =$	0				
	shall not be greater than ($\leq$)	10,0	deg		Not Analysed	
	Intermediate values					
	Heel arm amplitude		m	0,020		
4.5 Offshore supply vessel	4.5.6.2.1: GZ area between 0 and angle of maximum GZ				Pass	
	from the greater of					
	spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
	to the lesser of					
	angle of first GZ peak	49,1	deg			
	angle of max. GZ	49,1	deg	49,1		
	angle of vanishing stability	90,0	deg			
	lower heel angle	15,0	deg			
	required GZ area at lower heel angle	0.070	m.R			
	higher heel angle	30,0	deg			
	required GZ area at higher heel angle	0.055	m.R			
	shall not be less than ($\geq$)	0.055	m.Rg	0.900	Pass	+1535,4
4.5 Offshore supply vessel	4.5.6.2.2: Area 30 to 40				Pass	
	from the greater of					
	spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	40,0	deg	40,0		
	first downflooding angle	n/a	deg			
	angle of vanishing stability	90,0	deg			
	shall not be less than ($\geq$)	0.020	m.R	0.257	Pass	+757,32
4.5 Offshore supply vessel	4.5.6.2.3: Maximum GZ at 30 or greater				Pass	
	in the range from the greater of					
	spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
	to the lesser of					

6.3 Römorkör Kalkış Durumu Stabilité Hesabı

Hydromax 13.01, build: 2091

(Lowest precision, 200 sections). Analysis tolerance - ideal(worst case): Disp. %:

0,01000(0,100); Trim%(LCG-TCG): 0,01000(0,100); Heel%(LCG-TCG):
0,01000(0,100)

Loadcase-Arrival

Damagecase-İntact

Free to trim

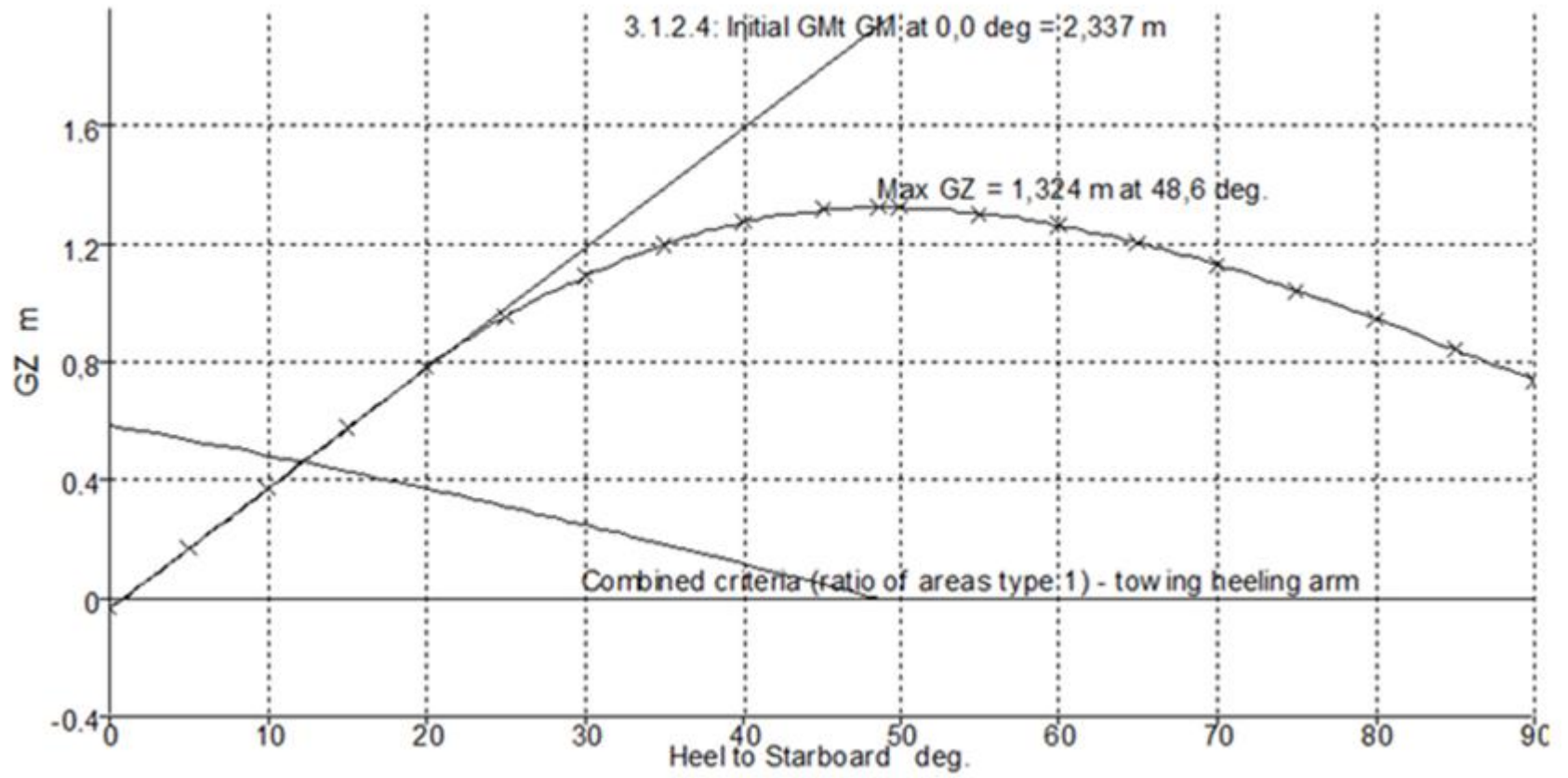
Free to Trim ; Relative Density (specific gravity) = 1,025; (Density = 1,025
tonne/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Römörkörön ağırlık merkezi : 2.700m

Çizelge 6.4: Römörkör kalkış durumunda yükleme durumu

Item Name	Quantity	Sounding m	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Unit FSM tonne. m	Total FSM tonne. m	FSM Type
Lightship	1		408,400	408,400	12,600	0,000	2,700	0,000	0,000	User Specified
Fuel oil1	95%	4,600	55,243	52,481	6,138	2,863	3,431		19,033	Maximum
Fuel oil2	95%	4,600	55,243	52,481	6,138	-2,863	3,431		19,033	Maximum
Balast1	0%	0,000	15,223	0,000	-1,056	2,496	4,412		0,000	Maximum
Balast2	0%	0,000	15,223	0,000	-1,056	-2,496	4,412		0,000	Maximum
Daily1	95%	2,857	19,605	18,624	17,977	2,735	2,470		7,584	Maximum
Daily2	95%	2,857	19,605	18,624	17,977	-2,735	2,470		7,584	Maximum
Sea water	95%	2,874	14,201	13,490	20,923	2,203	2,576		3,730	Maximum
Fresh water	95%	2,874	13,855	13,161	20,923	-2,203	2,576		3,639	Maximum
Lubricant	95%	1,653	8,390	7,970	9,052	2,627	1,325		9,205	Maximum
Sludge	0%	0,000	8,390	0,000	9,049	-2,644	1,358		0,000	Maximum
Black water	0%	0,000	3,366	0,000	23,682	1,507	3,070		0,000	Maximum
Grey water	0%	0,000	3,366	0,000	23,682	-1,507	3,070		0,000	Maximum
Total Loadcase				585,232	12,114	0,037	2,792		69,808	
FS correction							0,119			



Şekil 6.2 : Römorkörde kalkış durum GZ eğrisi

Çizelge 6.5: Römorkör kalkış durumunda geminin deyerleri

Heel to Starboard degrees	0,0	5,0	10,0	15,0	20,0	25,0	30,0	35,0	40,0	45,0
Displacement tonne	585,2	585,2	585,2	585,2	585,2	585,2	585,2	585,2	585,2	585,2
Draft at FP m	3,262	3,264	3,269	3,279	3,293	3,293	3,267	3,207	3,120	3,002
Draft at AP m	4,086	4,081	4,065	4,036	3,993	3,981	4,004	4,061	4,152	4,276
WL Length m	28,813	28,863	28,913	28,915	28,919	28,918	28,907	28,884	28,849	28,804
Immersed Depth m	4,004	3,994	3,947	3,978	4,208	4,416	4,598	4,749	4,869	4,956
WL Beam m	9,850	9,888	10,002	10,197	10,473	10,610	10,719	10,451	9,617	8,877
Wetted Area m ²	356,505	356,238	355,700	354,586	357,561	366,107	372,365	377,578	381,907	385,220
Waterpl. Area m ²	243,087	242,667	242,949	243,549	236,264	219,296	207,422	198,890	188,095	177,214
Prismatic Coeff.	0,682	0,682	0,684	0,686	0,690	0,698	0,701	0,695	0,694	0,695
Block Coeff.	0,551	0,550	0,550	0,535	0,493	0,464	0,441	0,438	0,464	0,494
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	12,097	12,095	12,095	12,095	12,096	12,095	12,092	12,088	12,081	12,073
VCB from DWL m	-1,384	-1,388	-1,401	-1,421	-1,449	-1,498	-1,561	-1,630	-1,706	-1,784
GZ m	-0,037	0,174	0,384	0,595	0,799	0,963	1,086	1,186	1,259	1,294
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	10,553	10,606	10,706	10,870	11,330	11,876	12,372	12,820	13,158	13,405
TCF to zero pt. m	0,000	0,382	0,761	1,158	1,424	1,566	1,816	2,080	2,313	2,553
Max deck inclination deg	1,8	5,3	10,1	15,1	20,0	25,0	30,0	35,0	40,0	45,0
Trim angle (+ve by stern) deg	1,8	1,8	1,7	1,6	1,5	1,5	1,6	1,9	2,2	2,8

Çizelge 6.5: Römorkör kalkış durumunda geminin deyerleri (devamı)

Heel to Starboard degrees	50,0	55,0	60,0	65,0	70,0	75,0	80,0	85,0	90,0	50,0
Displacement tonne	585,2	585,2	585,2	585,2	585,2	585,2	585,2	585,2	585,2	585,2
Draft at FP m	2,850	2,653	2,395	2,045	1,534	0,708	-0,907	-5,723	N/A	2,850
Draft at AP m	4,440	4,656	4,947	5,353	5,957	6,951	8,922	14,812	N/A	4,440
WL Length m	28,745	28,669	28,585	29,102	29,463	29,717	29,883	29,970	30,026	28,745
Immersed Depth m	5,133	5,277	5,388	5,465	5,510	5,529	5,560	5,693	5,794	5,133
WL Beam m	8,305	7,860	7,515	7,254	7,065	6,946	6,958	6,906	6,786	8,305
Wetted Area m ²	388,250	390,990	393,471	395,606	397,564	399,054	400,104	400,722	401,763	388,250
Waterpl. Area m ²	168,371	161,344	155,910	151,758	148,876	146,817	145,394	143,562	142,118	168,371
Prismatic Coeff.	0,696	0,697	0,699	0,701	0,703	0,704	0,706	0,708	0,710	0,696
Block Coeff.	0,510	0,524	0,536	0,548	0,558	0,566	0,561	0,553	0,552	0,510
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	12,063	12,051	12,039	12,026	12,013	12,001	11,989	11,978	11,967	12,063
VCB from DWL m	-1,861	-1,935	-2,005	-2,069	-2,126	-2,176	-2,217	-2,249	-2,268	-1,861
GZ m	1,298	1,276	1,234	1,175	1,101	1,016	0,921	0,818	0,706	1,298
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	13,608	13,781	13,935	14,064	14,183	14,265	14,306	14,252	14,171	13,608
TCF to zero pt. m	2,763	2,945	3,101	3,229	3,330	3,402	3,454	3,502	3,537	2,763
Max deck inclination deg	50,0	55,0	60,0	65,0	70,0	75,0	80,0	85,0	90,0	50,0
Trim angle (+ve by stern) deg	3,5	4,4	5,5	7,2	9,6	13,4	20,5	38,0	N/A	3,5

Çizelge 6.6: Römorkör kalkış durumu stabilite hesabı

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
A.749(18)	3.1.2.1: Area 0 to 30				Pass	
Ch3 - Design criteria applicable to all ships						
	from the greater of					
	spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
	angle of vanishing stability	90,0	deg			
	shall not be less than ($\geq$)	0.055	m.R	0.300	Pass	+447,18
A.749(18)	3.1.2.1: Area 0 to 40				Pass	
Ch3 - Design criteria applicable to all ships						
	from the greater of					
	spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	40,0	deg	40,0		
	first downflooding angle	n/a	deg			
	angle of vanishing stability	90,0	deg			
	shall not be less than ($\geq$)	0.090	m.R	0.507	Pass	+463,48
A.749(18)	3.1.2.1: Area 30 to 40				Pass	
Ch3 - Design criteria applicable to all ships						
	from the greater of					
	spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	40,0	deg	40,0		
	first downflooding angle	n/a	deg			
	angle of vanishing stability	90,0	deg			
	shall not be less than ($\geq$)	0.020	m.R	0.206	Pass	+587,45
A.749(18)	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater				Pass	
Ch3 - Design criteria applicable to all ships						
	in the range from the greater of					
	spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
	to the lesser of					

Çizelge 6.6: Römorkör kalkış durumu stabilite hesabı(devamı)

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
	spec. heel angle	90,0	deg			
	angle of max. GZ	48,2	deg	48,2		
	shall not be less than ($\geq$)	0,200	m	1,300	Pass	+549,85
	Intermediate values					
	angle at which this GZ occurs		deg	48,2		
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ				Pass	
	shall not be less than ($\geq$)	25,0	deg	48,2	Pass	+92,73
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMt				Pass	
	shall not be less than ($\geq$)	0,150	m	2,434	Pass	+1522,5
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.5: Passenger crowding: angle of equilibrium				Pass	
	Pass. crowding arm = $n_{Pass} M / \text{disp. } D \cos^n(\phi)$					
	number of passengers: $n_{Pass} =$	10				
	passenger mass: $M =$	0,075	tonne			
	distance from centre line: $D =$	6,000	m			
	cosine power: $n =$	0				
	shall not be greater than ($\leq$)	10,0	deg	1,1	Pass	+89,45
	Intermediate values					
	Heel arm amplitude		m	0,008		
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.6: Turn: angle of equilibrium				Pass	
	Turn arm: $a v^2 / (R g) h \cos^n(\phi)$					
	constant: $a =$	0,9996				
	vessel speed: $v =$	10,000	kts			
	turn radius, R , as percentage of l_w	510,00	%			

Çizelge 6.6: Römorkör kalkış durumu stabilite hesabı(devamı)

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
	h = KG - mean draught / 2	0,955	m			
	cosine power: n =	0				
	shall not be greater than (<=)	10,0	deg	1,3	Pass	+87,13
	Intermediate values					
	Heel arm amplitude		m	0,018		
4.5 Offshore supply vessel	4.5.6.2.1: GZ area between 0 and angle of maximum GZ from the greater of				Pass	
	spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
	to the lesser of					
	angle of first GZ peak	48,2	deg			
	angle of max. GZ	48,2	deg	48,2		
	angle of vanishing stability	90,0	deg			
	lower heel angle	15,0	deg			
	required GZ area at lower heel angle	4,0110	m.deg			
	higher heel angle	30,0	deg			
	required GZ area at higher heel angle	0.055	m.R			
	shall not be less than (>=)	0.055	m.R	0.690	Pass	+1156,24
4.5 Offshore supply vessel	4.5.6.2.2: Area 30 to 40				Pass	
	from the greater of					
	spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	40,0	deg	40,0		
	first downflooding angle	n/a	deg			
	angle of vanishing stability	90,0	deg			
	shall not be less than (>=)	0.020	m.R	0.206	Pass	+587,45
4.5 Offshore supply vessel	4.5.6.2.3: Maximum GZ at 30 or greater				Pass	
	in the range from the greater of					
	spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	90,0	deg			
	angle of max. GZ	48,2	deg	48,2		
	shall not be less than (>=)	0,200	m	1,300	Pass	+549,85
	Intermediate values					
	angle at which this GZ occurs		deg	48,2		
4.5 Offshore supply vessel	4.5.6.2.4: Angle of maximum GZ				Pass	
	limited by first GZ peak angle	48,2	deg	48,2		

Çizelge 6.6: Römorkör kalkış durumu stabilite hesabı(devamı)

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
	shall not be less than ($\geq$)	15,0	deg	48,2	Pass	+221,21
4.5 Offshore supply vessel	4.5.6.2.5: Initial GMt				Pass	
	spec. heel angle	0,0	deg			
	shall be greater than ($>$)	0,150	m	2,434	Pass	+1522,5
IMO kurallari	Combined criteria (ratio of areas type 1) - towing heeling arm Towline Pull arm = $T \cdot (\cos^n(\phi + \tau) - h \sin(\phi + \tau)) / (g \text{ disp.})$ tension or thrust: T = vertical separation of propeller centre and tow attachment: v = horizontal offset of tow attachment: h = angle of tow above horizontal: tau = cosine power: n = Area1 integrated from the greater of spec. heel angle angle of equilibrium (with heel arm) to the lesser of spec. heel angle angle of first GZ peak angle of max. GZ angle of max. GZ above heel arm first downflooding angle angle of vanishing stability (with heel arm) Area2 integrated from the greater of spec. heel angle angle of equilibrium (ignoring heel arm) to the lesser of spec. heel angle angle of first GZ peak angle of max. GZ angle of max. GZ above heel arm first downflooding angle angle of vanishing stability (ignoring heel arm)	500000,00 8,000 4,000 15,0 1	N m m deg	11,9 48,2 0,9 48,2	Pass	

Çizelge 6.6: Römorkör kalkış durumu stabilite hesabı(devamı)

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
	Angle for GZ(max) in GZ ratio, the lesser of:					
	spec. heel angle	50,0	deg			
	angle of first GZ peak	48,2	deg			
	angle of max. GZ	48,2	deg	48,2		
	first downflooding angle	n/a	deg			
	Select required angle for angle of steady heel ratio:	MarginlineImmersionAngle				
	Criteria:				Pass	
	Angle of steady heel shall be less than (<)	15,0	deg	11,9	Pass	+20,66
	first downflooding angle	n/a	deg			
	Angle of steady heel / Marginline immersion angle shall not be greater than (<=)	80,000	%	76,285	Pass	+4,64
	Area1 / Area2 shall be greater than (>)	40,000	%	71,375	Pass	+78,44
	GZ(intersection) / GZ(max) shall be less than (<)	60,000	%	35,691	Pass	+40,52
	Area 1 shall not be less than (>=)	0.090	m.R	0.493	Pass	
	Intermediate values					
	Heel arm constant			0,0871		
	amplitude of cos component		m	8,000		
	amplitude of sin component		m	4,000		
	Marginline immersion angle		deg	15,6		
	Area1 (under GZ), from 11,9 to 48,2 deg.		m.R	0.646		
	Area1 (under HA), from 11,9 to 48,2 deg.		m.R	0.153		
	Area1, from 11,9 to 48,2 deg.		m.R	0.493		
	Area2, from 0,9 to 48,2 deg.		m.R	0.691		
	GZ(intersection)		m	0,464		
	GZ(max)		m	1,300		

6.4 Römorkör Tam Yüklü Durumda Stabilité Hesabı

Hydromax 13.01, build: 2091

(Lowest precision, 200 sections). Analysis tolerance - ideal(worst case): Disp. %:

0,01000(0,100); Trim%(LCG-TCG): 0,01000(0,100); Heel%(LCG-TCG): 0,01000(0,100)

Loadcase - Full load

Damage Case - Intact

Free to Trim ; Relative Density (specific gravity) = 1,025; (Density = 1,025 tonne/m³)

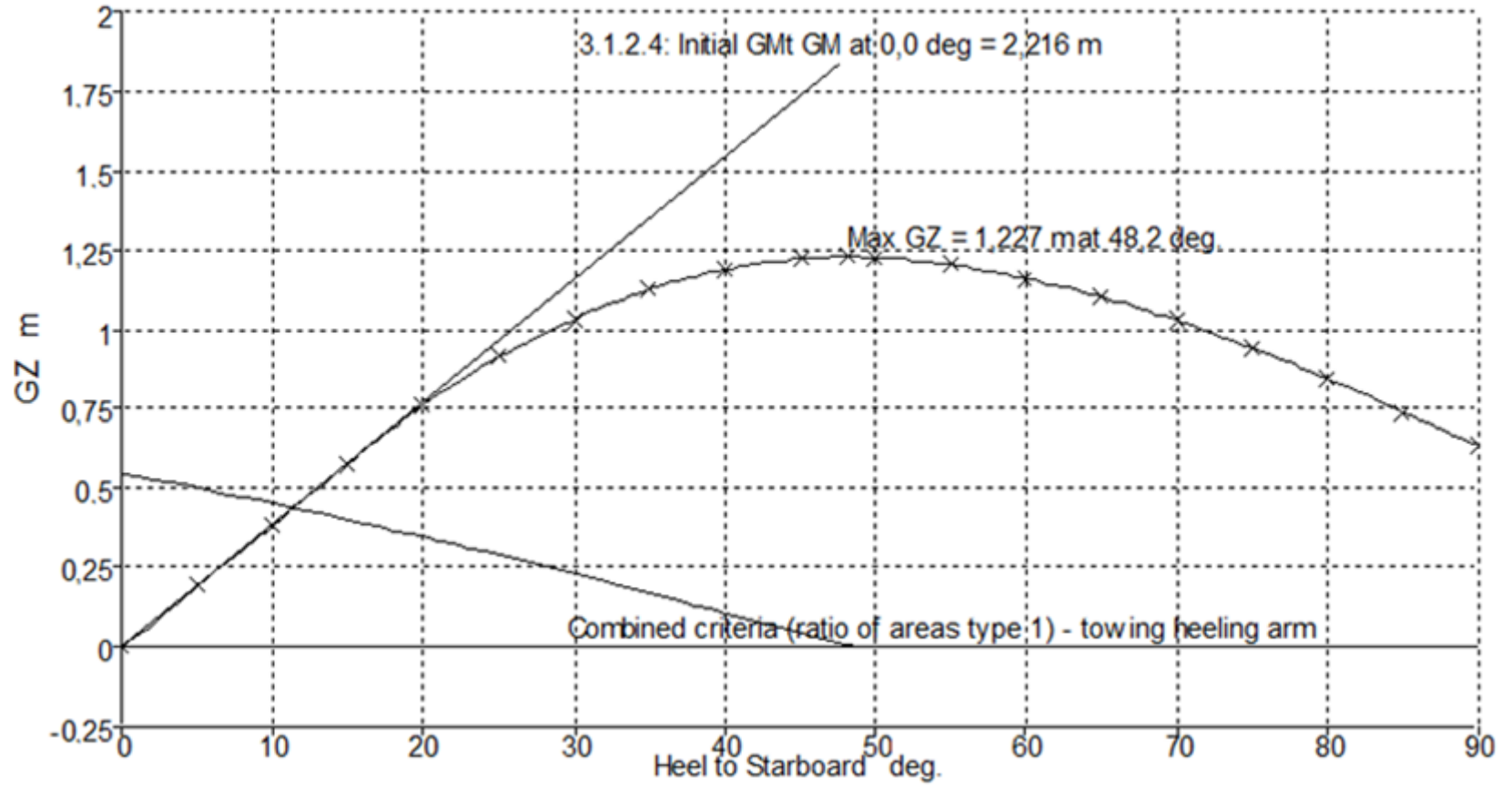
Fluid analysis method: Use corrected VCG

Römorkörün ağırlık merkezi = 2.700 m.

Tam yük durumunda balast tanklar,yakıt tankları,su tankları ve tam tankların yük durumu 95% olmaktadır

Çizelge 6.7: Römorkör tam yüklü durumda yükleme durumu

Item Name	Quantity	Sounding m	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long.Arm m	Trans.Arm m	Vert.Arm m	Unit FSM tonne.m	Total FSM tonne.m	Item Name
Lightship	1		408,400	408,400	12,600	0,000	2,700	0,000	0,000	Lightship
Fuel oil1	95%	4,600	55,243	52,481	6,138	2,863	3,431		19,033	Fuel oil1
Fuel oil2	95%	4,600	55,243	52,481	6,138	-2,863	3,431		19,033	Fuel oil2
Balast1	95%	2,321	15,223	14,462	-1,053	2,493	4,361		7,132	Balast1
Balast2	95%	2,321	15,223	14,462	-1,053	-2,493	4,361		7,132	Balast2
Daily1	95%	2,857	19,605	18,624	17,977	2,735	2,470		7,584	Daily1
Daily2	95%	2,857	19,605	18,624	17,977	-2,735	2,470		7,584	Daily2
Sea water	95%	2,874	14,201	13,490	20,923	2,203	2,576		3,730	Sea water
Fresh water	95%	2,874	13,855	13,161	20,923	-2,203	2,576		3,639	Fresh water
Lubricant	95%	1,653	8,390	7,970	9,052	2,627	1,325		9,205	Lubricant
Sludge	95%	1,653	8,390	7,970	9,052	-2,627	1,325		9,205	Sludge
Black water	95%	2,841	3,366	3,198	23,676	1,499	3,023		0,433	Black water
Grey water	95%	2,841	3,366	3,198	23,676	-1,499	3,023		0,433	Grey water
Total				628,522	11,587	0,001	2,848		94,143	Total
Loadcase FS correction							0,150			Loadcase FS correction
VCG fluid							2,998			VCG fluid



Şekil 6.3 : Römorkör tam yüklü durumda GZ eğrisi

Çizelge 6.8: Römorkör tam yüklü durumunda geminin deyerleri

Heel to Starboard degrees	0,0	5,0	10,0	15,0	20,0	25,0	30,0	35,0	40,0	45,0
Displacement tonne	628,5	628,5	628,5	628,5	628,5	628,5	628,5	628,5	628,6	628,5
Draft at FP m	3,125	3,124	3,122	3,116	3,086	3,038	2,963	2,850	2,707	2,524
Draft at AP m	4,465	4,465	4,460	4,454	4,493	4,587	4,728	4,915	5,159	5,466
WL Length m	28,876	28,875	28,873	28,869	28,858	28,843	28,819	28,783	28,738	28,681
Immersed Depth m	4,331	4,325	4,281	4,205	4,392	4,632	4,850	5,038	5,200	5,333
WL Beam m	9,850	9,888	10,002	10,197	10,449	10,708	10,833	10,375	9,586	8,850
Wetted Area m^2	366,66	366,47	366,14	370,71	382,17	390,88	396,85	401,97	406,56	409,73
	2	5	6	4	6	3	4	2	9	1
Waterpl. Area m^2	244,53	244,98	245,60	241,39	226,86	212,54	201,55	193,06	183,71	173,34
	9	2	1	5	5	5	4	9	8	3
Prismatic Coeff.	0,698	0,698	0,699	0,700	0,700	0,705	0,715	0,711	0,709	0,708
Block Coeff.	0,547	0,546	0,545	0,544	0,508	0,470	0,444	0,446	0,468	0,494
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	11,558	11,558	11,557	11,556	11,552	11,546	11,538	11,527	11,514	11,498
VCB from DWL m	-1,430	-1,434	-1,447	-1,469	-1,513	-1,585	-1,670	-1,760	-1,858	-1,958
GZ m	-0,001	0,199	0,399	0,597	0,765	0,893	0,992	1,071	1,126	1,152
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	10,452	10,474	10,562	10,902	11,468	11,980	12,449	12,857	13,150	13,375
TCF to zero pt. m	0,000	0,361	0,750	1,024	1,097	1,249	1,535	1,806	2,031	2,287
Max deck inclination deg	2,9	5,8	10,4	15,3	20,2	25,2	30,2	35,2	40,2	45,2
Trim angle (+ve by stern) deg	2,9	2,9	2,9	2,9	3,1	3,4	3,8	4,5	5,3	6,4

Çizelge 6.8: Römorkör tam yüklü durumunda geminin deyerleri (devamı)

Heel to Starboard degrees	50,0	55,0	60,0	65,0	70,0	75,0	80,0	85,0	90,0
Displacement tonne	628,5	628,5	628,5	628,5	628,5	628,5	628,5	628,6	628,6
Draft at FP m	2,294	1,999	1,616	1,092	0,325	-0,928	-3,409	-10,802	N/A
Draft at AP m	5,850	6,340	6,981	7,866	9,172	11,317	15,563	28,192	N/A
WL Length m	28,594	28,468	28,270	28,485	28,930	29,352	29,626	29,869	30,015
Immersed Depth m	5,558	5,750	5,910	6,043	6,180	6,432	6,642	6,805	6,925
WL Beam m	8,281	7,839	7,498	7,240	7,056	6,998	7,062	6,901	6,796
Wetted Area m ²	409,731	412,477	414,934	417,122	418,986	422,075	423,071	424,289	425,651
Waterpl. Area m ²	173,343	164,597	157,607	152,096	147,751	142,058	139,871	138,038	136,889
Prismatic Coeff.	0,708	0,709	0,709	0,710	0,712	0,714	0,715	0,717	0,720
Block Coeff.	0,494	0,507	0,518	0,526	0,533	0,518	0,497	0,497	0,496
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	11,498	11,480	11,461	11,442	11,422	11,385	11,368	11,356	11,342
VCB from DWL m	-1,958	-2,055	-2,148	-2,233	-2,311	-2,437	-2,483	-2,515	-2,533
GZ m	1,152	1,151	1,127	1,085	1,028	0,880	0,792	0,697	0,595
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	13,375	13,569	13,735	13,878	13,993	14,155	14,163	14,133	14,088
TCF to zero pt. m	2,287	2,523	2,733	2,917	3,074	3,318	3,415	3,500	3,560
Max deck inclination deg	45,2	50,2	55,2	60,2	65,2	75,1	80,1	85,0	90,0
Trim angle (+ve by stern) deg	6,4	7,7	9,4	11,5	14,5	25,0	35,8	56,0	N/A

Çizelge 6.9: Römorkör tam yüklü durumda stabilite hesabı

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
A.749(18)						
Ch3 - Design						
criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30				Pass	
	from the greater of spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
	to the lesser of spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
	angle of vanishing stability	90,0	deg			
	shall not be less than ($\geq$)	0.055	m.R	0.292	Pass	+432,7
A.749(18)						
Ch3 - Design						
criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40				Pass	
	from the greater of spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
	to the lesser of spec. heel angle	40,0	deg	40,0		
	first downflooding angle	n/a	deg			
	angle of vanishing stability	90,0	deg			
	shall not be less than ($\geq$)	0.090	m.R	0.479	Pass	+432,33
A.749(18)						
Ch3 - Design						
criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40				Pass	
	from the greater of spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
	to the lesser of spec. heel angle	40,0	deg	40,0		
	first downflooding angle	n/a	deg			
	angle of vanishing stability	90,0	deg			
	shall not be less than ($\geq$)	0.020	m.R	0.185	Pass	+520,53
A.749(18)						
Ch3 - Design						
criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater				Pass	

Çizelge 6.9: Römorkör tam yüklü durumda stabilite hesabı(devamı)

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
	in the range from the greater of					
	spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	90,0	deg			
	angle of max. GZ	47,3	deg	47,3		
	shall not be less than ($\geq$)	0,200	m	1,155	Pass	+477,28
	Intermediate values					
	angle at which this GZ occurs		deg	47,3		
A.749(18)						
Ch3 - Design						
criteria	3.1.2.3: Angle of maximum GZ				Pass	
applicable to						
all ships						
	shall not be less than ($\geq$)	25,0	deg	47,3	Pass	+89,09
A.749(18)						
Ch3 - Design						
criteria	3.1.2.4: Initial GMt				Pass	
applicable to						
all ships						
	shall not be less than ($\geq$)	0,150	m	2,289	Pass	+1426,33
A.749(18)						
Ch3 - Design						
criteria	3.1.2.5: Passenger crowding: angle of equilibrium				Pass	
applicable to						
all ships						
	Pass. crowding arm = $n_{Pass} M / \text{disp.}$					
	$D \cos^n(\phi)$					
	number of passengers: $n_{Pass} =$	10				
	passenger mass: $M =$	0,075	tonne			
	distance from centre line: $D =$	6,000	m			
	cosine power: $n =$	0				
	shall not be greater than ($\leq$)	10,0	deg	0,2	Pass	+97,92
	Intermediate values					
	Heel arm amplitude		m	0,007		
A.749(18)						
Ch3 - Design						
criteria	3.1.2.6: Turn: angle of equilibrium				Pass	
applicable to						
all ships						

Çizelge 6.9: Römorkör tam yüklü durumda stabilite hesabı(devamı)

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
	Turn arm: $a v^2 / (R g) h \cos^n(\phi)$					
	constant: $a =$	0,9996				
	vessel speed: $v =$	10,000	kts			
	turn radius, R , as percentage of Lwl	510,00	%			
	$h = KG - \text{mean draught} / 2$	0,950	m			
	cosine power: $n =$	0				
	shall not be greater than ($\leq$)	10,0	deg	0,5	Pass	+95,36
	Intermediate values					
	Heel arm amplitude		m	0,017		
4.5 Offshore supply vessel	4.5.6.2.1: GZ area between 0 and angle of maximum GZ				Pass	
	from the greater of spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
	to the lesser of angle of first GZ peak	47,3	deg			
	angle of max. GZ	47,3	deg	47,3		
	angle of vanishing stability	90,0	deg			
	lower heel angle	15,0	deg			
	required GZ area at lower heel angle	0.700	m.R			
	higher heel angle	30,0	deg			
	required GZ area at higher heel angle	0.050	m.R			
	shall not be less than ($\geq$)	0.050	m.R	0.624	Pass	+1035,55
4.5 Offshore supply vessel	4.5.6.2.2: Area 30 to 40				Pass	
	from the greater of spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
	to the lesser of spec. heel angle	40,0	deg	40,0		
	first downflooding angle	n/a	deg			
	angle of vanishing stability	90,0	deg			
	shall not be less than ($\geq$)	0.020	m.R	0.185	Pass	+520,53
4.5 Offshore supply vessel	4.5.6.2.3: Maximum GZ at 30 or greater				Pass	
	in the range from the greater of spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
	to the lesser of spec. heel angle	90,0	deg			
	angle of max. GZ	47,3	deg	47,3		
	shall not be less than ($\geq$)	0,200	m	1,155	Pass	+477,28
	Intermediate values					
	angle at which this GZ occurs		deg	47,3		

Çizelge 6.9: Römorkör tam yüklü durumda stabilite hesabı(devamı)

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
4.5 Offshore supply vessel	4.5.6.2.4: Angle of maximum GZ				Pass	
	limited by first GZ peak angle	47,3	deg	47,3		
	shall not be less than ($\geq$)	15,0	deg	47,3	Pass	+215,15
4.5 Offshore supply vessel	4.5.6.2.5: Initial GMt				Pass	
	spec. heel angle	0,0	deg			
	shall be greater than ($>$)	0,150	m	2,289	Pass	+1426,33
IMO kurallari	Combined criteria (ratio of areas type 1) - towing heeling arm				Fail	
	Towline Pull arm = $T (v \cos^n(\phi+\tau) - h \sin(\phi+\tau)) / (g \text{ disp.})$					
	tension or thrust: T =	500000,00	N			
	vertical separation of propeller centre and tow attachment: v =	8,000	m			
	horizontal offset of tow attachment: h =	4,000	m			
	angle of tow above horizontal: tau =	15,0	deg			
	cosine power: n =	1				
	Area1 integrated from the greater of spec. heel angle	0,0	deg			
	angle of equilibrium (with heel arm) to the lesser of	11,0	deg	11,0		
	spec. heel angle	70,0	deg			
	angle of first GZ peak	47,3	deg			
	angle of max. GZ	47,3	deg	47,3		
	angle of max. GZ above heel arm	49,0	deg			
	first downflooding angle	n/a	deg			
	angle of vanishing stability (with heel arm)	n/a	deg			
	Area2 integrated from the greater of spec. heel angle	0,0	deg			
	angle of equilibrium (ignoring heel arm) to the lesser of	0,0	deg	0,0		
	spec. heel angle	90,0	deg			
	angle of first GZ peak	47,3	deg			
	angle of max. GZ	47,3	deg	47,3		
	angle of max. GZ above heel arm	49,0	deg			
	first downflooding angle	n/a	deg			
	angle of vanishing stability (ignoring heel arm)	90,0	deg			

Çizelge 6.9: Römorkör tam yüklü durumda stabilite hesabı(devamı)

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
	Angle for GZ(max) in GZ ratio, the lesser of:					
	spec. heel angle	50,0	deg			
	angle of first GZ peak	47,3	deg			
	angle of max. GZ	47,3	deg	47,3		
	first downflooding angle	n/a	deg			
	Select required angle for angle of steady heel ratio:	MarginlineImmersionAngle				
	Criteria:				Fail	
	Angle of steady heel shall be less than (<)	15,0	deg	11,0	Pass	+26,49
	Angle of steady heel / Marginline immersion angle shall not be greater than (<=)	80,000	%	103,730	Fail	-29,66
	Area1 / Area2 shall be greater than (>)	40,000	%	69,364	Pass	+73,41
	GZ(intersection) / GZ(max) shall be less than (<)	60,000	%	38,177	Pass	+36,37
	Area 1 shall not be less than (>=)	0.090	m.R	0.433	Pass	
	Intermediate values					
	Heel arm constant			0,0811		
	amplitude of cos component		m	8,000		
	amplitude of sin component		m	4,000		
	Marginline immersion angle		deg	10,6		
	Area1 (under GZ), from 11,0 to 47,3 deg.		m.R	0.582		
	Area1 (under HA), from 11,0 to 47,3 deg.		m.R	0.150		
	Area1, from 11,0 to 47,3 deg.		m.R	0.433		
	Area2, from 0,0 to 47,3 deg.		m.R	35,7813		
	GZ(intersection)		m	0,441		
	GZ(max)		m	1,155		
	Area1 / Area2 shall be greater than (>)	40,000	%	69,364	Pass	+73,41
	GZ(intersection) / GZ(max) shall be less than (<)	60,000	%	38,177	Pass	+36,37

6.5 Römorkör light ship Durumu Stabilité Hesabı

Hydromax 13.01, build: 2091

(Lowest precision, 200 sections). Analysis tolerance - ideal(worst case): Disp. %:
0,01000(0,100); Trim%(LCG-TCG): 0,01000(0,100); Heel%(LCG-TCG):
0,01000(0,100)

Loadcase - Lightship

Damage Case – Intact

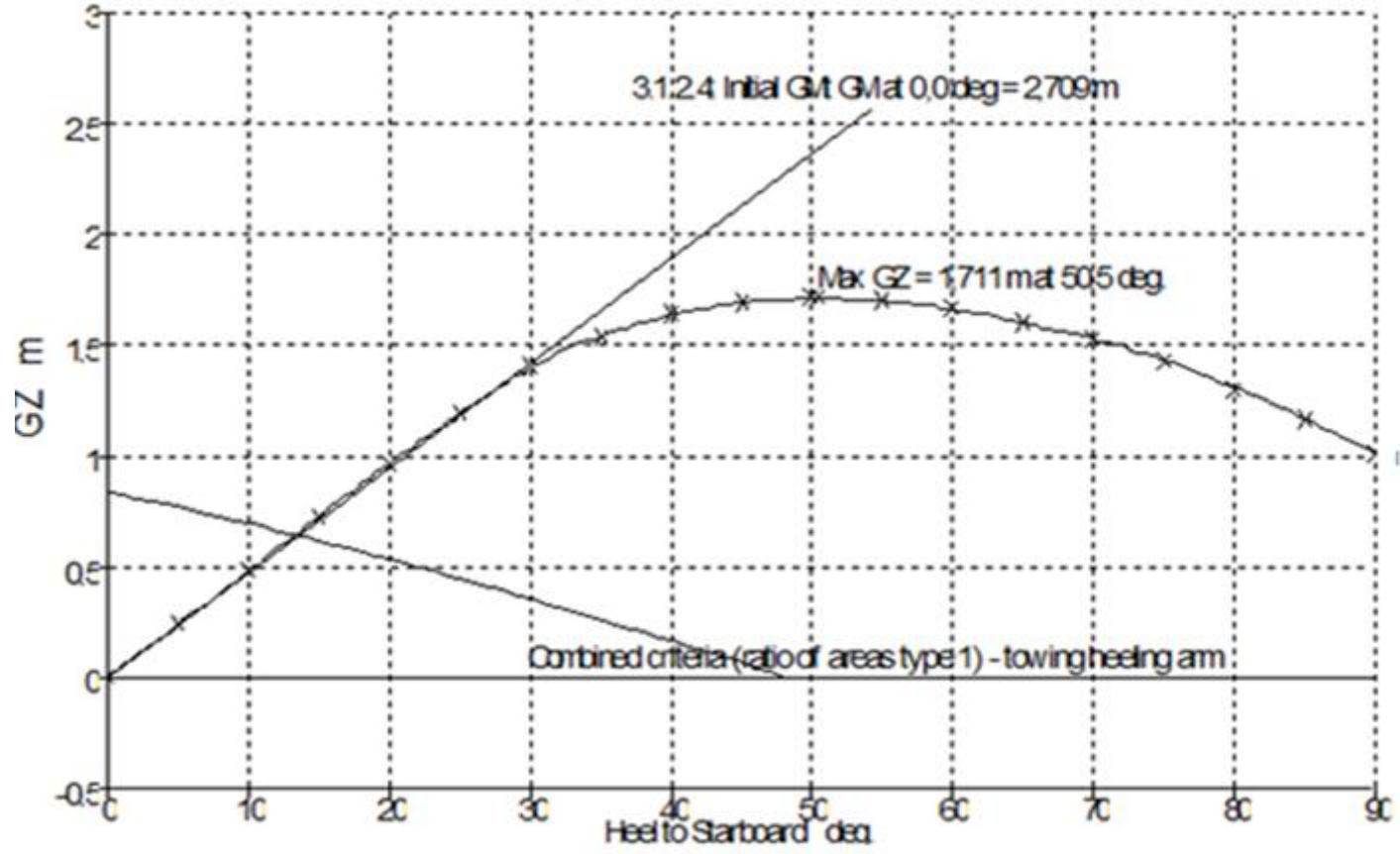
Free to Trim ; Relative Density (specific gravity) = 1,025; (Density = 1,025
tonne/m³)

Fluid analysis method: Use corrected VCG

Römorkörün ağırlık merkezi = 2.700m

Çizelge 6.10: Römorkör lightship durumunda yükleme durumu

Item Name	Quantity	Sounding m	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Long.Arm m	Trans.Arm m	Vert.Arm m	Unit FSM tonne.m	Total FSM tonne.m	FSM Type
Lightship	1		408,400	408,400	12,600	0,000	2,700	0,000	0,000	User Specified
Fuel oil1	0%	0,000	55,243	0,000	6,131	2,868	3,526		0,000	Maximum
Fuel oil2	0%	0,000	55,243	0,000	6,131	-2,868	3,526		0,000	Maximum
Balast1	0%	0,000	15,223	0,000	-1,056	2,496	4,412		0,000	Maximum
Balast2	0%	0,000	15,223	0,000	-1,056	-2,496	4,412		0,000	Maximum
Daily1	0%	0,000	19,605	0,000	17,977	2,739	2,543		0,000	Maximum
Daily2	0%	0,000	19,605	0,000	17,977	-2,739	2,543		0,000	Maximum
Sea water	0%	0,000	14,201	0,000	20,924	2,212	2,644		0,000	Maximum
Fresh water	0%	0,000	13,855	0,000	20,924	-2,212	2,644		0,000	Maximum
Lubricant	0%	0,000	8,390	0,000	9,049	2,644	1,358		0,000	Maximum
Sludge	0%	0,000	8,390	0,000	9,049	-2,644	1,358		0,000	Maximum
Black water	0%	0,000	3,366	0,000	23,682	1,507	3,070		0,000	Maximum
Grey water	0%	0,000	3,366	0,000	23,682	-1,507	3,070		0,000	Maximum
Total				408,400	12,600	0,000	2,700		0,000	
Loadcase										
FS correction							0,000			
VCG fluid							2,700			



Şekil 6.4 : Römorkör lightship durumu GZ eğrisi

Çizelge 6.11: Römorkör lightship durumunda geminin deyerleri

Heel to Starboard degrees	0,0	5,0	10,0	15,0	20,0	25,0	30,0	35,0	40,0	45,0
Displacement tonne	408,4	408,4	408,4	408,4	408,4	408,4	408,4	408,4	408,4	408,4
Draft at FP m	2,455	2,464	2,494	2,537	2,579	2,616	2,642	2,636	2,581	2,466
Draft at AP m	3,412	3,396	3,342	3,253	3,131	2,971	2,768	2,547	2,314	2,062
WL Length m	28,243	28,262	28,298	28,346	28,404	28,466	28,529	28,570	28,586	28,553
Immersed Depth m	3,317	3,300	3,229	3,239	3,461	3,640	3,775	3,871	3,927	3,943
WL Beam m	9,850	9,888	10,002	10,181	10,061	10,031	9,930	9,722	9,672	9,135
Wetted Area m ²	309,490	307,223	303,054	299,915	297,465	295,921	295,775	297,671	299,677	301,756
Waterpl. Area m ²	230,001	227,966	224,420	220,949	216,594	214,126	207,593	194,425	185,861	178,484
Prismatic Coeff.	0,615	0,616	0,621	0,629	0,639	0,649	0,658	0,663	0,659	0,655
Block Coeff.	0,464	0,465	0,469	0,460	0,435	0,415	0,404	0,403	0,399	0,421
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	12,569	12,570	12,572	12,576	12,580	12,586	12,595	12,604	12,612	12,618
VCB from DWL m	-1,090	-1,096	-1,114	-1,142	-1,174	-1,205	-1,236	-1,268	-1,298	-1,327
GZ m	0,000	0,266	0,525	0,776	1,006	1,216	1,406	1,539	1,628	1,685
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	10,770	10,902	11,138	11,357	11,543	11,730	11,992	12,362	12,719	13,022
TCF to zero pt. m	0,000	0,403	0,809	1,203	1,647	2,077	2,457	2,738	3,022	3,243
Max deck inclination deg	2,1	5,4	10,2	15,1	20,0	25,0	30,0	35,0	40,0	45,0
Trim angle (+ve by stern) deg	2,1	2,0	1,8	1,6	1,2	0,8	0,3	-0,2	-0,6	-0,9

Çizelge 6.11: Römorkör lightship durumunda geminin deyerleri (devamı)

Heel to Starboard degrees	50,0	55,0	60,0	65,0	70,0	75,0	80,0	85,0	90,0	50,0
Displacement tonne	408,4	408,4	408,4	408,4	408,4	408,4	408,4	408,4	408,4	408,4
Draft at FP m	2,300	2,073	1,768	1,330	0,678	-0,383	-2,543	-9,106	N/A	2,300
Draft at AP m	1,783	1,458	1,062	0,567	-0,115	-1,279	-3,613	-10,488	N/A	1,783
WL Length m	28,468	28,337	28,125	28,442	28,996	29,400	29,657	29,813	29,880	28,468
Immersed Depth m	4,046	4,119	4,162	4,178	4,166	4,118	4,028	3,906	3,757	4,046
WL Beam m	8,535	8,068	7,709	7,445	7,286	7,075	6,837	6,692	6,609	8,535
Wetted Area m ²	303,599	304,865	305,256	303,968	301,881	296,799	297,554	298,508	299,636	303,599
Waterpl. Area m ²	171,266	165,502	161,460	159,228	155,136	145,962	141,586	138,513	136,599	171,266
Prismatic Coeff.	0,653	0,652	0,652	0,652	0,652	0,653	0,656	0,659	0,662	0,653
Block Coeff.	0,439	0,456	0,472	0,487	0,499	0,520	0,550	0,580	0,611	0,439
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	12,623	12,626	12,630	12,627	12,624	12,622	12,618	12,612	12,604	12,623
VCB from DWL m	-1,359	-1,395	-1,435	-1,481	-1,532	-1,575	-1,607	-1,631	-1,646	-1,359
GZ m	1,708	1,698	1,661	1,605	1,532	1,434	1,310	1,167	1,010	1,708
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	13,248	13,425	13,547	13,599	13,782	14,035	14,010	13,977	13,940	13,248
TCF to zero pt. m	3,380	3,470	3,517	3,507	3,525	3,659	3,689	3,673	3,622	3,380
Max deck inclination deg	50,0	55,0	60,0	65,0	70,0	75,0	80,0	85,0	90,0	50,0
Trim angle (+ve by stern) deg	-1,1	-1,3	-1,5	-1,7	-1,7	-2,0	-2,3	-3,0	N/A	-1,1

Çizelge 6.12 Çelik tekne durumunda mevcut kurallarda 0 dan 30 a 0.55 m-R verilmiştir, yeni önerilen kurallarda da 0.061 soylenmiş römorkörün çelik tekne durumu stabilite hesabında actual 0.292 sonuc alınmış ve her iki kuraldanda geçmesi görünür.

Çizelge 6.12: Römorkör lightship durumu stabilite hesabı

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
A.749(18)						
Ch3 - Design						
criteria	3.1.2.1: Area 0 to 30				Pass	
applicable to						
all ships						
	from the greater of					
	spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
	angle of vanishing stability	90,0	deg			
	shall not be less than ($\geq$)	0.055	m.R	0.292	Pass	+432,7
A.749(18)						
Ch3 - Design						
criteria	3.1.2.1: Area 0 to 40				Pass	
applicable to						
all ships						
	from the greater of					
	spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	40,0	deg	40,0		
	first downflooding angle	n/a	deg			
	angle of vanishing stability	90,0	deg			
	shall not be less than ($\geq$)	0.090	m.R	0.479	Pass	+432,33
A.749(18)						
Ch3 - Design						
criteria	3.1.2.1: Area 30 to 40				Pass	
applicable to						
all ships						
	from the greater of					
	spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	40,0	deg	40,0		
	first downflooding angle	n/a	deg			
	angle of vanishing stability	90,0	deg			

Çizelge 6.12: Römorkör lightship durumu stabilite hesabı(devamı)

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
	shall not be less than ($\geq$)	0.020	m.R	0.185	Pass	+520,53
A.749(18)						
Ch3 - Design						
criteria	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater				Pass	
applicable to						
all ships						
	in the range from the greater of					
	spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	90,0	deg			
	angle of max. GZ	47,3	deg	47,3		
	shall not be less than ($\geq$)	0,200	m	1,155	Pass	+477,28
	Intermediate values					
	angle at which this GZ occurs		deg	47,3		
A.749(18)						
Ch3 - Design						
criteria	3.1.2.3: Angle of maximum GZ				Pass	
applicable to						
all ships						
	shall not be less than ($\geq$)	25,0	deg	47,3	Pass	+89,09
A.749(18)						
Ch3 - Design						
criteria	3.1.2.4: Initial GMt				Pass	
applicable to						
all ships						
	shall not be less than ($\geq$)	0,150	m	2,289	Pass	+1426,33
A.749(18)						
Ch3 - Design						
criteria	3.1.2.5: Passenger crowding: angle of equilibrium				Pass	
applicable to						
all ships						
	Pass. crowding arm = $n_{Pass} M / \text{disp.}$					
	$D \cos^n(\phi)$					
	number of passengers: $n_{Pass} =$	10				
	passenger mass: $M =$	0,075	tonne			
	distance from centre line: $D =$	6,000	m			
	cosine power: $n =$	0				
	shall not be greater than ($\leq$)	10,0	deg	0,2	Pass	+97,92
	Intermediate values					
	Heel arm amplitude		m	0,007		

Çizelge 6.12: Römorkör lightship durumu stabilite hesabı(devamı)

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
A.749(18)						
Ch3 - Design						
criteria applicable to all ships	3.1.2.6: Turn: angle of equilibrium				Pass	
	Turn arm: $a \cdot v^2 / (R \cdot g) \cdot h \cdot \cos^n(\phi)$					
	constant: a =	0,9996				
	vessel speed: v =	10,000	kts			
	turn radius, R, as percentage of Lwl	510,00	%			
	h = KG - mean draught / 2	0,950	m			
	cosine power: n =	0				
	shall not be greater than ($\leq$)	10,0	deg	0,5	Pass	+95,36
	Intermediate values					
	Heel arm amplitude		m	0,017		
4.5 Offshore supply vessel	4.5.6.2.1: GZ area between 0 and angle of maximum GZ from the greater of				Pass	
	spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
	to the lesser of					
	angle of first GZ peak	47,3	deg			
	angle of max. GZ	47,3	deg	47,3		
	angle of vanishing stability	90,0	deg			
	lower heel angle	15,0	deg			
	required GZ area at lower heel angle	0.700	m.R			
	higher heel angle	30,0	deg			
	required GZ area at higher heel angle	0.050	m.R			
	shall not be less than ($\geq$)	0.050	m.R	0.624	Pass	+1035,55
4.5 Offshore supply vessel	4.5.6.2.2: Area 30 to 40 from the greater of				Pass	
	spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
	to the lesser of					
	spec. heel angle	40,0	deg	40,0		
	first downflooding angle	n/a	deg			
	angle of vanishing stability	90,0	deg			
	shall not be less than ($\geq$)	0.020	m.R	0.185	Pass	+520,53
4.5 Offshore supply vessel	4.5.6.2.3: Maximum GZ at 30 or greater in the range from the greater of				Pass	
	spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
	to the lesser of					

Çizelge 6.12: Römorkör lightship durumu stabilite hesabı(devamı)

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
	spec. heel angle	90,0	deg			
	angle of max. GZ	47,3	deg	47,3		
	shall not be less than ($\geq$)	0,200	m	1,155	Pass	+477,28
	Intermediate values					
	angle at which this GZ occurs		deg	47,3		
4.5 Offshore supply vessel	4.5.6.2.4: Angle of maximum GZ				Pass	
	limited by first GZ peak angle	47,3	deg	47,3		
	shall not be less than ($\geq$)	15,0	deg	47,3	Pass	+215,15
4.5 Offshore supply vessel	4.5.6.2.5: Initial GMt				Pass	
	spec. heel angle	0,0	deg			
	shall be greater than ($>$)	0,150	m	2,289	Pass	+1426,33
IMO kurallari	Combined criteria (ratio of areas type 1) - towing heeling arm				Fail	
	Towline Pull arm = $T (v \cos^n(\phi+\tau) - h \sin(\phi+\tau)) / (g \text{ disp.})$					
	tension or thrust: T =	500000,00	N			
	vertical separation of propeller centre and tow attachment: v =	8,000	m			
	horizontal offset of tow attachment: h =	4,000	m			
	angle of tow above horizontal: tau =	15,0	deg			
	cosine power: n =	1				
	Area1 integrated from the greater of spec. heel angle	0,0	deg			
	angle of equilibrium (with heel arm) to the lesser of	11,0	deg	11,0		
	spec. heel angle	70,0	deg			
	angle of first GZ peak	47,3	deg			
	angle of max. GZ	47,3	deg	47,3		
	angle of max. GZ above heel arm	49,0	deg			
	first downflooding angle	n/a	deg			
	angle of vanishing stability (with heel arm)	n/a	deg			
	Area2 integrated from the greater of spec. heel angle	0,0	deg			
	angle of equilibrium (ignoring heel arm) to the lesser of	0,0	deg	0,0		
	spec. heel angle	90,0	deg			
	Area2 integrated from the greater of					

Çizelge 6.12: Römorkör lightship durumu stabilite hesabı(devamı)

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
	angle of first GZ peak	47,3	deg			
	angle of max. GZ	47,3	deg	47,3		
	angle of max. GZ above heel arm	49,0	deg			
	first downflooding angle	n/a	deg			
	angle of vanishing stability (ignoring heel arm)	90,0	deg			
	Angle for GZ(max) in GZ ratio, the lesser of:					
	spec. heel angle	50,0	deg			
	angle of first GZ peak	47,3	deg			
	angle of max. GZ	47,3	deg	47,3		
	first downflooding angle	n/a	deg			
	Select required angle for angle of steady heel ratio:	MarginlineImmersionAngle				
	Criteria:				Fail	
	Angle of steady heel shall be less than (<)	15,0	deg	11,0	Pass	+26,49
	Angle of steady heel / Marginline immersion angle shall not be greater than (<=)	80,000	%	103,730	Fail	-29,66
	Area1 / Area2 shall be greater than (>)	40,000	%	69,364	Pass	+73,41
	GZ(intersection) / GZ(max) shall be less than (<)	60,000	%	38,177	Pass	+36,37
	Area 1 shall not be less than (>=)	0.090	m.R	0.433	Pass	
	Intermediate values					
	Heel arm constant			0,0811		
	amplitude of cos component		m	8,000		
	amplitude of sin component		m	4,000		
	Marginline immersion angle		deg	10,6		
	Area1 (under GZ), from 11,0 to 47,3 deg.		m.R	0.582		
	Area1 (under HA), from 11,0 to 47,3 deg.		m.R	0.150		
	Area1, from 11,0 to 47,3 deg.		m.R	0.433		
	Area2, from 0,0 to 47,3 deg.		m.R	35,7813		
	GZ(intersection)		m	0,441		
	GZ(max)		m	1,155		

7 . SONUÇ VE ÖNERİLER

Römorkörün önemi günümüzde artmıştır yeni önerilerin kuralları Mevcut kurallarla karşılaştırmak istenildi.

Autocad, freeship, delftship ,maxsurf ,hydromax kullanıldı .Örnek bir römorkör ele alındı, mevcut kuralları ve yeni önerilen kuralları uygulayıp karşılaştırılıp sonuçlar çıkartılmıştır .

$\theta=30^\circ$ 'ye kadar doğrultucu moment kolu eğrisi altında kalan alan değeri 0,055 m.radyan'dan az, $\theta=40^\circ$ veya su alma açısına kadar hangisi daha küçükse, doğrultucu moment kolu eğrisi altında kalan alan değeri 0,09 m.radyan'dan 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 m.radyan'dan az olmamalıdır.

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

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

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

$\theta=30^\circ$ 'ye kadar doğrultucu moment kolu eğrisi altında kalan alan değeri 0,345 m. radyan oldu, $\theta=40^\circ$ doğrultucu moment kolu eğrisi altında kalan alan değeri 0,647 m.radyan olmuştur. $\theta=30^\circ$ 'den $\theta=40^\circ$ veya, doğrultucu moment kolu eğrisi altında kalan alan değeri 0,206 m. radyan olmaktadır.

Doğrultucu moment kolu değeri, $\theta =30^\circ$ de 1,62 m olmuştur.

Maksimum doğrultucu moment kolu değeri, $\theta =49,1^\circ$ olmuştur.

Başlangıç metasantr yüksekliği 2,434 m.hesaplanmıştır.

Hydromax programıyla yapılan stabilite analizinde römorkör bütün yükleme durumlarında, lightship ağırlık durumunda ve bu koşullardaki bordadan çekme

durumunda ilgili Türk Loydu stabilite kurallarının hepsini ve Römorkörün stabilitesinin, teknenin her türlü servis durumunda ve çalışma pozisyonunda IMO Resolution ''2008 is code '' kurallarına uygunluğu sağlamıştır.

IMO'nun 54. Dönem Stabilite, yükleme hattı ve balıkçı gemilerinin güvenliği alt komitesi 16-20 Ocak 2012 tarihleri arasında toplanmış olup, toplantıya ilişkin gelişmeler ve alınan kararlar aşağıda özetlenmiştir.

2008 IS Kod, Kısım B'de çekme ve demir elleçleme operasyonlarında yapılacak değişikliklerin geliştirilmesi:

Alt komite, MSC 88'de Norveç ta rafından MSC 88/23/2 dokümanı ile önerilen, çekme ve demir elleçleme operasyonları yapan gemiler için 2008 IS Kodu, Kısım B'de yer almak üzere, birleştirilmiş stabilite kriteri ve operasyonel kılavuz geliştirilmesi konusunu tekrar gündeme getirmiştir ve komitenin yıllık gündeminde yer almasını istemiştir. Çekme ve demir elleçleme operasyonları için 2008 IS Kod, Kısım B'de değişiklikler yapılması konusu gündeme eklenmiş ve hedef tamamlanma tarihi 2014 olarak öngörülmüştür.

Yeni önerilen kurallar :

Angle from 0.00 deg to MaxRa	>15.00 deg
Area from 0.00 deg to MaxRA at 15.00	>0.0612 m-R
Area from 0.00 deg to MaxRA at 30.00	>0.0612 m-R

Mevcut kurallar:

Angle from 0.00 deg to MaxRa	>25.00 deg
Area from 0.00 deg to MaxRA at 15.00	>0.055 m-R
Area from 0.00 deg to MaxRA at 30.00	>0.055 m-R

IMO'ya önerilen yeni kurallarla karşılaştırdığımızda, örnek çekme römorkör gemisi yeni kuralların bütün şartların sağlamıştır. İleride yapılacak çalışmalarda, yeni kural önerilerinin farklı tipteki gemilerde denenip, şartları yerine getirip getirmediği incelenmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- IMO.**(2012).SUB- SUB-Committee on stability and load lines and on fishing vessels safety 55th session Agenda item 10 SLF 55/10.
- IMO.**(2011).SUB-Committee on stability and load lines and on fishing vessels safety 55th session Agenda item SLF 54/INF .5.
- GMO.**(2008).Gemi Mühendisleri El Kitabı, İstanbul.
- Taylan, M.**(2012).New Directions in Ship Stability and Safety Lecture Notes, İTÜ, İstanbul.
- E.W.Lewis.**(1988).Principles of Naval Architecture, Volume I, Editor, SNAME, NJ, USA.
- Özalp.T.**(1984).Gemi Mühendisliğine Giriş, İTÜ, sayı 1036.
- Yılmaz.H.**(2006).Gemi Hidrostatığı ve Stabilitesi, Birsen Yayınevi.
- Baykal.R.**(1982).Gemilerin Hidrostatığı ve Stabilitesi, İTÜ Yayın No:1148, İstanbul.
- Türk Loydu.**(2002). Intact Stabillite Kuralları, www.turkloydu.org, İstanbul.
- Deybach, F.** (1997). *Intact stability criteria for Naval Ships (yüksek lisans tezi)*. Adress: <http://dspace.mit.edu/>
- Biran, A.** (2003). Gemi Hidrostatığı ve stabilitesi (Yılmaz,H.,Çev), İstanbul: Birsen
- BV 1030-1** (2001). Stability, *Building regulation for german Naval Vessels 1030-1*,Germany

EKLER

EK A: İMO'ya önerilen kurallar

EK B: Örnek römorkörün genel planı



SUB-COMMITTEE ON STABILITY AND
LOAD LINES AND ON FISHING VESSELS
SAFETY
55th session
Agenda item 10

SLF 55/INF.4
16 November 2012
ENGLISH ONLY

**DEVELOPMENT OF AMENDMENTS TO PART B OF THE 2008 IS CODE ON
TOWING AND ANCHOR HANDLING OPERATIONS**

**Proposal for amendments to the International Code on Intact Stability, 2008
(2008 IS Code)**

Submitted by Norway

SUMMARY

Executive summary: This document presents background information on the principles for unified stability criteria and operational guidance for vessels engaged in anchor handling operations

Strategic direction: 5.2

High-level action: 5.2.1

Planned output: 5.2.1.26

Action to be taken: Paragraph 2

Related documents: MSC 90/28/Add.1; MSC 88/23/2, MSC 88/26 (paragraph 23.36); SLF 54/17, SLF 54/10, SLF 54/INF.5 and SLF 55/10

1 The annex to this document presents a summary of the analyses forming the basis for proposals regarding unified stability criteria and operational guidance for vessels engaged in towing and anchor handling operations for insertion into part B of the 2008 IS Code.

Action requested of the Sub-Committee

2 The Sub-Committee is invited to note the information provided.

ANNEX

SUMMARY OF THE ANALYSES FORMING THE BASIS FOR PROPOSALS REGARDING UNIFIED STABILITY CRITERIA AND OPERATIONAL GUIDANCE FOR VESSELS ENGAGED IN TOWING AND ANCHOR HANDLING OPERATIONS FOR INSERTION INTO PART B OF THE 2008 IS CODE

1 Introduction

This document presents background information on the principles for the development of the proposed unified stability criteria and operational guidance for vessels engaged in anchor handling operations.

2 Criteria versus operational guidance

Given the unique characteristics of anchor handling operations the development of stability criteria with special emphasis to operational guidance is considered the more feasible solution to improve safety without compromising the operation of ships engaged in anchor handling operations.

During the development of the criteria comprehensive meetings with the stakeholders were held, as a result of this collaboration the following aspects are highlighted:

- .1 operational guidance should be developed in order to provide the crew with the deemed tools to implement planning and controlling procedures. The output available to the crew should therefore provide reliable information in a simple manner; and
- .2 the standards and thresholds should provide the ship with sufficient stability to withstand unexpected hawser deflections, account for uncertainties in the observations of the angles on board, and sufficient time to implement emergency or corrective measures when necessary.

In order to achieve those goals specific recommendations should be developed, including:

- .1 calculation and presentation of stability limiting curves including working tensions limits throughout all the possible directions of the hawser, for all draughts and trim operational range;
- .2 step wise planning procedures to calculate loading conditions identifying operational limits and verifying loading, ballasting and consummations sequences;
- .3 adapted stability instruments; and
- .4 working and controlling procedures including corrective and emergency measures.

3 External forces and heeling moments

Due to the catenary shape of a heavy chain, wire or other heavy elements being handled the effects of the external force applied at the stern of the ship will always be noted on the ship stability particulars (draught, trim and centre of gravity). The magnitude of the external

forces will be reflected in the tension deployed by the working winch. Heeling moments will be noted when the hawser is not acting at the centre line of the ship, the control and mitigation of the generated heeling moments has to be achieved by changing headings and winch tension.

The thrust of the ship has a minor influence in the magnitude of the external force, but it will affect the shape of the catenary and the direction that the external forces are acting over the ship.

A simplified model of the angles formed by the hawser and the ship during anchor handling operations is presented in figure 1:

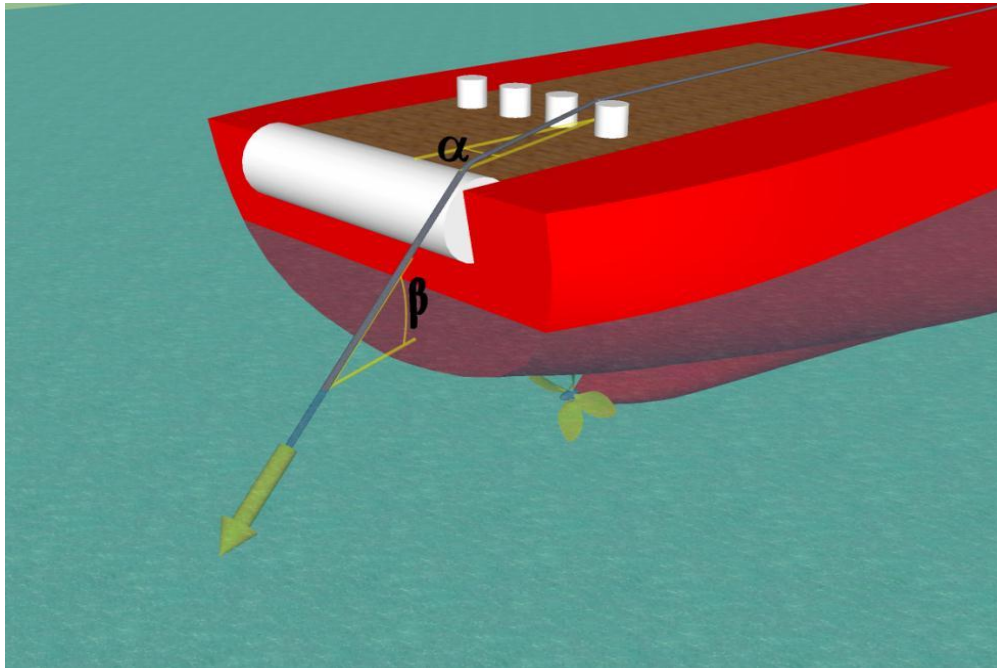


Figure 1 – Angles formed by the hawser and the ship

Where:

- Sideways angle “α” is the horizontal angle between the centreline and the vector at which the hawser tension is applied to the ship in the upright position.
- Downwards angle “β” is the vertical angle between the waterline and the vector at which the hawser tension is applied to the ship.

The force can then be decomposed in its components as follows:

Transverse component –	$F_y = F_t \cdot \sin \alpha \cdot \cos \beta$
Longitudinal component –	$F_x = F_t \cdot \cos \alpha \cdot \cos \beta$
Vertical Component –	$F_z = F_t \cdot \sin \beta$

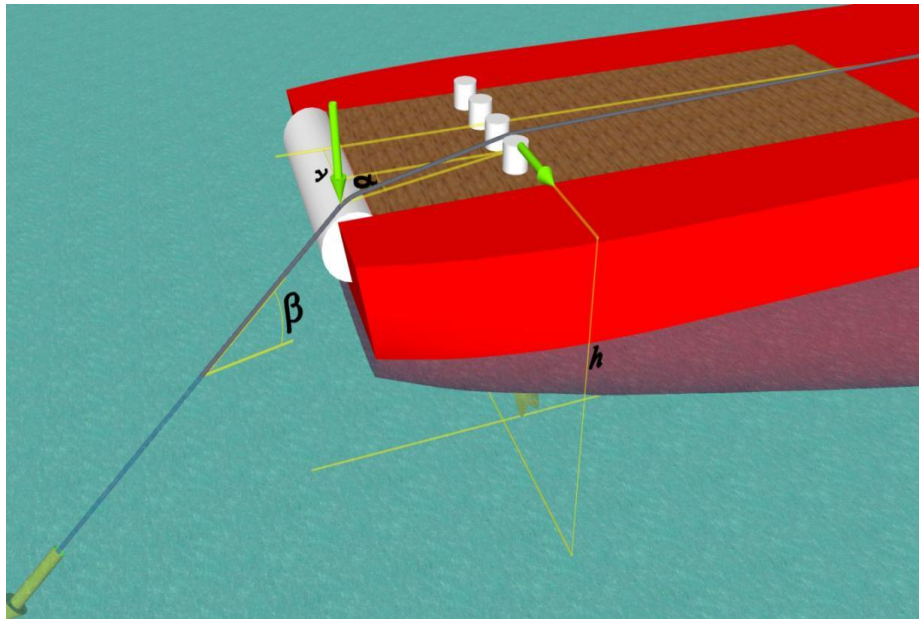


Figure 2 – Force components and application points

3.1 Heeling moment

When the hawser is not working at the centre line of the ship a heeling moment is developed due to the effects of the vertical component of the force, the contribution of the transvers component of the force will be noted when the movement of the hawser is constrained by towing pins or any other physical element.

The following is assumed for the calculation of the heeling arms (y and h):

h is assumed to be the vertical distance from the centre of propeller(s) to the uppermost part of the towing pin, or the distance between a line defined from the highest point of the winch pay-out and the top of the stern and any physical restriction of the transverse hawser movement.

y is assumed to be the transverse distance from the centreline to the outboard point at which the hawser tension is applied to the ship

The heeling moment can then be defined as:

$$M_H = F_t \cdot (h \cdot \sin \alpha \cdot \cos \beta + y \cdot \sin \beta)$$

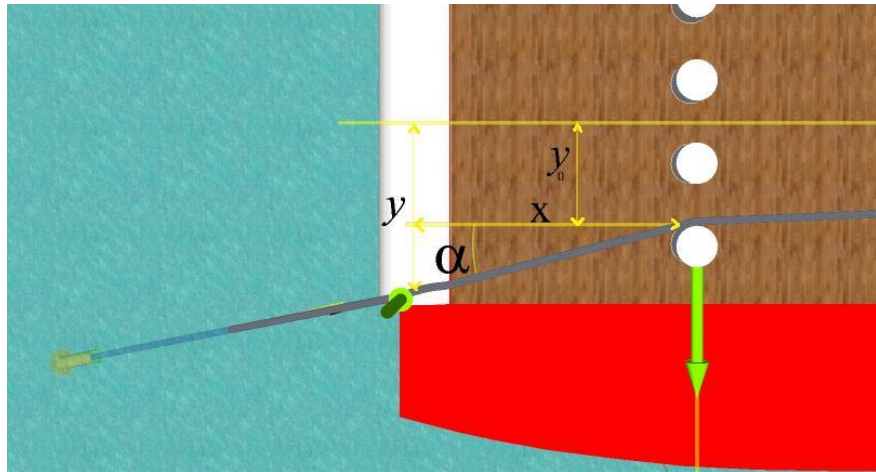


Figure 3 – Transverse arm - $y = y_0 + x \cdot \tan \alpha$

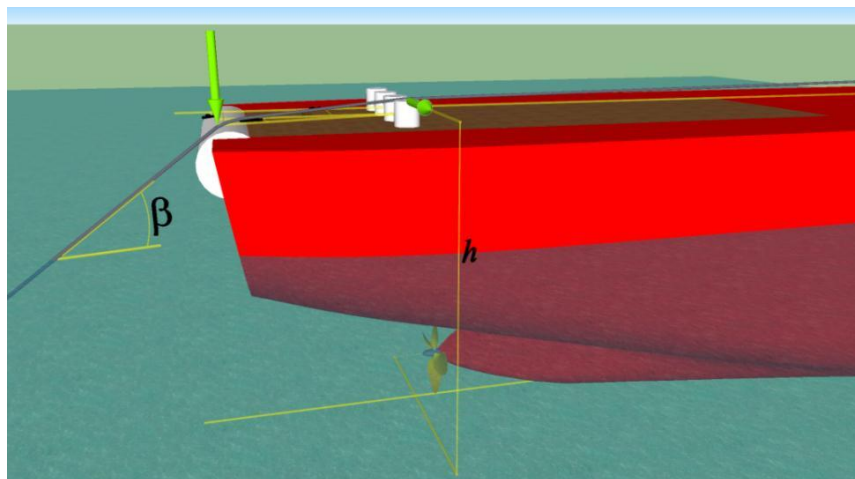


Figure 4 – Vertical arm – h (distance propeller to towing pin)

The following example shows the heeling moment distribution for a typical anchor handling arrangement:

Particulars: Tension
– 500 ton

$h - 7.37 \text{ m}$	$x - 5 \text{ m}$
$y_0 - 2.5 \text{ m}$	Breadth – 22 m

		S	I	D	E	W	A	Y	S				
D O W N W A R D S	Beta\Alpha	0	5	10	15	20	30	40	50	60	70	80	90
	0	0	321	640	954	1260	1843	2369	2823	3191	3463	3629	3685
	5	109	448	785	1117	1444	2070	2651	3181	3659	3929	4095	4150
	10	217	571	924	1273	1616	2282	2914	3514	4098	4365	4529	4584
	15	324	690	1056	1418	1776	2477	3154	3821	4506	4768	4929	4983
	20	428	804	1180	1553	1923	2653	3371	4099	4880	5135	5291	5344
	25	528	912	1295	1676	2055	2808	3562	4346	5217	5463	5613	5664
	30	625	1013	1400	1786	2171	2942	3725	4559	5514	5749	5893	5941
	35	717	1106	1494	1882	2271	3054	3860	4738	5769	5991	6127	6173
	40	803	1190	1577	1965	2354	3143	3966	4881	5980	6188	6315	6358
	45	884	1266	1648	2032	2418	3207	4042	4987	6146	6338	6455	6495
	50	958	1332	1707	2084	2465	3248	4087	5054	6265	6439	6546	6582
	55	1024	1387	1752	2120	2492	3263	4101	5084	6336	6491	6587	6619
	60	1083	1433	1784	2140	2501	3254	4084	5074	6359	6495	6578	6606
	65	1133	1467	1803	2143	2490	3220	4035	5026	6333	6448	6518	6542
	70	1175	1490	1808	2130	2461	3161	3956	4940	6260	6353	6410	6429
	75	1207	1502	1799	2101	2413	3078	3847	4816	6139	6209	6252	6266
	80	1231	1502	1776	2056	2346	2972	3708	4655	5971	6018	6047	6056
	85	1245	1491	1740	1996	2262	2844	3541	4459	5757	5781	5795	5800
90	1250	1469	1691	1920	2160	2693	3348	4229	5500	5500	5500	5500	

Figure 5 – Heeling moment distribution towards angle alpha (α) and beta (β)

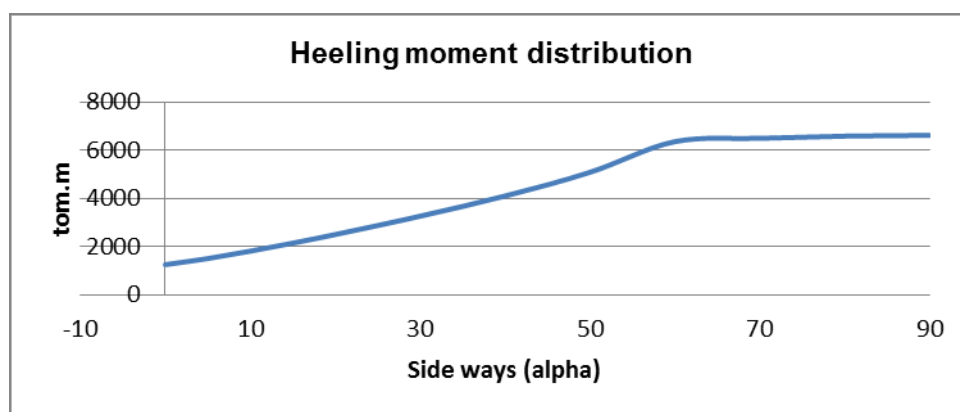


Figure 6 – Maximum heeling moment distribution towards angle alpha (α)

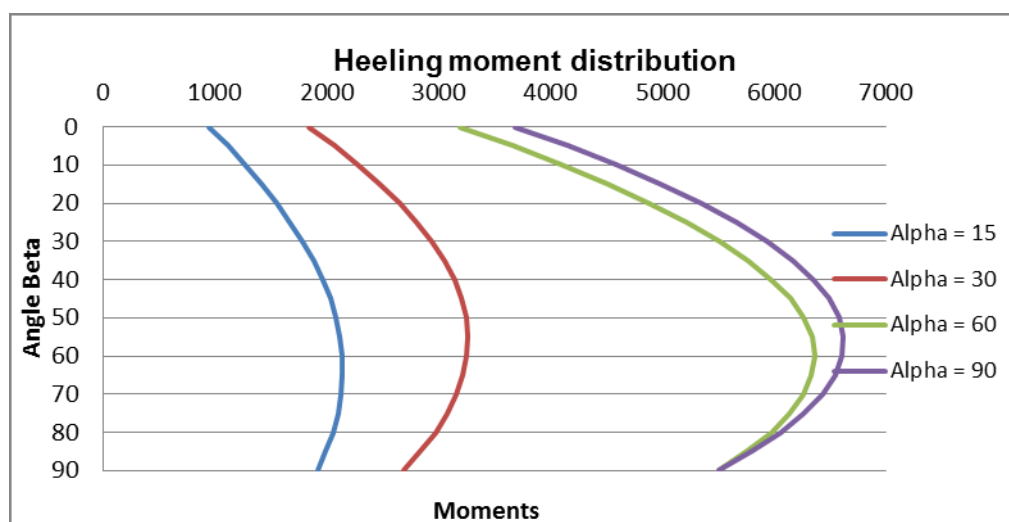


Figure 7 – Heeling moment distribution towards angle beta (β)

As can be noted from the above example the heeling moment, as expected, is increasing throughout the transversal direction (angle (α)). Regarding the vertical direction (angle (β)) it is possible to identify an angle where the moment achieves the maximum value, given by:

$$\beta = \tan^{-1} \left(\frac{y}{h \cdot \sin \alpha} \right)$$

Regarding this aspect it is believed that the angle where the moment assumes the maximum value should be used for criteria purposes.

3.2 Longitudinal force versus thrust

An additional drag component due to action of the external force is also applied to the ship. The vertical direction of the hawser is then limited by the pull of the ship, attending to:

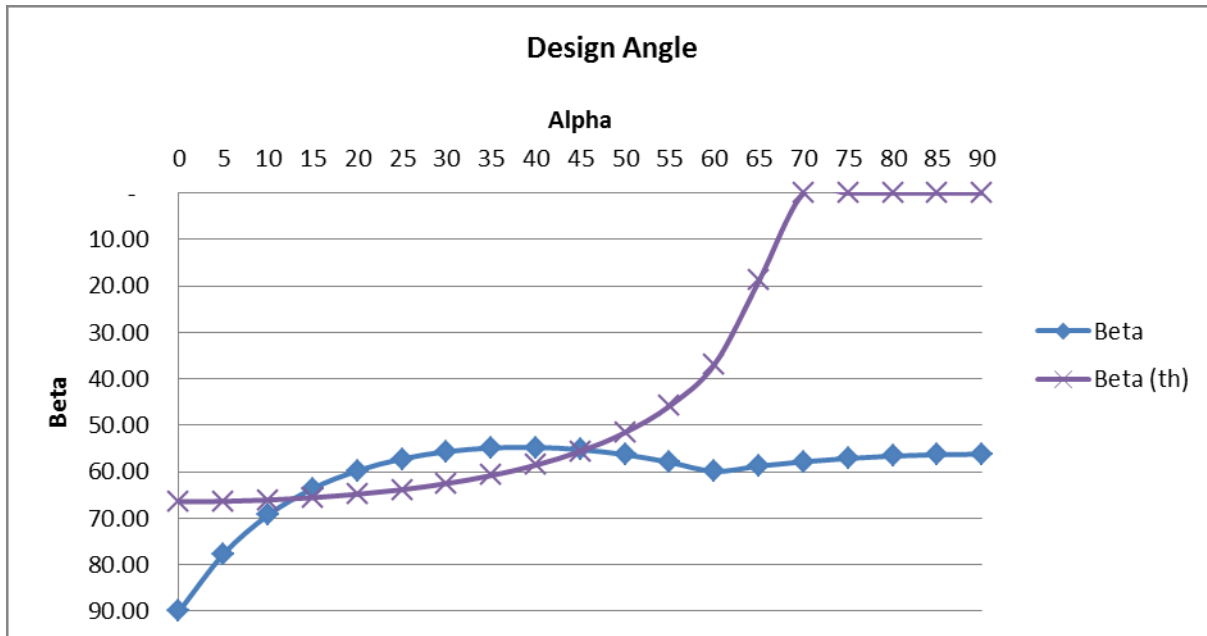
$$F_{Thrust} \geq F_x$$

$$F_x = F_t \cdot \cos \alpha \cdot \cos \beta$$

Applying the above condition, the vertical angle (β) is then limited to:

$$\beta > \cos^{-1} \left(\frac{F_{Thrust}}{F_t \cdot \cos \alpha} \right)$$

The following graph illustrates this situation:



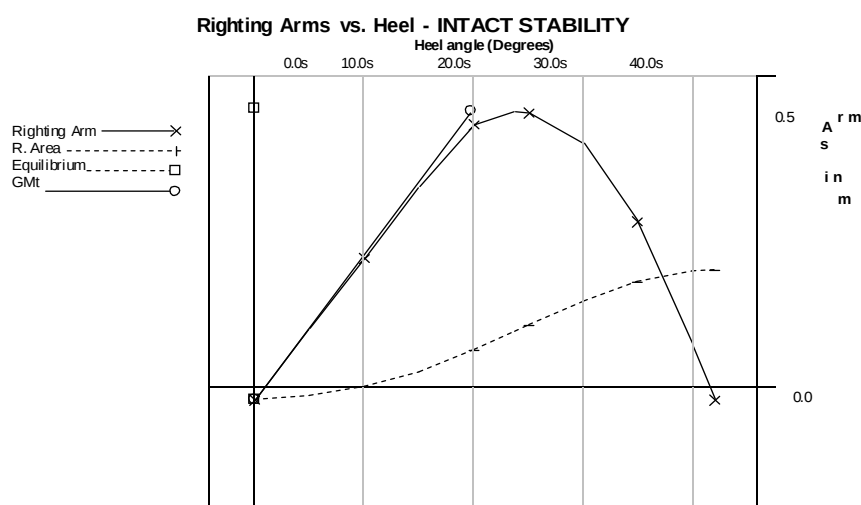
Given the uncertainties of the application of such condition, due to the numerous factors that might influence the ship pull, a simplification based on the documented bollard-pull of the ship was considered as a restriction to the heeling moment calculation:

$$\beta > \cos^{-1} \left(\frac{1.5 \cdot BP}{F_t \cdot \cos \alpha} \right)$$

Situations where the vessel is dragged aft/sideways during anchor handling operations are often reported, meaning that the pull of the ship is less than the drag effects introduced by the hawser. In such situations the heading of the vessel is clearly difficult to control and the risk of the ship experiencing higher heeling moments than the ones used in the criteria increases. Therefore, the application of this condition in the design criteria might raise concerns and should be carefully considered.

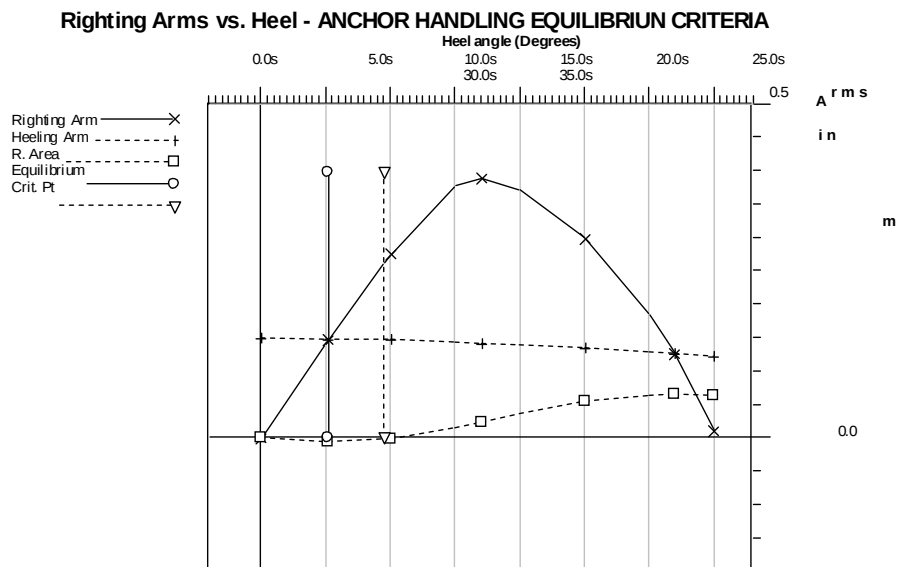
3.3 Effects of the heeling moment on the ship stability

The significant increase of the heeling moment due to sideways movement (α) of the hawser has severe effects on the ship stability. This cannot be neglected even for a ship in a good intact stability condition, as illustrated in the following GZ-curves, where the ship might not withstand deflections of the hawser higher than 30 degrees.



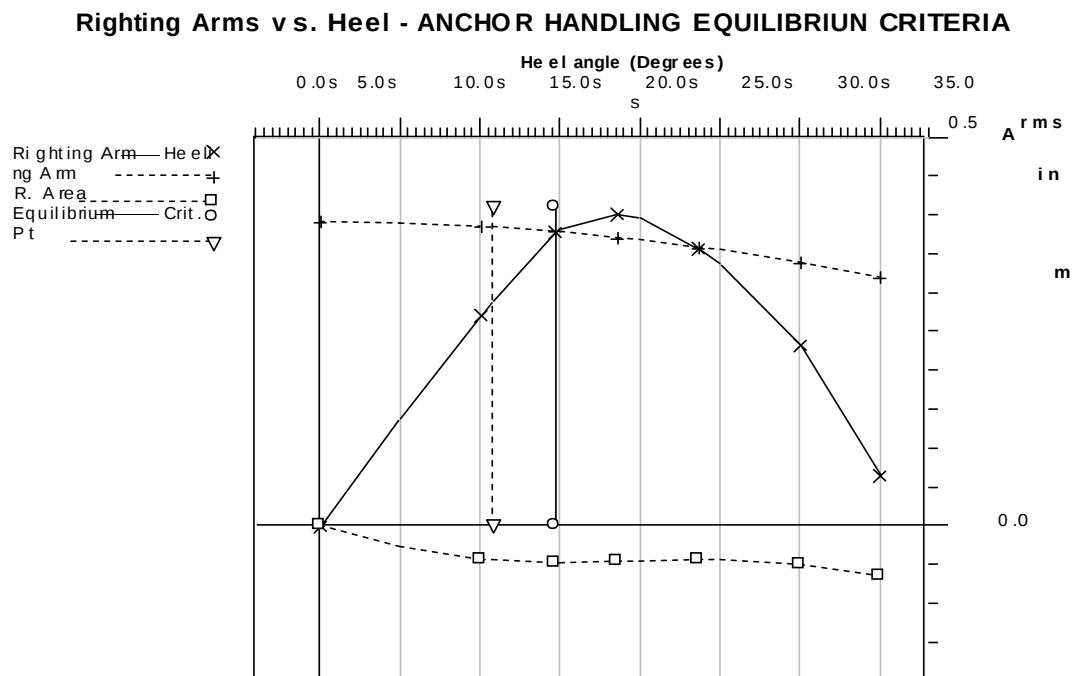
Limit	Min/Max	Actual	Margin
(1) Area from 0.00 deg to MaxRA at 15.00	>0.0612 m-R	0.109	0.048
(2) Area from 0.00 deg to MaxRA at 30.00	>0.0612 m-R	0.109	0.048
(3) Area from 30.00 deg to 40.00 or Flood	>0.0300 m-R	0.048	0.018
(4) Righting Arm at 30.00 deg or MaxRA	>0.200 m	0.412	0.212
(5) Angle from 0.00 deg to MaxRA	>15.00 deg	23.80	8.80
(6) GM at Equilibrium	>0.150 m	1.339	1.189

Figure 8 – GZ curve at intact stability condition



(1) Absolute Angle at MaxRA	17.00
(2) Angle from Equilibrium to Crit. or Flood	4.28
(3) Absolute Angle at Equilibrium	5.23
(4) Area from Equilibrium to RAzero or Flood	0.070
(5) Righting Arm at MaxRA	0.247

Figure 9 – GZ curve with heeling lever at $\alpha = 0$ degrees



(1) Absolute Angle at MaxRA	18.54
(2) Angle from Equilibrium to Crit. or Flood	0.00
(3) Absolute Angle at Equilibrium	14.65
(4) Area from Equilibrium to RAzero or Flood	0.002
(5) Righting Arm at MaxRA	0.032

Figure 10 – GZ curve with heeling lever at $\alpha = 30$ degrees

4 Proposed criteria

A three-step procedure is proposed as criteria for anchor handling operations, firstly a minimum heeling lever is defined considering a certain angle between the hawser and the ship, secondly the residual stability of the ship is verified and thirdly the limits on the hawser tension are calculated.

4.1 Heeling lever

In order to achieve an acceptable compromise between operation and safety, a minimum threshold for angle (α) should be defined ($\alpha_p = 15$ degrees). The angle (β) should then be defined as the one that causes the maximum heeling lever for that direction. The heeling moment can then be calculated as follows:

$$M_{AH} = F_p \cdot (h \cdot \sin \alpha_p \cdot \cos \beta + y \cdot \sin \beta);$$

$$\text{Where } \beta = \tan^{-1} \left(\frac{y}{h \cdot \sin \alpha_p} \right)$$

The effects of the vertical force component on the ship stability particulars should be accounted, correcting the loading condition by applying a vertical load in the centreline at stern:

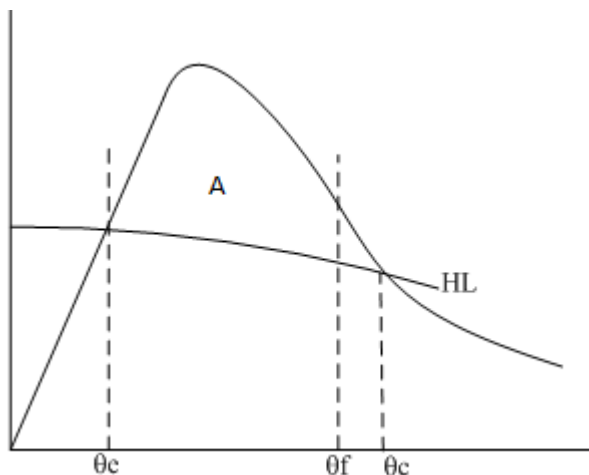
$$F_v = F_p \cdot \sin \beta$$

The heeling lever is then defined as:

$$HL_{\varphi} = \frac{M_{AH}}{\Delta_2} \cos \varphi$$

4.2 Stability criteria

The residual stability of the ship is then compared against the stability criteria. (The effects of the F_v should be considered in the stability calculations)



The residual area between the righting lever curve and the heeling lever curve (A) should not be less than 0.070 meter-radians. The maximum residual righting lever GZ should be at least 0.2 m. The static angle at the first interception φ_e should not be more than $0.5 \cdot \varphi_{max}$, or the aft deck edge immersion angle, whichever is less, but never more than 15° .

4.3 Tension limits

To define the tension limits or permissible tensions limits throughout all possible hawser directions, two different methods are proposed, a simplified method where the tension can be directly calculated from the heeling moment calculated at α_p according to the following formulation:

$$F(\alpha) = F_p ; \text{ when } \alpha \leq \alpha_p$$

$$F(\alpha) = \frac{M_{AH}}{(h \cdot \sin \alpha \cdot \cos \beta_\alpha + y_\alpha \cdot \sin \beta_\alpha)} ; \text{ when } \alpha \geq \alpha_p$$

Where:

$$\beta_\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{y_\alpha}{h \cdot \sin \alpha} \right)$$

The application of this method will require an insertion of a correction factor to account for the alterations in the residual stability of the ship due to difference of the vertical force effects throughout sideways direction (note the sample calculation results). The correction factor is still under evaluation, further studies and calculations are necessary.

4.4 Direct calculations

The direct calculation method is based on the evaluation of the residual stability of the vessel for each sideways direction. The tension limits are defined directly from the residual stability of the ship. Stability calculations have to be performed for each sideways angle (α), evaluating and optimizing the heeling levers.

5 Sample calculations

The above criteria were tested using two different AHTS, the methods to ascertain the permissible tensions were further compared. Detailed results are presented in the enclosed appendix A.

The following procedure was used:

The calculations were performed using different loading conditions defined as follows:

Light ship + (20% 40% 60% and 80%) of the deadweight
Three different initial trims (1 m forward to 1 m aft)

The KG was optimized to withstand a tension applied at 15 degrees (α)

Tension:

The two methods (simplified, direct) were used to calculate the tension limits at 30, 60 and 90 degrees (α):

- .1 each loading condition was corrected by the effects of the vertical force;
- .2 the heeling lever is defined according to the GZ-curve; and
- .3 the tension was calculated from the obtained moment.

A similar analysis was done using small variations of angle beta (+/- intervals of 5 degrees).

5.1 Results and comments

The deviations in the results of the two methods can be explained by the effects of the vertical component in the ship centre of gravity, trim and draught, these effects are particularly noted in the resulting GZ-curves.

The application of the simplified method might be a non-conservative method in lighter displacements. This tendency is inverted in the heavy displacements conditions. Therefore the introduction of a correction factor is recommended.

The insertion of a correction factor needs to be harmonized with the stability information recommendations, including the recommendations for the definition of limit stability curves.

The results are showing that the most onerous direction of the hawser for the stability of the ship is not necessarily at the angle (β) used on the heeling moment criteria but in its vicinity. The deviations found are considered of minor importance, around 1.5% in tension, which represents a minor deviation on the maximum allowed KG (see also document SLF 54/INF.10).

6 Stability curves

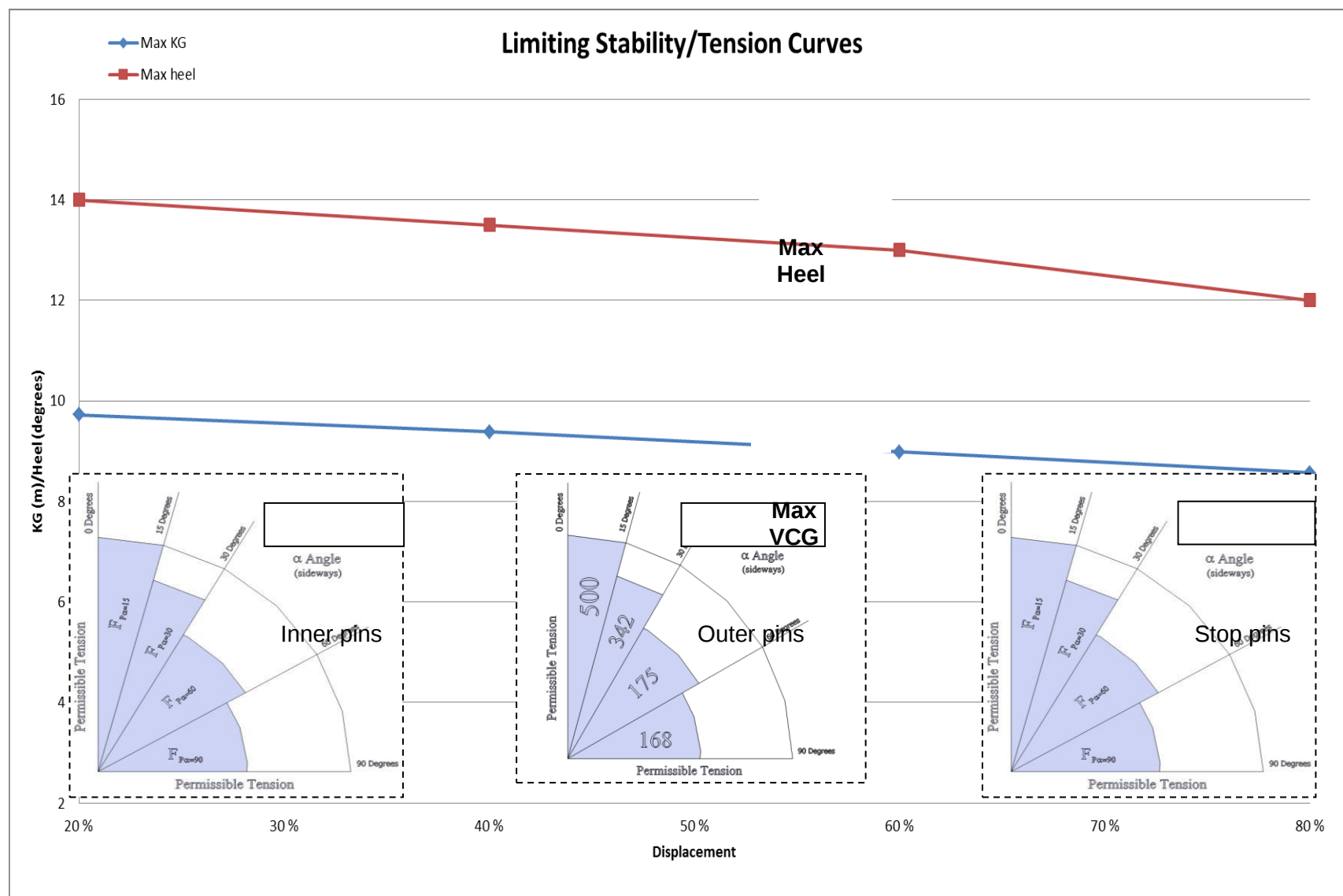
The criteria have to be harmonized with the stability information available to the officers in charge. Special requirements for calculation of stability limiting curves should be developed assembling information as, limit permissible tensions curves (dependent of sideways angle (α)) and maximum heeling angles for each set of towing pins.

The calculation of the stability limiting curves should follow a certain order, considering the following aspects:

- .1 given the constant alterations on draught and trim and centre of gravity during an anchor handling operation the stability limiting curves should be developed for the initial ship condition (before the application of external forces);
- .2 a simplification by presenting a singular stability limiting curve for all trims and draughts assembling tension limit curves for each set of towing pins may generate a more user-friendly manner to present the stability information;

- .3 a collection of anchor handling limit stability curves defined for different limit tensions may increase the flexibility of the ship (giving allowance to use higher VCGs with lower tensions); and
- .4 presentation of limit tension curves defined throughout sideways angles (α), based on working sectors or constraint colours should be evaluated as a possible recommended output.

The following example shows possible main principles to be adopted as output, defined on basis of the sample vessel 2 using the direct calculations results:



Sample Ship 2: Large anchor handler

Alpha	T _p (tonnes)
15	500.00
30	328.46
60	168.56
90	161.90

Trim -1 (fwr)

Loading Conditions	Tension 15	Tension 30	Tension 60	Tension 90	T _p /T ₃₀	T _p /T ₆₀	T _p /T ₉₀
20 %	500	342	175.5	168	1.04	1.04	1.04
40 %		363	197	190	1.11	1.17	1.17
60 %		396	227	220	1.21	1.35	1.36
80 %		394	245.5	236.5	1.20	1.46	1.46

Trim 0

Loading Conditions	Tension 15	Tension 30	Tension 60	Tension 90	T _p /T ₃₀	T _p /T ₆₀	T _p /T ₉₀
20 %	500	353	186	179	1.07	1.10	1.11
40 %		390	218	211	1.19	1.29	1.30
60 %		386.5	236.5	230	1.18	1.40	1.42
80 %		406	255.5	250	1.24	1.52	1.54

Trim 1 (aft)

Loading Conditions	Tension 15	Tension 30	Tension 60	Tension 90	T _p /T ₃₀	T _p /T ₆₀	T _p /T ₉₀
20 %	500	376	204	197	1.14	1.21	1.22
40 %		394	227	220	1.20	1.35	1.36
60 %		412.5	258	252.5	1.26	1.53	1.56
80 %					-	-	-

Load Condition								
40 %		Trim -1						
Tension 15		Tension 30		Tension 60		Tension 90		
Beta	500.00	Beta	328.46	Beta	168.56	Beta	161.90	
-10	53.58	518	45.62	375	49.88	202	46.18	194
-5	58.58	509	50.62	367	54.88	199	51.18	192
β _{max}	63.58	500	55.62	363	59.88	197	56.18	190
+5	68.58	497	60.62	361	64.88	197	61.18	191
+10	73.58	496	65.62	362	69.88	199	66.18	192
+15	78.58	494	70.62	366				
+20	83.58	496						

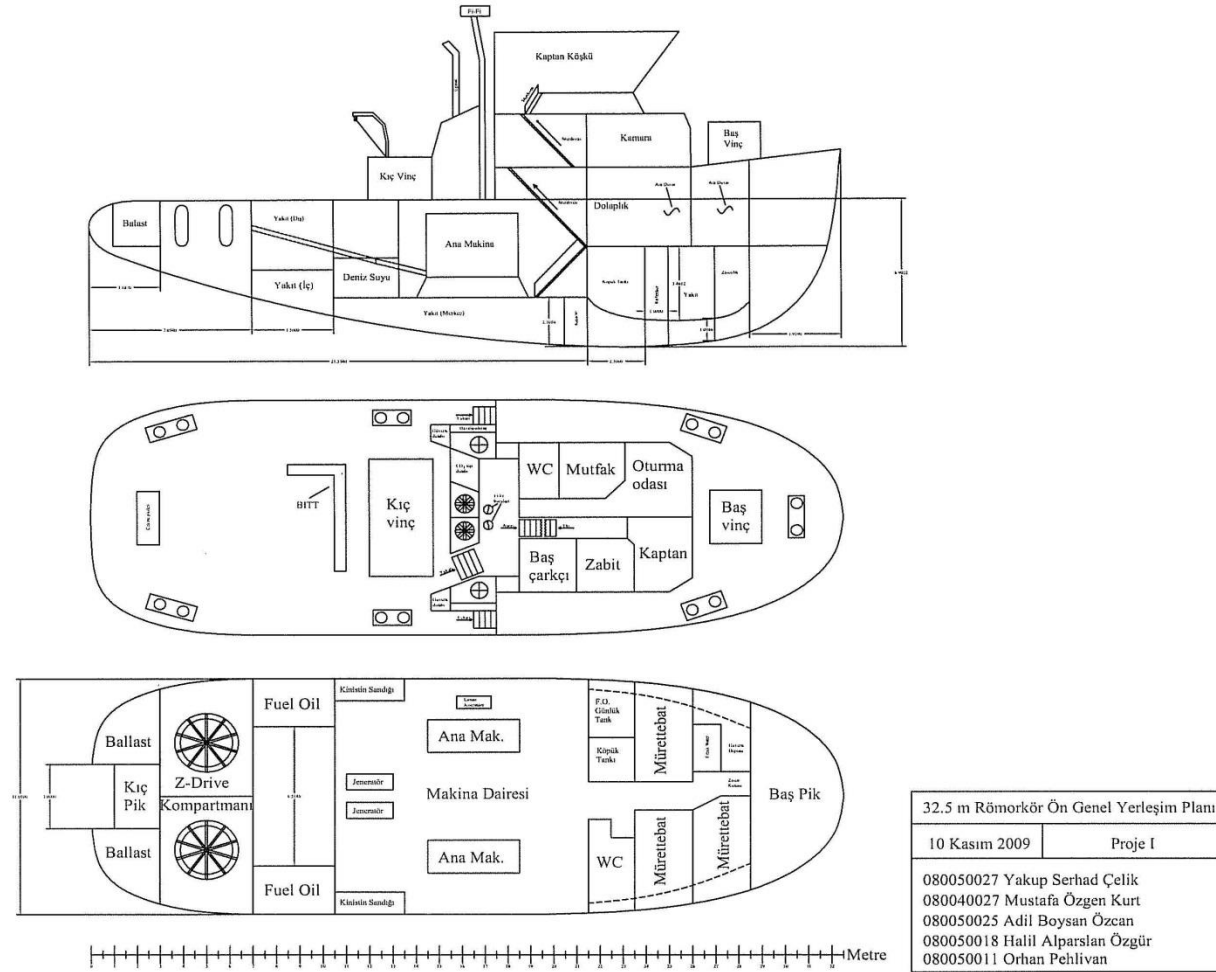
Sample Ship 8: Small anchor handler

Alpha	T _p (tonnes)
15	300.00
30	189.91
60	103.51
90	98.78

Trim -1 (fwr)							
Loading Conditions	Tension 15	Tension 30	Tension 60	Tension 90	T _p /T ₃₀	T _p /T ₆₀	T _p /T ₉₀
20 %	300	171.0	86.5	81.5	0.90	0.84	0.83
40 %		207.0	110.5	105.5	1.09	1.07	1.07
60 %		218.5	131.0	127.0	1.15	1.27	1.29
80 %		229.0	138.0	133.5	1.21	1.33	1.35
Trim 0							
Loading Conditions	Tension 15	Tension 30	Tension 60	Tension 90	T _p /T ₃₀	T _p /T ₆₀	T _p /T ₉₀
20 %	300	176.5	88.5	84.5	0.93	0.85	0.86
40 %		218.5	122.5	116.5	1.15	1.18	1.18
60 %		225.5	138	133	1.19	1.33	1.35
80 %		239	151	146	1.26	1.46	1.48
Trim 1 (aft)							
Loading Conditions	Tension 15	Tension 30	Tension 60	Tension 90	T _p /T ₃₀	T _p /T ₆₀	T _p /T ₉₀
20 %	300	196	99.5	93.5	1.03	0.96	0.95
40 %		212	127	123	1.12	1.23	1.25
60 %		228.5	141	139	1.20	1.36	1.41
80 %					-	-	-

Load Condition								
40 %		Trim -1						
		Tension 15		Tension 30		Tension 60		Tension 90
	Beta	300.00	Beta	189.91	Beta	103.51	Beta	98.78
-10	51.98	312	44.93	206	47.15	112	43.29	106
-5	56.98	305	49.93	204	52.15	111	48.29	106
β _{max}	61.98	300	54.93	206.5	57.15	110.5	53.29	105.5
+5	66.98	298	59.93	208	62.15	111	58.29	105
+10	71.98	296	64.93	210	67.15	112	63.29	107
+15	76.98	295						
+20	81.98	295						

EK B: Örnek Römorkörün Genel Planı



ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Majid Makouizad

Doğum Yeri ve Tarihi: KHOY-1984

Adres: İstanbul Teknik Üniversitesi , Gemi İnşaat ve Deniz Bilimler
Fakültesi,34469 ,Maslak , İstanbul

E-Posta: majid.makuyi@gmail.com

Lisans: İran , İsfahan Malik Ashtar Teknik Üniversitesi, Gemi İnşaat ve Gemi
Makineler Mühendisliği