

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

79752

**YOLCU/TAŞIT FERİLERİNİN YARALI STABİLİTE  
STANDARTLARININ SAĞLANMASI İÇİN YAPILMASI  
GEREKEN DEĞİŞİKLİKLER**

**Gemi İnş. ve Mak. Müh. Cantekin TUZCU**

**F.B.E. Gemi İnşaatı Mühendisliği Anabilim Dalı Gemi İnşaatı Mühendisliği Programında  
Hazırlanan**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

*Abdi Kükner*  
Prof. Dr. Abdi KÜKNER

79152

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Ahmet Dursun ALKAN**

*Doç. Dr. Ahmet D. ALKAN*  
Doç. Dr. Ahmet D. ALKAN

*Doç. Dr. Mesut Güner*  
Doç. Dr. Mesut Güner

**İSTANBUL, 1998**

## İÇİNDEKİLER

Sayfa

|                                                                        |      |
|------------------------------------------------------------------------|------|
| SİMGE LİSTESİ .....                                                    | i    |
| KISALTMA LİSTESİ .....                                                 | iii  |
| ŞEKİL LİSTESİ .....                                                    | iv   |
| ÇİZELGE LİSTESİ .....                                                  | vi   |
| ÖNSÖZ .....                                                            | vi   |
| ÖZET .....                                                             | vii  |
| ABSTRACT .....                                                         | viii |
| 1. GİRİŞ .....                                                         | 1    |
| 1.1 Genel .....                                                        | 1    |
| 1.2 Bölmelendirme ve Yaralı Gemi Stabilitesi .....                     | 2    |
| 1.3 Standartlara Neden İhtiyaç Var? .....                              | 4    |
| 1.4 Roll-on/Roll-off Gemileri .....                                    | 6    |
| 1.4.1 RoRo gemilerinde kullanılan özel ekipmanlar .....                | 7    |
| 1.4.2 Araba ferileri .....                                             | 11   |
| 1.4.3 Çoklu yük sistemleri .....                                       | 12   |
| 2. BU KONUDA YAPILAN ÇALIŞMALAR .....                                  | 13   |
| 2.1 Yaralı Gemi Stabilitesinin Tarihi Gelişimi .....                   | 13   |
| 3. YARALANMANIN GEMİ ÜZERİNDEKİ TEMEL ETKİLERİ .....                   | 16   |
| 3.1 Yaralanmanın Boyu ve Yeri .....                                    | 16   |
| 3.2 Su Baskınının Geminin Yüzmesine Etkisi .....                       | 17   |
| 4. BÖLMELENDİRME VE YARALI GEMİ STABİLİTESİ HESAPLAMA YÖNTEMLERİ ..... | 20   |
| 4.1 Gemilerin Bölmelendirilmesi .....                                  | 20   |
| 4.2 Yaralı Gemi Stabilitesi Hesaplama Yöntemleri .....                 | 21   |
| 5. ULUSLARARASI STABİLİTE KURALLARI .....                              | 22   |
| 5.1 SOLAS Kuralları .....                                              | 22   |
| 5.1.1 SOLAS 1992 değişiklikleri .....                                  | 25   |
| 5.1.2 SOLAS 1995 değişiklikleri .....                                  | 27   |
| 5.1.3 Deterministik stabilite kurallarının zayıf noktaları .....       | 29   |

|         |                                                                             |    |
|---------|-----------------------------------------------------------------------------|----|
| 5.2     | Olasılık Hesaplarına Dayalı Yöntem .....                                    | 31 |
| 5.2.1   | Enine perdeler ile bölmelendirme .....                                      | 33 |
| 5.2.2   | Enine ve boyuna perdeler ile bölmelendirme .....                            | 35 |
| 5.2.3   | Yatay perdeler ile bölmelendirme .....                                      | 36 |
| 5.2.4   | Olasılık yönteminde kullanılan faktörler ve indeks "A"nın hesaplanması .... | 36 |
| 5.2.5   | Olasılık hesaplarına dayalı yöntemin zayıf tarafları .....                  | 38 |
| 5.3     | Stockholm Bölgesel Antlaşması .....                                         | 39 |
| 5.3.1   | Güvertedeki ilave su birikimini hesaplama yöntemi .....                     | 41 |
| 5.3.2   | Performans esaslı kriter .....                                              | 44 |
| 5.3.2.1 | Test yöntemi .....                                                          | 45 |
| 5.3.3   | Stockholm antlaşmasının zayıf tarafları .....                               | 46 |
| 6.      | TOPLAM STABİLİTE DEĞERLENDİRMESİ .....                                      | 49 |
| 6.1     | Kullanılan Algoritma .....                                                  | 49 |
| 6.2     | Değerlendirme Yöntemi .....                                                 | 51 |
| 6.2.1   | Kavram olarak uygulanabilirliği .....                                       | 52 |
| 6.2.2   | Tesisinde karşılaşılabilecek zorluklar .....                                | 52 |
| 6.2.3   | İşletim ömrü .....                                                          | 52 |
| 6.2.4   | Taşıma kapasitesine etkisi .....                                            | 53 |
| 6.2.5   | Güvenilirlik ve bakımı .....                                                | 53 |
| 6.2.6   | Acil durum kullanımı .....                                                  | 54 |
| 6.2.7   | Mürettebat .....                                                            | 54 |
| 6.2.8   | Edinme ve tesis zamanı .....                                                | 54 |
| 6.2.9   | Maliyet .....                                                               | 55 |
| 7.      | RoRo FERİLERİNİN STABİLİTELERİNİN GELİŞTİRİLME YÖNTEMLERİ .....             | 56 |
| 7.1     | Sualtı Formunun Düzeltilmesi .....                                          | 56 |
| 7.1.1   | Tekne formunun değiştirilmesi .....                                         | 56 |
| 7.1.2   | Stabilite arttırıcı ekipmanlar .....                                        | 58 |
| 7.2     | Stabilite arttırıcı ekipmanlar .....                                        | 58 |
| 7.2.1   | Tekne formunun değiştirilmesi .....                                         | 58 |
| 7.2.2   | Sephiye kazandırıcı yapılar .....                                           | 60 |
| 7.3     | Araba Güvertesinin Değiştirilmesi .....                                     | 60 |
| 7.3.1   | Fribordun arttırılması .....                                                | 60 |
| 7.3.2   | Profil güverteler .....                                                     | 60 |
| 7.4     | Güverteden Baskın Suyunun Uzaklaştırılması .....                            | 61 |
| 7.4.1   | Suyun dahili olarak güverteden uzaklaştırılması .....                       | 61 |
| 7.4.2   | Kontrollü washportlar .....                                                 | 61 |
| 7.5     | Dahili Sephiye Kazandırıcı Yapılar .....                                    | 62 |
| 7.5.1   | Sephiye kazandırıcı yan tanklar .....                                       | 62 |
| 7.5.2   | Sephiye kazandırıcı üst yapılar .....                                       | 63 |
| 7.6     | Harici Sephiye Kazandırıcı Yapılar .....                                    | 63 |
| 7.6.1   | Yapısal destekleyiciler .....                                               | 63 |
| 7.6.2   | Şişme destekleyiciler .....                                                 | 65 |
| 7.7     | Araba Güvertesinde Bölmelendirme .....                                      | 66 |

|                 |                                                                |    |
|-----------------|----------------------------------------------------------------|----|
| 7.7.1           | Enine ve boyuna bariyerler .....                               | 66 |
| 7.7.2           | Casing uygulamaları .....                                      | 67 |
| 7.8             | Su Geçirmez Üst Yapılar .....                                  | 69 |
| 7.9             | Çarpışmaya Dayanıklı Yapılar .....                             | 70 |
| 8.              | ÖRNEK UYGULAMA .....                                           | 72 |
| 8.1             | Başlangıç Hesaplamaları .....                                  | 72 |
| 8.2             | Olasılık Yöntemine Göre Hesaplar .....                         | 73 |
| 8.3             | SOLAS Hesaplamaları .....                                      | 73 |
| 8.4             | Standart Arttırıcı Yöntemler .....                             | 75 |
| 8.4.1           | Harici ilave sephiye kazandırıcı .....                         | 75 |
| 8.4.2           | Araba güvertesinde bir enine bariyer ve ilave yan casing ..... | 76 |
| 8.4.3           | Alternatif yöntemlerin karşılaştırılması .....                 | 77 |
| 8.5             | SOLAS'90+50 Hesaplamaları .....                                | 77 |
| 8.6             | Nümerik Simülasyonlar ve Model Testi .....                     | 78 |
| 8.7             | Sonucun Değerlendirilmesi .....                                | 80 |
| 9.              | SONUÇLAR ve ÖNERİLER .....                                     | 81 |
| KAYNAKLAR ..... |                                                                | 83 |
| ÖZGEÇMİŞ .....  |                                                                | 85 |

## SİMGE LİSTESİ

|                    |                                                                                                                  |
|--------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| a                  | Yaralanmanın merkez konumunun verilen bir noktada olma olasılığını içeren faktör                                 |
| A/Amax             | Olasılık yöntemine göre hesaplanan RoRo gemilerinin güvenlik değerlerinin göreceli olarak değerlendirildiği oran |
| B <sub>dış</sub>   | Yaralanmada dikkate alınan ilk boyuna perdenin bordadan uzaklığı                                                 |
| B <sub>iç</sub>    | Yaralanmada dikkate alınan son boyuna perdenin bordadan uzaklığı                                                 |
| BL                 | Kaide hattı (Base Line)                                                                                          |
| $\overline{BM}$    | Metasantr (Metacenter) yarı çapı                                                                                 |
| C <sub>ad</sub>    | Güverteadaki ilave suyun hacim merkezi                                                                           |
| C <sub>s</sub>     | Servis kriteri                                                                                                   |
| dA                 | İndekse bir yaralanma bölgesinden gelen katkı                                                                    |
| $\Delta$           | Gemi deplasmanı                                                                                                  |
| f                  | Fribord değeri                                                                                                   |
| F                  | Bölmelendirme faktörü                                                                                            |
| F <sub>WL</sub>    | Yüzme su hattının alan merkezi                                                                                   |
| G                  | Geminin ağırlığı                                                                                                 |
| $\overline{GM}$    | Metasantr (Metacenter) yüksekliği                                                                                |
| $\overline{GZ}$    | Doğrultucu moment kolu                                                                                           |
| GZ <sub>maks</sub> | Doğrultucu moment kolunu maksimum değeri                                                                         |
| h                  | Güverteadaki ilave su yüksekliği                                                                                 |
| H                  | Yaralanmanın yüksekliği                                                                                          |
| H <sub>max</sub>   | Efektif olarak dikkate alınacak en yüksek bölmelendirme perdesinin kaide hattından yüksekliği                    |
| H <sub>s</sub>     | Karakteristik dalga yüksekliği                                                                                   |
| $\overline{KB}$    | Sephiye merkezinin kaide hattından yüksekliği                                                                    |
| $\overline{KM}$    | Metasantrın kaide hattından yüksekliği                                                                           |
| $\overline{KG}$    | Ağırlık merkezi yüksekliği                                                                                       |
| L                  | Gemi boyu                                                                                                        |
| L <sub>bp</sub>    | Dikeyler arası boy                                                                                               |
| LCG                | Gemi ağırlık merkezinin boyuna merkezi                                                                           |
| L <sub>f</sub>     | Yaralanma boyu                                                                                                   |
| L <sub>s</sub>     | Bölmelendirmede esas alınan gemi boyu                                                                            |
| p                  | Yaralanmanın boylamasına uzantısının olasılık faktörü                                                            |
| P                  | İlave suyun ağırlığı                                                                                             |
| PSA                | Pozitif stabilite aralığı                                                                                        |
| r                  | Yaralanmanın bordadan içeriye nüfuzu                                                                             |
| r <sub>dış</sub>   | Yaralanmanın bordadan, ilk boyuna perdeye kadar gelme olasılığı                                                  |
| r <sub>iç</sub>    | Yaralanmanın bordadan, son boyuna perdeye kadar gelme olasılığı                                                  |
| s                  | Kurtulabilme faktörü                                                                                             |
| T <sub>p</sub>     | Dalga tepesi periyodu                                                                                            |
| v                  | Yaralanmanın üst limiti                                                                                          |
| v <sub>alt</sub>   | Yaralanmanın kaide hattından ilk yatay perdeye kadar gelme olasılığı                                             |
| v <sub>üst</sub>   | Yaralanmanın kaide hattından son yatay perdeye kadar gelme olasılığı                                             |
| WL <sub>0</sub>    | İlk yüzme su hattı                                                                                               |
| WL                 | İlave su yüksekliğinden sonraki yüzme su hattı                                                                   |

|        |                                                                                      |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| $x_1$  | Yaralanmada dikkate alınan bölgenin kış terminale olan en yakın boylamasına mesafesi |
| $x_2$  | Yaralanmada dikkate alınan bölgenin kış terminale olan en uzak boylamasına mesafesi  |
| $w_t$  | Draft değerine göre değişen ağırlık faktörü                                          |
| $Y_b$  | Yaralanmanın boyu                                                                    |
| $Y_d$  | Yaralanmanın bordadan dik olarak merkez hattına doğru nüfuzu                         |
| $\phi$ | Meyil açısı                                                                          |



**KISALTMA LİSTESİ**

|        |                                                       |
|--------|-------------------------------------------------------|
| IMCO   | Inter-governmental Maritime Consultative Organisation |
| IMO    | International Maritime Organisation                   |
| MARPOL | Marine Pollution                                      |
| MSC    | Marine Safety Committee                               |
| MCA    | Marine Coastguard Ageancy                             |
| RoRo   | Roll-on / Roll-off                                    |
| SOLAS  | Safety Of Life At Sea                                 |



## ŞEKİL LİSTESİ

|            | Sayfa                                                                                           |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Şekil 1.1  | Tipik RoRo ekipmanları ..... 8                                                                  |
| Şekil 1.2  | Kıç kapıdan uzanan döner rampa ..... 9                                                          |
| Şekil 1.3  | Tren vagonlarının yüklenmesi .....10                                                            |
| Şekil 1.4  | Makas kaldırıcı, asansör ve rampa ..... 11                                                      |
| Şekil 1.5  | Çoklu yük taşıyıcı bir RoRo .....12                                                             |
| Şekil 3.1  | GZ Eğrisinin fribord değerine göre değişimi ..... 18                                            |
| Şekil 5.1  | $\overline{GZ}$ Eğrisi parametreleri ..... 24                                                   |
| Şekil 5.2  | Yaralanma kriterleri ..... 26                                                                   |
| Şekil 5.3  | SOLAS stabilite standartlarının yıllara göre değişimi ..... 27                                  |
| Şekil 5.4  | Olası yaralanma durumlarının diyagram yardımı ile gösterilmesi ... 33                           |
| Şekil 5.5  | Çeşitli kompartıman yada kompartıman grubu sınırlarının gösterimi ..... 35                      |
| Şekil 5.6  | Hs dağılımı haritası ..... 40                                                                   |
| Şekil 5.7  | Stockholm Antlaşması ..... 42                                                                   |
| Şekil 5.8  | Stockholm Antlaşmasına göre ilave su yüksekliğinin konulması.....43                             |
| Şekil 5.9  | Model havuzunun genel görünüşü ..... 48                                                         |
| Şekil 6.1  | Kontrol ve karar prosedürü ..... 50                                                             |
| Şekil 7.1  | Su üstü formunun değiştirilmesi ..... 59                                                        |
| Şekil 7.2  | Flar ilave edilmiş bir ferinin kesit görünüşü ..... 59                                          |
| Şekil 7.3  | Harici sephiye kazandırıcı destekleyici yapılar ilave edilmiş bir ferinin form planı ..... 64   |
| Şekil 7.4  | Sephiye kazandırıcı harici yapılara göre tekne formunun değişimi ..... 64                       |
| Şekil 7.5  | Açık RoRo güvertesinde suyun ulaşabileceği alan ..... 66                                        |
| Şekil 7.6  | Merkezi casing kullanımı ..... 67                                                               |
| Şekil 7.7  | Merkezi casing ve bariyerlerin beraber kullanımı ..... 67                                       |
| Şekil 7.8  | Yan casing kullanımı ..... 68                                                                   |
| Şekil 7.9  | “B/5” Yaralanma nüfuzuna göre yan casing kullanımı ..... 68                                     |
| Şekil 7.10 | Açık güverteli dizayna karşı yan casing uygulamasının GZ eğrileriyle karşılaştırılması ..... 69 |
| Şekil 8.1  | RoRo-A’nın araba güvertesi ..... 73                                                             |
| Şekil 8.2  | Araba güvertesinde yapılan değişiklikler ..... 76                                               |
| Şekil 8.3  | RoRo-A’nın 1:35 ölçekli modeli ..... 79                                                         |
| Şekil 8.4  | Modelin 2-3 nolu kompartımanlarının testi ..... 80                                              |

## ÇİZELGE LİSTESİ

|             | Sayfa                                                                                                                                       |
|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Çizelge 5.1 | Mevcut ferilerin standartlarının MSC.12(56) standartlarına yükseltilmesi için verilen takvim ..... 25                                       |
| Çizelge 5.2 | İki kompartıman standartları uygulanan ferilerin A/Amax değerlerine göre SOLAS'90 standartlarına yükseltilmesi için verilen takvim ..... 28 |
| Çizelge 5.3 | Tek kompartıman standartları uygulanan ferilerin A/Amax değerlerine göre SOLAS'90 standartlarına yükseltilmesi için verilen takvim ..... 28 |
| Çizelge 5.4 | Tek kompartıman standartları uygulanan ferilerin yolcu sayısına göre SOLAS'90 standartlarına yükseltilmesi için verilen takvim ..... 28     |
| Çizelge 5.5 | Yaralanma parametreleri ve ilgili faktör tanımı ..... 32                                                                                    |
| Çizelge 5.6 | dA'nin hesaplanmasında kullanılan faktörler ..... 37                                                                                        |
| Çizelge 5.7 | A/Amax değerlerine göre mevcut RoRo ferilerin Stockholm Antlaşmasına uyma takvimi ..... 42                                                  |
| Çizelge 7.1 | RoRo ferilerinin stabilitelerinin geliştirilmesinde kullanılan çözümler ..... 57                                                            |
| Çizelge 8.1 | RoRo-A'nın ana boyutları ..... 72                                                                                                           |
| Çizelge 8.2 | RoRo-A'nın başlangıç SOLAS'90 hesaplamaları ..... 74                                                                                        |
| Çizelge 8.3 | SOLAS'90 Standartları ..... 74                                                                                                              |
| Çizelge 8.4 | İlave destekleyici yapı için SOLAS'90 hesaplamaları ..... 76                                                                                |
| Çizelge 8.5 | Araba güvertesinde bir su geçirmez bariyer için SOLAS'90 Hesaplamaları ..... 77                                                             |
| Çizelge 8.6 | Araba güvertesinde bir su geçirmez bariyer için SOLAS'90+50 Hesaplamaları..... 78                                                           |

## ÖNSÖZ

Bu tezin denizdeki can güvenliğini artırıcı çalışmaların artırılması ve özellikle RoRo işletmecilerinin karşı karşıya kaldıkları yeni standartlar konusunda yardımcı olacağına inanılmaktadır.

Yazar özellikle yardımlarından dolayı Doç.Dr. Ahmet Dursun Alkan'a teşekkürler eder.

Ayrıca çalışmanın yapılmasında, Strathclyde Üniversitesi Gemi Stabilité Araştırma Merkezinin sağladığı sınırsız destek ve imkanlardan dolayı Prof. Dracos Vassalos ve Dr. Osman Turan'a teşekkür ederim.

Yüksek lisans programım boyunca ve yurt dışında bulunduğum sürede bana pek çok konuda yardım ve desteklerini esirgemeyen Yük. Gemi İnş. Müh. İsmail Bayer'e teşekkür ederim.

Her zaman için bana destek olan ve güvenen aileme bu desteklerinden dolayı teşekkür ederim.

Cantekin TUZCU

## ÖZET

Bu çalışma RoRo ferilerinin stabilitelerinin değerlendirmesi için oldukça etkili bir yöntem sunmaktadır. Tez RoRo gemilerinin güvenliği problemlerinin yanında yakın zamanda yapılan çalışmalar ve getirilen kuralları özet olarak vermektedir. Stabiliteler ve güvenliğ hesaplamalarında kullanılan yöntemlerden de kısaca bahsedilmektedir. RoRo yolcu ferilerinin standartlarının artırımı için kullanılan çözüm önerilerinin yaratılması ve karşılaştırılması için bir araştırma yapılmıştır. Çeşitli standart artırıcı dizayn ve işletim yöntemleri ve bunların gemi performansına olan teknik ve ekonomik etkilerinin değerlendirilmesi incelenmiştir. Bu çalışmada uygulanan yöntem, güvenliğ seviyesinin değerlendirilmesi ve maliyet/güvenlik yönünden efektif çözümleri içermektedir; yöntem “Toplam Stabiliteler Değerlendirmesi” olarak adlandırılmaktadır. Geliştirilen yöntem bir RoRo ferisine uygulanmış ve elde edilen sonuçlar tartışılmıştır.

**Anahtar kelimeler :** RoRo gemisi, SOLAS, stabilite artırıcı uygulamalar, stabilite standardı, Stockholm Antlaşması, model testi, yaralı gemi stabilitesi.



## ABSTRACT

This research introduces an attractive approach to assess stability of RoRo vessels. The thesis outlines the problems related to RoRo safety, as well as recent development and current safety regulations in force. Methods used to determine stability and safety are given briefly. A research has been carried out in order to create and compare solutions for improving the survivability of RoRo passenger ships. An investigation upon the design and the operation of a range of retrofit options and their influence on the technical and economic performance of a vessel. The method adopted combines both assessment of level of safety and cost-effective/safety-effective solutions to enhance the safety of a given vessel. The adopted approach, so-called “Total Stability Assessment”, has been applied to a sample vessel.

**Keywords :** damage stability, model experiment, retrofit, RoRo vessels, Roll-on/Roll-off, SOLAS, stability standard, Stockholm Agreement.



## 1. GİRİŞ

### 1.1 Genel

Dünya ticaret hacminin gelişmesi ve gelişmeye devamı denizcilik sektöründe de teknolojinin gelişmesi ve yeni fikirlerin ortaya çıkma ve uygulanmasını hızlandıran bir etkidir. Ticari baskılar ve pazardaki rekabet nedeni ile daha büyük miktarda kargo ve daha fazla sayıda yolcunun hızlı bir şekilde taşınması, aynı zamanda can ve mal güvenliğinin de artırılması temel amaçlar olarak sayılabilir. Bu noktadan hareketle uzun sürelerdir uygulanan geleneksel denizcilik yöntemlerinin yanı sıra pek fazla tecrübe edilememiş yeni fikirler ve dizaynlar hızla dünya denizlerinde seyretmeye başlarken, yeni denizcilik boyutları ve konuları oluşturulmaktadır.

Dünya denizlerinde yaşanan bu gelişmeler, gemilerin taşıdığı kargo ve insan hayatına yeni riskler getirmiş ve getirmektedir. Bu gelişmelere liderlik edecek, en azından takip edecek yeni standartların geliştirilmesi kimi zaman gerektiğinden geç ve yavaş olmaktadır.

Deniz taşımacılığı her ne kadar diğer ulaşım yollarına göre çok daha güvenli olsa da, yolcu gemilerinde yaşanan tek bir kaza ile yüzlerce bazen binlerce hayatın kaybı olaylarından dolayı her zaman için kamuoyunun haklı tepkilerini büyük şekilde çekmektedir. Ayrıca kaybedilen her bir insan hayatının bedeli hiç bir şeyle ölçülemez. Kargo gemilerinde bile az sayıdaki risk altındaki mürettebatın hayatı da kaybedilen malın değeri ile hiç bir zaman ölçülmemelidir.

Günümüzde giderek artan çevre bilinci ile dünya denizlerinin deniz kazalarından dolayı kirlenmesi ve ekolojik dengenin bozulması büyük tepkiler almaktadır. Sonuç olarak gemi inşaatçıları ve tasarımcıları klasik anlamdaki ekonomik ve ticari felsefelere odaklanmış dizayn hesaplamalarını genişleterek her türlü güvenlik konularının da dikkate alındığı yeni dizayn yöntemleri geliştirmeye başlamışlardır.

Sonuçta gemi inşaatçıları ve tasarımcıları mevcut dizayn yöntemleri ötesine geçerek gemilerin güvenliğinin daha da geliştirilmesi için yeni yöntemler aramaya başlamışlardır. Gelişen bilgisayar teknolojisi yardımı ile geminin hareketlerinin analizi daha kolay yapılır hale gelmiştir. Böylece önerilen standart artırıcı çözümlerin nümerik modelleri, önce bilgisayar ortamında yapılmaktadır. Bu sayede yeni dizayn fikirleri gemiye uygulanmadan önce; ucuz ve hızlı bir şekilde geliştirilmektedir. Bunun getirdiği avantajların farkında olan yeni kuşak gemi inşaatçıları ve tasarımcıları tarafından kullanılan yöntemlerin hemen hepsi bilgisayar ortamında uygulanmaktadır.

RoRo ferri taşımacılığında görülen değişiklik, günümüzde uluslararası alanda kabul görmüş standartların mevcut teknelere de uygulanmaya başlanmasıdır. Mevcut teknelerin güvenlik seviyelerinin ölçülmesi ve zayıf noktalarının güçlendirilmesi gibi bir çalışma sahası oluşmuştur.

Temelde, mevcut gemilerin standartlarının belirlenmesi ve geliştirilmesi çalışmalarında kullanımdaki yeni gemi dizayn yöntemlerinin yanı sıra geminin yapısına ve işletim amaçlarına uygun alacak çözümlerin bulunması için yeni yöntemlerin de geliştirilmesi gerekmektedir.

## **1.2 Bölmelendirme ve Yaralı Gemi Stabilitesi**

Bütün gemiler ve genel olarak yüzen yapılar, yaralanma, karaya oturma, veya iç yapısal bünyesindeki bir bozulma ile teknenin su geçirmez bütünlüğünün kaybolması halinde, batma riski ile karşı karşıya kalırlar. Bu tür kazaların olma olasılığına karşın, dizayn aşamasında alınabilecek tedbirlerdeki yetersizlikler, gemilerin batma olasılıklarının her zaman için yüksek olmasının temel nedenlerdendir. Bunu yanında gemi operasyonundaki insan hataları ve aşırı deniz koşullarının etkileri her zaman için önemli yer tutmuş ve yazarın görüşüne göre bu etkiler sıfıra indirgenemeyeceğinden ileride de önemli yer teşkil edeceklerdir.

En etkili korunma yöntemi hiç kuşkusuz ki enine ve/veya boyuna ve yatay (ticari gemilerde çift-dip, savaş gemilerinde su geçirmez güverteler) olarak yerleştirilen devamlı

su geçirmez bölmelendirme perdeleri yardımıyla olmaktadır. O halde araştırılması gereken geminin nasıl bölmelendirilmesidir. Cevaplanması gerekli sorular: “Kaç adet su geçirmez bölme kullanılmalı? ”, “Bölmelendirme perdeleri nereye konulmalı?” dir.

Gemi teknesinin su ile dolmasından dolayı geminin tamamen kaybına iki temel olay neden olabilir; bunlardan birincisi, yaralanma sonucunda oluşan büyük trim açısı ile geminin kırılarak batması, ikincisi de büyük miktardaki yan yatırıcı moment ve/veya transverse stabilitenin tamamen kaybolarak geminin devrilmesidir.

Şunu da ifade etmek gerekir ki gemi kayıplarının arkasında çok sayıda değişik etkenler vardır. Pek çok bilinmeyen kötü etkenin bir araya gelmesinden sonra birde geminin yaralı stabilitesinin yetersiz kalması kaybı için yeterli koşulları oluşturmaktadır. Bütün bunlara ilave olarak, yaralanma sonunda kaptanın, elinde hazır bulunması gerekli yaralı stabilite hesaplarının ışığında, alacağı önlemlerde başarılı olamaması yada gecikmesi bu olayı hızlandıran bir etken olacaktır.

Geminin dizayn aşamasında, seyri boyunca karşılaşacağı durumlar, yaralanma senaryolarıda dahil, iyi bir şekilde hesaplana bilmeli ki dizayn başarılı olsun. Bu nedenle yapılacak her bir yapısal değişikliğin, geminin yaralı stabilitesini nasıl etkileyeceğinin tespiti de başarılı bir dizayn için bir anahtar konudur. İdeal olarak bölmelendirilmiş bir gemi gerçekte ekonomik değerlere ve işletim hedeflerine uymamasından dolayı kabul edilemez bir dizayn olabilir. Sonuçta ne kadar çok bölmelendirme o derecede iyi bir dizayn felsefesinin direkt olarak kabulü yanlıştır.

Gemi bölmelendirmesini etkileyen iki önemli unsur vardır. Bunlar sırayla: bölmelendirmeyeyle gelen **maliyet** ve bölmelendirmeyeyle ulaşılan stabilitenin sağladığı **güvenlik**'tir. Bu iki temel etken, *maliyet* ve iyi bir stabilite ile sağlanan yüksek *güvenlik* bir optimumdan ziyade uygun, kabul edilebilir bir seviyede bir araya getirilmelidir. Zaten güvenlik olgusunun mutlak bir tanımı (seviyesi) olmadığından optimum bir seviyeden de bahsedilemez. Güvenli dizayn demek de yanlış olabilir. Amaç daha güvenli gemilerin dizaynıdır.

Gemi sahibi ve işletmecisinin her bir fazla maliyetden duyduğu ticari kaygıları karşısında kamuoyu ve çevre korumacılar denizlerde meydana gelen can ve mal kayıpları ve deniz kirlenmesi karşısında seslerini yükseltmektedir. Günün teknolojik desteği ve güvenlik faktörünün uluslararası alandaki tarihi gelişiminin getirdiği standartlar bütünlüğü altında, denizlerdeki can ve mal güvenliği kontrol altına alınarak, “güvenlik” ve “maliyet” istenilen seviyede bir araya getirilebilir. Böylece göreceli olarak bir güvenlik kavramı ile diğer dizayn kavramları beraber değerlendirilebilir.

Yazar özellikle RoRo yolcu ve araba ferilerinin yaralı stabilite problemlerinin belirlenmesi ve geliştirilmesi konusunda çalışmalar yapmıştır. İlerki bölümlerde mevcut uluslararası yaralı gemi standartları incelenmiş, uygulamaya yeni giren standartların eski gemilere uygulanması ve gemilerdeki zayıf stabilitenin geliştirilmesinde kullanılan yöntemlerde örnekler ile verilmiştir.

### 1.3 Standartlara Neden İhtiyaç Var?

Standartlar temelde, yaptırımların uygulanmasında her sektör üyesine eşit davranılması sağlanarak, o sektördeki kalitenin artırılmasını amaçlamaktadır. Her ülke kendi karasularında taşınan, mal ve can güvenliğinin belirli bir seviyede tutularak yapılmasını sağlamak amacıyla standartlar yürürlüğe sokmaktadır. Uluslararası alanda görüş birliğinin sağlanması halinde bu kurallar uluslararası platformda uygulamaya girmektedirler.

Güvenlik standartlarının artırılması karşılığında geminin ilk maliyet ve işletim değerlerinde de artış görülmekte. Buda güvenlik kavramının belirli bir seviyede tutulmasını gerektirmektedir. Böylece denizcilik sektörünün ulusal yada uluslararası alanda varmış olduğu denge noktasında standartlar geliştirilmiş olmaktadır.

Teknolojik gelişmelerin ışığı altında pek çok standardında geliştirilmesi yada değiştirilmesi gerekmektedir. Örneğin temel stabilite değerlerinden olan  $\overline{GM}$  metasantr yüksekliğinin stabilitenin artırılması amacı ile yüksek tutulması düşünülürken yolcu gemilerinde yalpa hareketinde büyük ivmelere neden olmasından dolayı yolcu konforunun bozulmasına

sebeup olmaması için bu değerin sınırlandırılması gerekli iken, geliştirilen aktif yalpa kontrol mekanizmaları ile bu problem bir ölçüde ortadan kalkmıştır.

Savaş gemilerinde ise bölmelendirme ve yaralı gemi stabilitesi ayrı bir önem arz etmektedir. Savaş gemisinin düşman ile çatışma esnasında yaralanmadan sonra dahi yüzebilirliğini koruyarak görevine devamı istenmektedir. Bu nedenle bu türlü hizmet teknelerinin bölmelendirilme standartları ticari gemilere göre oldukça farklıdır.

Her geminin hizmet verdiği alan farklı olduğundan geminin dizayn özellikleri ve işletimi de farklı olmaktadır. Her gemi türünün kendine özgü bu farklılığından dolayı doğal olarak gemiden gemiye standartlarda da farklılık görülmektedir. Günümüzde uluslararası alanda ticari gemilere uygulanan stabilize kuralları genel olarak iki ana başlık altında toplanmaktadır; *Yolcu Gemileri* ve *Kargo Gemileri*. Bu tezin kapsamı içersine sadece yolcu gemileri sınıfından RoRo yolcu/araba ferileri alınmış fakat yeri geldikçe karşılaştırma amacı ile "Kargo" gemilerinden de kısaca bahsedilmektedir.

Özellikle RoRo yolcu/araba ferilerinde son zamanlarda yaşanan hayat kayıpları ile sonuçlanan kazalardan sonra bu türlü gemilerin standartları ile yeni standartların getirilmesi denizcilik dünyasında üzerinde en çok konuşulan konulardan birisi olmuştur. Bu tür gemilerin kolayca kaybedilmesinin ardındaki sebeplerin belirlenmesi ve bu doğrultuda gerekli önlemlerin alınması üzerine pek çok çalışma yapılmış ve yapılmaktadır. Yapılan çalışmaların getirdiği sonuçların hayata geçirilmesi ve gerekli güvenlik seviyesinin yükseltilmesi için her gemi sahibinin ve tasarımcının uygulaması için kimi zaman zorunluluk kimi zamanda tavsiye niteliğinde kurallar getirilmektedir.

RoRo gemilerinin yapısal özelliklerinden dolayı (bölmelendirilmemiş geniş araba güvertesi) dalgalı denizde güverteye su toplanmasıyla stabilitelerini çok kolay kaybetmektedirler. Buda bu gemileri güvertede biriken su miktarına karşı çok hassas hale getirmektedir. Özel bir durum teşkil eden bu hassas noktalarından dolayı RoRo gemilerinde yaşanan felaketlerin bir daha tekrar edilmemesi için, bilinen bu zayıf noktalarının düzeltilmesi gereklidir.

Yapılan araştırmalar sonunda geliştirilmesi gerekli olarak bulunan noktaların ve çözümlerinin kullanıcılara ulaştırılması belkide en önemli ve zorlu işlerden birisi olmaktadır. Çok iyi teoriler ve yöntemler geliştirilebilir ancak bunlar hayata geçirilemedikten sonra problemler her zaman tekrarlanacaktır. Bu nedenlerden RoRo gemileri için gerekli çözümlerin uygulanması için özel standartlara ihtiyaç duyulmaktadır. Standartlara işte bu noktada ihtiyaç vardır; her bir ferinin zayıf stabilitesinin geliştirilmiş olması ve gemi kayıplarının en aza indirilmesi gerekir.

#### **1.4 Roll-on /Roll-off Gemileri**

Roll-on/Roll-off (RoRo) sistemi deniz taşımacılığına uygulanmaya başlanması ile dünya ticareti alanında yeni bir boyut açmıştır. Deniz taşımacılığında yeni kargo taşıma teknikleri geliştirilmeye başlandı. RoRo taşımacılık sistemi konteyner gemileri ile aynı zamanlarda uygulamaya gelmiş ve sağladığı avantajlardan dolayı geniş ölçüde ilgi görmüştür. Günümüzde özellikle yakın sahil taşımacılığında çok geniş ve büyüyen bir sistem olarak önemi artmaktadır. Özellikle Avrupa'da yakın sahiller arasında (U.K., İrlanda, İskandinav ülkeleri, Finlandiya ve Ana Avrupa) bağlantıyı sağlayan önemli bir ulaşım ve ticaret ağı oluşturur.

Sistemin getirmiş olduğu en önemli özellik yükleme ve boşaltma için harcanan zamandaki inanılmaz derecedeki azalmadır. Bunun yanında iskele rıhtım veya karada bir özel tesise/ekipmana ihtiyaç duyulmaması söylenebilir. Sistemin hızını ve çalışma sahasının geniş olmasına başlıca neden budur. Aksine konteyner taşımacılığında yükleme ve boşaltma sistemlerinin her limanda bulunma zorunluluğu yanında yükün yükleme/boşaltma zamanı bu sistemin getirdiği en büyük dezavantajlardandır.

RoRo taşımacılığının getirdiği önemli avantajlardan bir diğeri ise her türlü yükün aynı anda, yükleme boşaltma avantajını kaybetmeden taşınabilme özelliğidir. Günümüz RoRo gemileri aynı zamanda konteyner gemilerine rakip olarak konteyner taşıma özelliğine de sahip olacak şekilde dizayn edilmektedirler. Forkliftler yardımıyla sağlanan yükleme ile güvertelerinde konteyner taşıyabilmektedirler. Ticarete getirdikleri en önemli kavram çok

çeşitli yükleri taşınması, toplam hızı ve pahalı olan özel kara tesislerine ihtiyaç duyulmamasıdır.

RoRo taşımacılığının en önemli dezavantajı; yüklemedeki hacim kayıpları olarak söylenebilir. Tren, tır, kamyon, otobüs, binek otomobili vb. ulaşım araçlarının yüklenmesi her zaman için araçlar arasında kayıp hacim yaratır. Diğer bir anlamda taşınan yükün genelde tekerlekli taşıyıcılar ile güverteye konmasından dolayı hacimin etkili olarak kullanımı diğer taşımacılık sistemlerine göre çok daha düşüktür. Bu sistemde ağırlık sınırlamasından ziyade hacim sınırlaması mevcuttur.

#### **1.4.1 RoRo gemilerinde kullanılan özel ekipmanlar**

RoRo gemilerinde diğer gemilerde pek görülmeyen özel ekipmanlar vardır. Bu sistemler genelde hidrolik olarak veya elektrik gücü ile çalışan sistemlerdir. Bunlar şunları kapsamaktadır:

a. Kıç kapı: Gemi güvertesinin yükleme için açıldığı geminin kıç tarafındaki kapısıdır. Bazı gemilerde kıç kapı aynı zamanda karaya uzanan rampa olarak kullanılır. Kapalı durumda su geçirmez özelliği vardır.

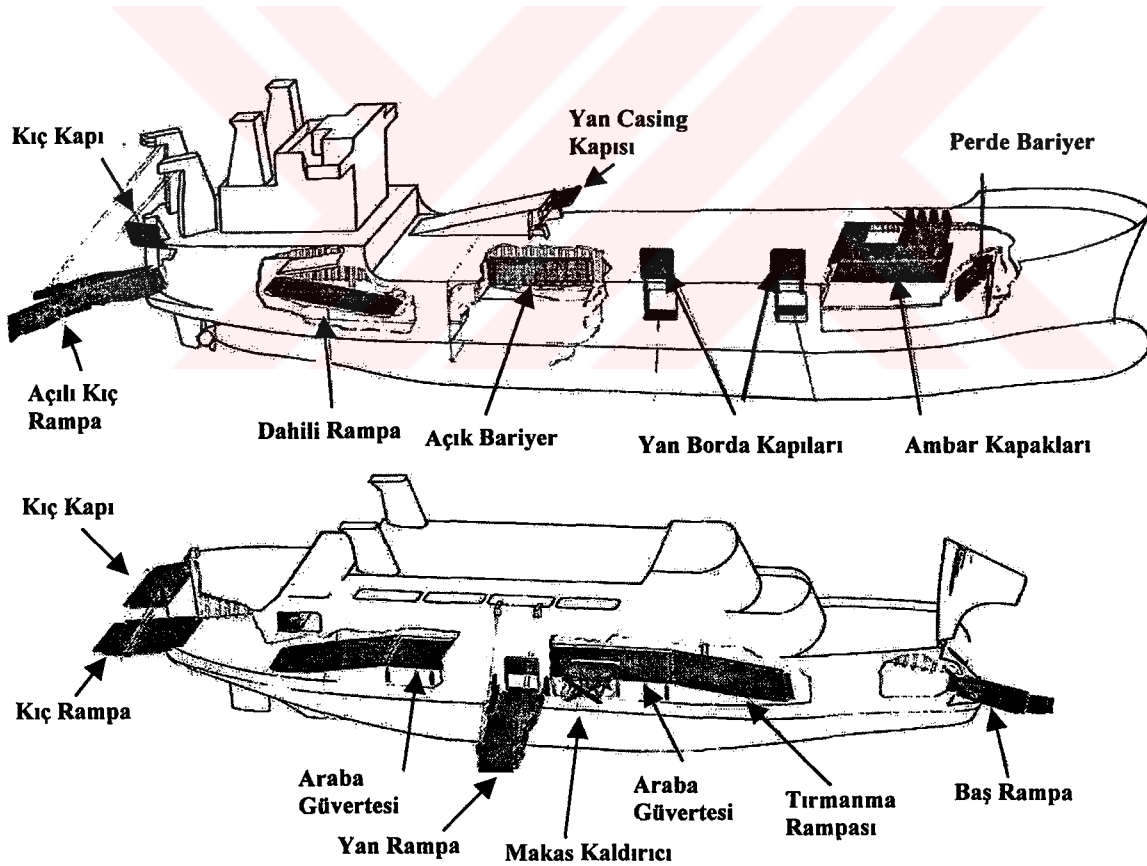
Genelde bu rampalarda birden fazla geçiş hattı vardır. Aynı anda bir taraftan yükleme yapılırken diğer taraftan da boşaltma yapılabilir. Bu hat sayısı geminin büyüklüğüne göre dörde kadar çıkabilir.

b. Baş kapı: Baş kapının kullanımı ferilerin limanlarda yükleme boşaltma için manevra gereksinimini en aza indirmektedir. Ayrıca bir yönde güverteye yüklenen tren ve tır gibi büyük araçların her hangibi dönüş manevrası yapmalarına gerek kalmadan diğer kapıdan çıkmalarına imkan sağlamaktadır. Genelde daha narın olan gemi baş formundan dolayı araba güvertesi alanı azdır. Bu nedenle daha büyük yükleme boşaltma alanı yaratmak için bazı ferilerde gemi baş bordasındaki bazı kısımlar yerinden sökülebilir şekilde yapılmaktadır. Bu özelliği sağlayan hareketli parçaların kapandıkları zaman gemi yapısı ile bütünlüklerinin devamı için özel kilit sistemleri ve su geçirmezliği sağlayan sistemler

kullanılmaktadır. Kazalanma halinde güverteye su gelmemesi için ayrıca baş tarafta özel çatışma perdeleri kullanılmaktadır.

c. Yan kapıları: Yan kapılar su geçirmez kaplardır ve açıldıkları zaman karaya uzanan rampayı içersinde taşırlar. Buda güverteye ulaşımın kolayca yapılmasını sağlamaktadır. Eğer RoRo ferisinin çalıştığı rota belirli ise bu türlü sabit yerleştirmelerin kullanımı bir yerde geminin çıplak ağırlığındaki artışa rağmen rampa başına genel bakım masraflarında azalma ve liman sürelerinde de azalma sağlamaktadır.

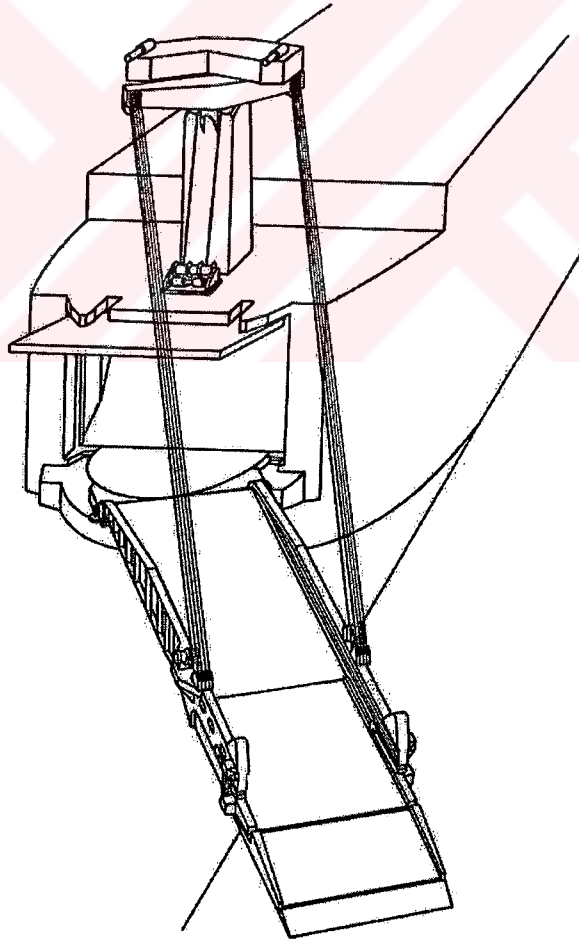
d. Dahili rampalar: Taşıyıcı rampalar genelde gemi güvertesinin yükleme düzenine göre ilave güverte yaratmak için kullanılır. Örneğin yüksekliği az binek otomobillerinin bir tren yada tır gibi yüksek yüklerin taşınmadığı alanlarda iki güverte halinde taşınmasını sağlarlar (Şekil 1.1).



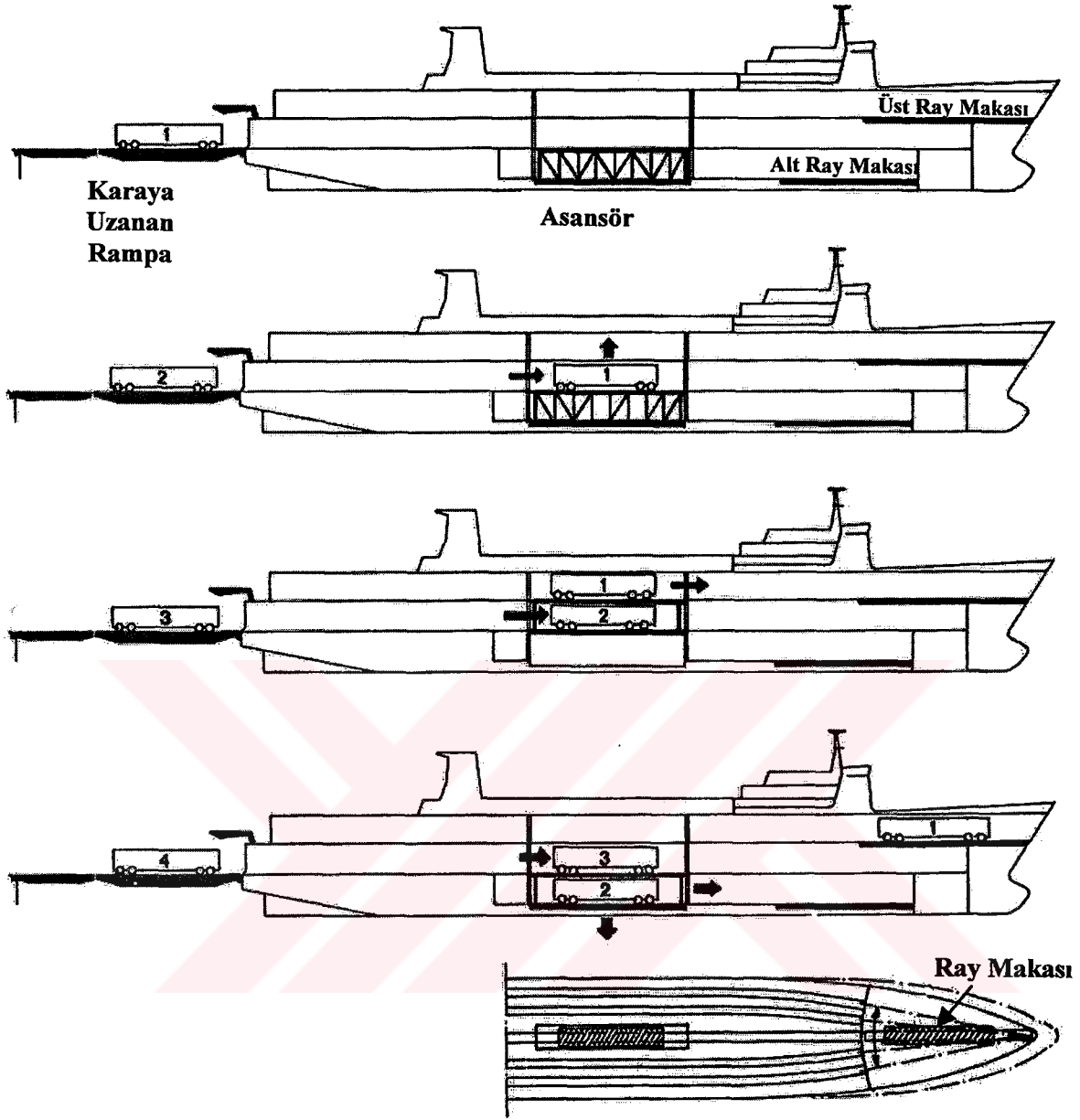
Şekil 1.1 Tipik RoRo ekipmanları.

e. Harici rampalar: Baş, kıç ve yan kapılardan karaya uzanan yapılardır. Belirli açılar verecek şekilde de yapılabilir. Çok çeşitli ve geminin yapısına göre farklı şekil ve işletim sistemleri mevcuttur. Şekil 1.2’de verilen harici rampa istenen bir açı ile iskeleye kıç kapıdan uzatılmaktadır.

f. Asansör ve makas kaldırıclar: RoRo gemisinde rampalar yerine kaldırıclar kullanılabilir. Güverte içi havalandırması açısından bakıldığında, bir tırın rampayı tırmanırken, bir asansörde rolantide çalışacağı duruma göre 3.5 kat fazla egzost üretmektedir. Asansörün tren vagonlarının yüklenmesinde kullanılan ilginç bir uygulaması Şekil 1.3’ de gösterilmektedir. Bir makas kaldırıca Şekil 1.4’ de gösterilmektedir. Makas kaldırıcların özelliği fazla bir güç gerektirmeden kullanılmalarıdır. Özellikle yüklü durumda herhangi bir makina gücü harcamadan kapanmaktadırlar. Fakat hızları asansörlere göre çok daha azdır.

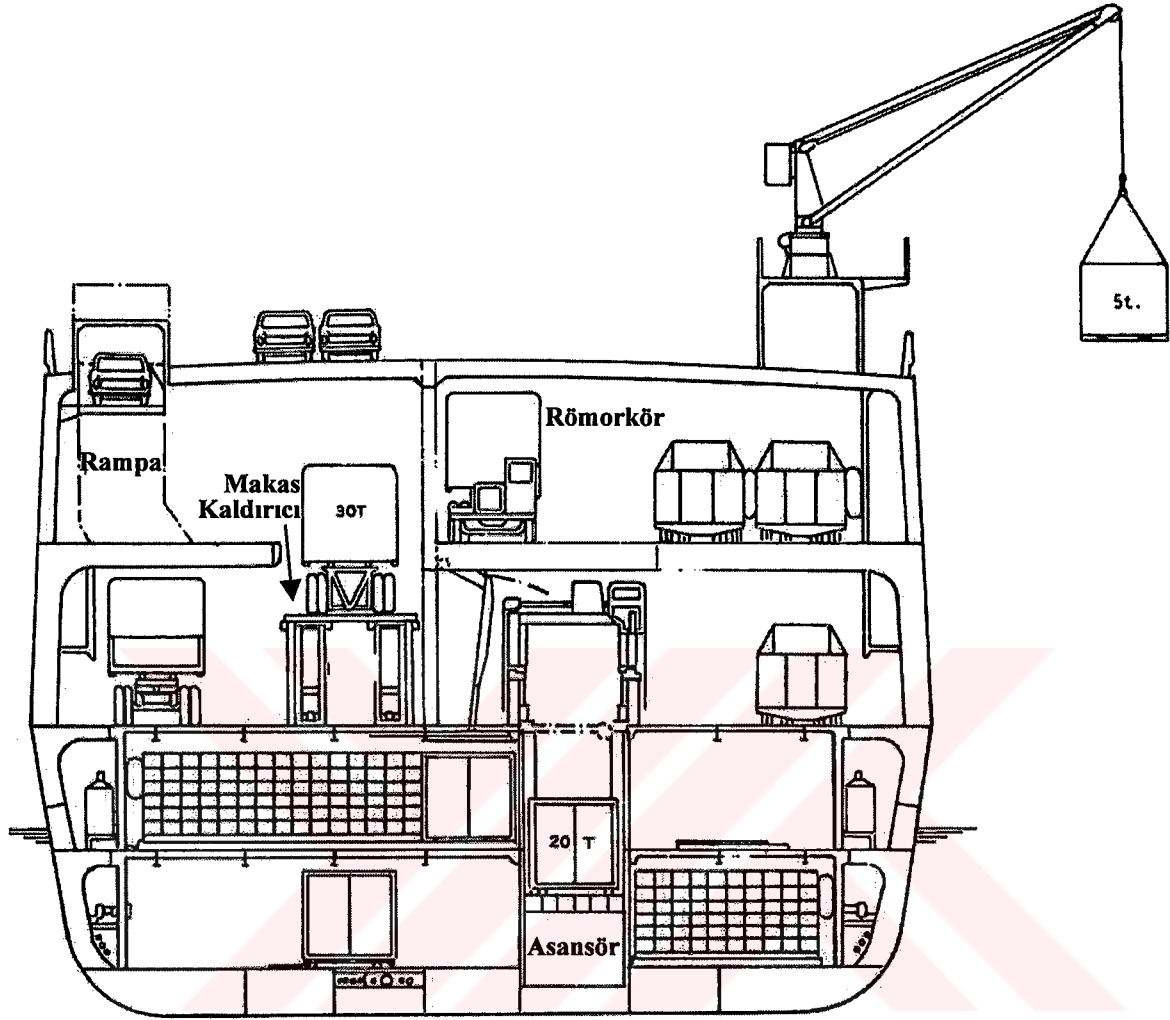


Şekil 1.2 Kıç kapıdan uzanan döner rampa.



Şekil 1.3 Tren vagonlarının yüklenmesi.

g. Ambar kapakları: Bazı RoRo ferilerinde üst güvertelerinden de yükleme yapılmasının sağlanması için ambarlara inen açıklıklar bulunmaktadır. Bu açıklıklar ambarların ve ambardaki yüklerin aşırı denizden ve yağmurdan korunması için kullanılan kapak tertibatlarıdır. Geminin dizaynına göre bu kapakların tamamen su geçirmezliği; üzerinde taşıt ve yük taşınacaksa buna müsait yapıda olmaları istenir.



Şekil 1.4 Makas kaldırıcı, asansör ve rampa.

#### 1.4.2 Araba ferileri

En sık rastlanan RoRo taşıma sistemlerindendir. Genelde RoRo güvertesinde binek otomobillerinin taşındığı çok katlı rampa güverteleri mevcuttur. Ya da sabit araba boyutlarına uygun şekilde yüksekliği az olan rampa ya da asansör ile ulaşılan çok katlı sabit güverteler kullanılmaktadır. Sadece küçük ölçekli taşıtlar taşındığı için yükleme boşaltma hızları oldukça yüksektir.

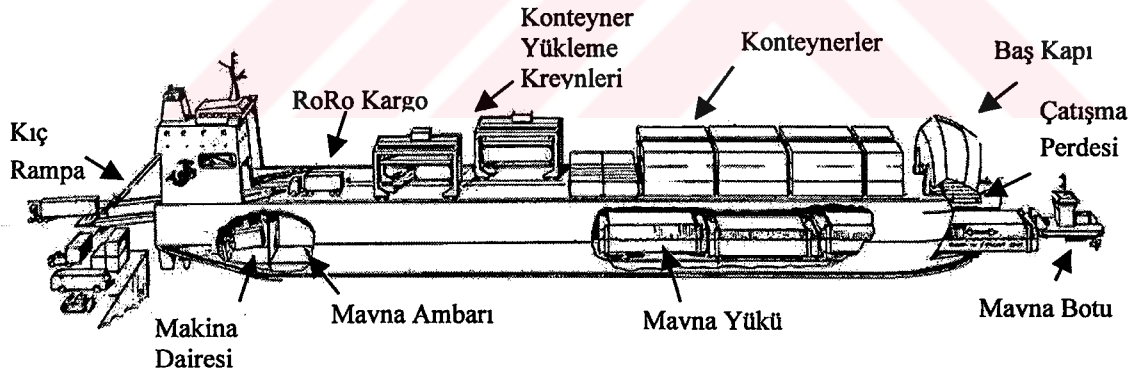
En sık rastlanan ise binek otomobili yanında tır, otobüs ve kamyon gibi çeşitli taşıtları beraberce alabilen güverteli RoRo gemileridir. Böylece farklı taşıtların yüklenme olasılığı mevcuttur. Taşıtların yüklenmesinde hacim kayıplarının en az olması için geminin önceden planlanmış yükleme seçeneklerine uyulmakta yada hızlı hatlarda bu işlemler bilgisayarlar yardımı ile yapılmaktadır.

### 1.4.3 Çoklu yük sistemleri

Bizim konumuzun dışında olsa da uygulama alanı bulmuş karışık taşıma sistemlerine RoRo gemilerinde de rastlanmaktadır. Çoklu yük taşıyan RoRo sistemlerinden başlıcaları şunlardır ;

- Ana güvertede konteyner, alt güvertelerde araba v.b. RoRo yükü,
- Dökme yük /araba taşıyıcıları.

Şekil 1.5’da verilen RoRo gemisi aynı zamanda RoRo yükü yanında açık güvertelerinde konteyner, alt güvertelerinde mavna yükü taşıma özelliğine sahiptir.



Şekil 1.5 Çoklu yük taşıyıcı bir RoRo.

## 2. BU KONUDA YAPILAN ÇALIŞMALAR

### 2.1 Yaralı Gemi Stabilesinin Tarihi Gelişimi

Gemilerin bölmelendirilmesi, 13. yüzyılda Çinlilerle başladığı bilinmekle beraber (bazı kaynaklar gemi bölmelenmesinin 3. yüzyıla kadar geriye uzanabileceğini söylemektedir), bu konuda batıda ilk bilimsel anlamdaki uygulama 1854 yılındaki British Marine Act ile dir.

1912 yılında Titanic'in batması ve 1430 kişinin hayatını kaybetmesi, uluslararası denizcilik standartlarının gerekliliğinin ortaya çıkmasında büyük rol oynamıştı. Bu olayın ardından 1913 yılında ilk SOLAS (*Safety Of Life At Sea*), Denizde Can Güvenliği Konferansı düzenlendi. Ulaşılan ortak görüşlerin imzaya açılmasına rağmen, Birinci Dünya Savaşının başlaması nedeni ile hiçbir zaman burada alınan kararların uygulanma fırsatı olmadı. Savaş sonrasında da çalışmalara devam edildi. 1920'li yıllarda resmi olmayan bazı konferanslar düzenlendi. Ayrıca makine dairesi ve kargo ambarlarının permeabilite değerlerinin tespiti için çalışmalar yapıldı.

1929 Yılında bir diğer SOLAS konferansı düzenlendi. Bu konferansta ulaşılan anlaşma ile bir servis kriteri formülü oluşturuldu. Böylece yolcu taşıyan bir gemi ile bir kargo gemisinin önemi göreceli olarak ayrılmış oldu. Ama bu konferansta sadece gemilerin batmalarına karşı gerekli önlemlerin alınması amaçlandığından yaralanmadan sonra gemiye su girme aşamasında ve denge durumundaki stabilizeye ait standartlar geliştirilmemişti.

Başta Amerikan delegasyonu olmak üzere çeşitli ülke delegasyonları gerekli güvenlik seviyesinin bu kurallar ile sağlanamayacağı görüşüyle daha sonra kendi gemileri ve kara suları için daha sıkı ve geniş çerçeveli kurallar geliştirme yolunu seçmişlerdir.

1948 yılında düzenlenen üçüncü uluslararası SOLAS konferansı ile stabilize konusu ve bazı diğer noktalar yaralı gemi stabilesi kurallarının geliştirilmesiyle doldurulmuş oldu.

1956 yılında, İtalyan yolcu gemisi *Andrea Doria*, bir İsveç yolcu gemisi *Stockholm* ile çarpışması ve yan tanklarının su almasıyla hızlı bir şekilde battı. Kaza üzerine yapılan teknik incelemeler sonucunda 1948 yılında uygulamaya konan, o günün standartlarının yetersizliğini ortaya çıkarttı. Bunun sonucunda denizcilik sektörü mevcut kuralların geliştirilmesi amacıyla 1962 yılında bir başka SOLAS konferansının düzenlenmesini kararlaştırdı.

Sürenin kısa olmasından ve büyük bir gelişme sağlayabilecek çalışmaların yapılamamasından dolayı çeşitli uluslardan gelen önerilerle standartlarda beklenen kadar olmasa da bazı değişiklikler yapıldı. Her delegenin ortak olduğu görüş ise; “daha büyük ve köklü bir değişiklikle bölmelendirme ve yaralı gemi stabilitesinin gerçekçi bir şekilde değerlendirilmesiyle denizlerdeki can ve mal güvenliğinin artırılması” şeklindeydi.

Bunun sonucunda 1961 yılında bölmelendirme ve yaralı gemi stabilitesi üzerine bir alt komisyon oluşturuldu. Bu alt komisyonun değişik ülkelerden gelen önerileri incelemesinden sonra iki temel görevin yerine getirilmesi kararı aldı. Bunlar sırasıyla:

- i. Mevcut düzenlemeler (1960 konferansı ile getirilen) üzerine daha etkin ve basitleştirilmiş kuralların geliştirilmesinin mümkün olup olmadığının incelenmesi,
- ii. Tamamen yeni ve olasılık hesapları üzerine kurulmuş bir standardın geliştirilmesi.

Üç yıllık çalışma ve gelen önerilerin incelenmesinden sonra komite i nolu görevin gerçekten amaçlandığı gibi olamayacağına karar vermiş ve bu nedenle ii nolu görevin üzerine yoğunlaşılması gerektiği sonucuna varmıştı.

Sonuç olarak gemi kazalarının raporları ve bilgileri toplanmaya ve aynı zamanda yaralı gemi hareketlerinin incelendiği model testleri yapılmaya başlandı. 1967 yılında bir uzmanlar gurubu tarafından, yürütülen çalışmalar üzerine kurulmuş yeni kuralların geliştirilmesine başladı.

1954 yılında deniz kirliliği üzerine ilk **MARPOL** (*Marine Pollution*) konferansı düzenlendi. Özellikle tankerlerin bölmelendirilmesi konusunda ilerlemeler sağlandı. Tanker bölmelendirmesi konusunda uluslararası alandaki bir diğer önemli ilerleme 1966 yılında Amerika'da yayınlanan tankerler ile ilgili standartların 1973 yılında düzenlenen ikinci MARPOL konferansında uluslararası alanda da uygulamaya alınmasıdır.

Bu arada olasılık yöntemine dayalı yolcu gemisi kurallarının geliştirilmesi çalışmaları IMCO çatısı altında tamamlanmak üzere iken, 1973 yılında IMCO, IMO (1973) genelgesiyle bu yeni yöntemin 1960 konferansıyla getirilen kurallara alternatif olabileceğini yayınladı. 1974 yılında düzenlenen SOLAS konferansında alınan ve 1980 yılında uygulanmaya başlanan kararla olasılık yönteminin SOLAS konferanslarında getirilen kurallara alternatife bir seçenek olarak kullanılması ve yeni uygulamaların bu yöntem ile yapılmasının özendirilmesi tavsiyesinde bulunuldu.

1970 yılına kadar ki konferanslarda gemilerde bölmelendirme ve stabilite üzerine alınan kararların hedefi; yolcu gemisi olarak sınıflandırılan, 12 ve daha fazla sayıda yolcu taşıyan gemilerdi. Bir tek zorunluluktan ziyade sınırlama olarak uygulanan tanker kuralları istisnaydı (IMO, 1978), 1970 den sonra IMCO tarafından; dökme kimyasal yük, sıvılaştırılmış gaz tankerleri, petrol tankerlerinin bölmelendirilmesi ve hareketli deniz petrol kuyusu delme birimleri için yeni uluslararası dizayn ve işletimiyle ilgili tavsiyeler yayınlamaya başladı. Ayrıca açık deniz destek tekneleri ve büyük balıkçı teknelerinin bölmelendirilmesiyle ilgili kurallar 1977 yılında yayınlanan "Convention On The Safety of Fishing Vessels" ile yürürlüğe girdi. Özel amaçlı tekneler, araştırma tekneleri, oseonografi tekneleri gibi teknelerin dizaynı ile ilgili kurallar yayınlanmaya başlandı. Böylece bütün gemilerin bölmelendirilmesi ve güvenliği ile ilgili konuların geliştirilerek, ilk zamanlarda hareket noktası olan geminin batma, trim ve meyil değerlerinin kontrolundan ibaret olan yöntemlerin yerine, daha gerçekçi bir yaklaşımla gemilerin yaralanmadan sonra yüzebilirliğinin yanında, enine ve boyuna stabilitesinin ve yapısal bütünlüğünün korunmasını amaçlayan uygulamalar getirildi.

### 3. YARALANMANIN GEMİ ÜZERİNDEKİ TEMEL ETKİLERİ

Gemi teknesinin su geçirmez bütünlüğünün bozulması sonucunda, yaralanmadan dolayı denize açılan gemi bölmeleri su baskınına maruz kalır. Bu hacimlerin deniz suyunun hücumuna uğraması, geminin yeni bir denge şartına ulaşması halinde yeni draft, trim ve meyil değeri ile yüzmeye devamına ya da herhangi bir yüzme şartı sağlanamaz ise geminin batmasına sebep olacaktır.

Bütün olası yaralanma durumlarının göz önüne alınarak geminin bunlardan kurtulması beklenemeyeceğinden, geminin gerçek güvenlik seviyesinin ölçülmesi gerekmektedir. Bu nedenle yaralanmadan sonra gemide oluşan değişikliklerin doğru olarak değerlendirilmesi , yani diğer bir ifade ile geminin kurtulabilirliğini etkileyen parametrelerin doğru olarak belirlenmesi gerekmektedir. Bu nedenle, öncelikle yaralanmanın ve yaralanma sonrasında gemide oluşan değişikliklerin incelenmesinde fayda vardır.

#### 3.1 Yaralanmanın Boyu ve Yeri

Yaralanmanın boyutları, derinliği ve su geçirmez perdelere göre konumu, geminin bu yaralanmadan kurtulabilme olasılığı üzerinde önemli etkisi vardır. Perde sayısının artırılması ile bölmelendirmenin daha etkili hale geleceği düşünülse de; diğer yandan ne kadar çok sayıda perde konulursa yaralanmanın bir perdeye gelme ihtimali o kadar fazla olacaktır.

Yaralanmanın sadece iki perde arasına düşeceği kabul edilirse; daha çok sayıda perde ile daha az bir hacimin denize açılmasıyla, geminin kurtulmasının şansı artmış olacaktır. Perde sayısını artması geminin kullanım alanının sınırlandırılması anlamına gelmektedir. Birde ilave yapılar geminin çıplak ağırlığının artmasına; bunun yanında taşıma kapasitesinde azalmaya sebep olacaktır.

IMO Regulation A.265(VIII) yolcu gemisi standartları ışığında yaralanmanın boyutları, yeri ve bölmelendirme yerlerinin seçimi daha ayrıntılı açıklanmaktadır.

### 3.2 Su Baskınının Geminin Yüzmesine Etkisi

Draft değişimi: Yaralanan bölmedeki su miktarı kadar deplasman, yaralanma öncesindeki deplasmanından kaybedilecektir. Sonuçta gemi yeni bir deplasmanla yüzeceğinden draft değişecektir.

Trim değişimi: Sağlam kalan deplasmanın hacim merkezi, geminin ağırlık merkezinin bulunduğu ve denge durumundaki su hattına dikey olan enine düşey bir düzlem üzerinde olana kadar gemi trimi değişecektir.

Meyil değişimi: Eğer yaralanan hacim gemi merkez hattına göre asimetric ise gemi, sağlam kalan deplasmanın hacim merkezi geminin ağırlık merkezinin bulunduğu ve denge durumundaki su hattına dik olan boylamasına düşey bir düzlem üzerinde olana kadar meyil edecek yada yan yatarak batacaktır.

Eğer su baskını durumundaki  $\overline{GM}$  değeri negatif ise yaralı geminin dik durumdaki dengesinden bahsedilemez. Gemi simetrik olarak yaralansa dahi bir denge açısı bulana kadar meyil edecek yada yan yatarak batacaktır. Aşırı trim ve meyil geminin daha çok su almasına neden olarak güverte ve borda açıklıklarının suya batmasına sebep olacaktır. Buda ilerleyen su baskınlarına sebep olarak geminin kaybını kaçınılmaz kılacaktır.

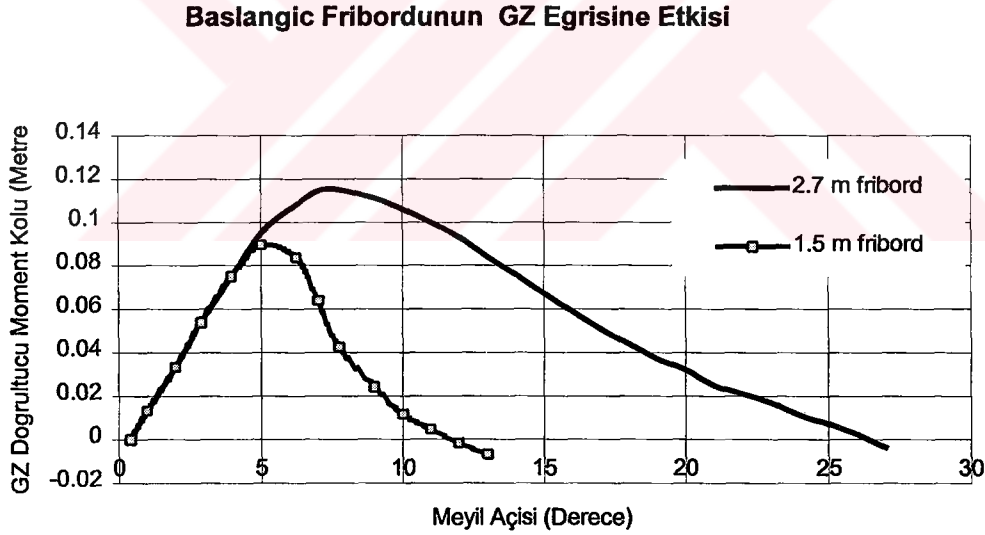
Stabilitenin değişimi: Yaralanma sonucunda geminin enine ve boyuna stabilitesi değişecektir. Başlangıç durumundaki geminin metasandır yüksekliği:

$$\overline{GM} = \overline{KB} + \overline{BM} - \overline{KG} \quad (3.1)$$

Gemi bir yara aldığıında  $\overline{KB}$  ve  $\overline{BM}$  değerleri değişecektir. Gemideki batma  $\overline{KB}$  değerinin artmasına, eğer trimde varsa  $\overline{KB}$  nin daha da artmasına neden olacaktır.  $\overline{BM}$  değerinde ise batan kısmın su hattı atalet momentindeki kayıptan dolayı azalma eğilimi vardır. Buna karşılık, batmadan dolayı yaralanan kısımdaki su hattı alanındaki artma genelde bunu karşılamaktadır. Sonuçta tipik bir okyanus gemisinin  $\overline{GM}$  değerinde bütün bu etkilerden sonra bir azalma görülmeyebilir.

Düşük genişlik/draft oranı yada su hattı üzerinde araba güvertesine kadar flar bulunan gemilerde, net etki;  $\overline{GM}$  deki artış olabilir. Tankların yaralanması ile denize boşalan ağır yakıtlar ve sıvının etkisi geminin  $\overline{KG}$  değerinde azalma sağlayacaktır. Buna karşılı, RoRo gemilerinde güverte üzerinde biriken ilave su ve ağırlığı  $\overline{KG}$  değerinde bir miktar artmaya sebep olabilir.

**Fribord değişimi:** Yaralanma sonrasında drafttaki artış, fribordun azalmasına sebep olur.  $\overline{GM}$  değerinin yeterli olması halinde, eğer fribord değeri küçük ise su hattına yakın olan güverte kenarının küçük açılarda dahi suya batması doğrultucu moment kolu,  $\overline{GZ}$ , eğrisinin pozitif stabilite aralığının küçük olmasına sebep olacaktır. Buda geminin rüzgar yada dalga gibi dış etkilere karşı çok hassas olmasına sebep olacaktır. Şekil 3.1’de bir RoRo ferisinin farklı fribord değerleri için hesaplanan  $\overline{GZ}$  doğrultucu moment kolu eğrisi verilmekte.



Şekil 3.1 GZ Eğrisinin fribord değerine göre değişimi.

Bu verilen örnekte 1.5 m başlangıç fribordu ile geminin RoRo güvertesi yaklaşık olarak  $4.75^\circ$  meyil açısında suya girmekte; fakat fribord değerinin 2.7 metre olduğu durumda RoRo güvertesi yaklaşık  $9^\circ$  meyil açısında suya girmektedir. Bu açılar GZ eğrisinin azalmaya başladığı bölgelerdir.

Bölmelendirme bahsinde de belirtildiği gibi bölmelendirme perdesi sayısının artırılması yaralanmanın perdelerden birine gelme şansını arttırsa da, yaralanmanın perdeler arasına gelmesi durumunda, denize açık bölme boyunun az olmasından dolayı yaralanma sonrasında geminin yaralı fribord değerinin yüksek kalmasını sağlanacaktır. Buda geminin bu yaralanmadan kurtulma şansını önemli ölçüde arttıracaktır.

Belirli sayıda bölmelendirme koşulu altında geminin güvertesinin yükseltilmesi, başlangıç fribord değeri yanında yaralanma sonrası fribord değerini ve geminin batmaktan kurtulma şansını arttırmaktadır.

Yapılan çalışmalar göstermiştir ki ortalama boyutlardaki modern RoRo gemilerinde gerekli minimum fribord değeri yaklaşık 1.5 m olarak alınabilir(Vassalos vd., 1997). Stockholm Bölgesel Antlaşmasında da belirtildiği gibi 2.0 m ve üzerindeki fribord değerindeki yaralanma durumunda RoRo güvertesinde su birikme ihtimali çok düşüktür(Allan, 1996 ).

Geminin kaybı: Yaralanmadan sonra draft, trim ve/veya meyildeki yüzme şartının sağlanması için gerekli değişim, geminin su geçirmez bütünlüğünün bozulduğu noktalarında suya girmesine sebep olması durumunda gemide ilerleyen su basmasına neden olacaktır. Buda geminin hiç bir zaman yüzme şartını bulamadan yan yatarak yada direk olarak batmasına neden olacaktır.

$\overline{GM}$  değerindeki kayıp geminin doğrultucu momentindeki azalmanın, yan yatırıcı momenti karşılayamamasına sebep olursa gemi yan yatarak batacaktır. Eğer bir meyil açısı yoksa bile doğrultucu moment kolunun,  $\overline{GZ}$ , çok küçük olmasından ve  $\overline{GM}$  değerinin negatif olmasından dolayı geminin yan yatarak batması kaçınılmazdır. Özellikle simetrik yaralanma durumlarında dahi her zaman bir miktar meyil açısı yaralanmadan sonra ağırlık merkezinin değişimi ve/veya rüzgardan dolayı gemiye etkimektedir.

## 4 BÖLMELENDİRME VE YARALI GEMİ STABİLİTESİ HESAPLAMA YÖNTEMLERİ

Gemilerin herhangi bir yaralanma durumunda yüzebilirliklerini devam ettirmeleri için bölmelendirilmeleri gerekmektedir. Çok iyi bilinen ve yüzyıllardır çeşitli şekillerde uygulanan gemilerin bölmelendirme fikri, günümüzde de dizayn aşamasındaki en önemli konulardan birisidir. Gemiye hangi yöntemi kullanarak, nasıl bölmelendirelimki çalışma ömrünü batmadan bitirebilsin. Ayrıca gemi kazaya uğradığında üzerinde taşıdığı can ve mal kayıplarına sebep olmasın.

Geminin dış yada iç etkilerle, kolayca yan yatarak batmayacak şekilde yükleme koşulları oluşturulabilmesi için iyi bir bölmelendirme yanında geminin yeterli derecede stabilitesi olmalıdır. Geminin bir yaralanmadan sonra bile en kötü ihtimal ile üzerindeki canlıları kurtaracak kadar uzun süre batmadan yüzebilirliğini sürdürmesi çok önemlidir.

Gemi inşaatçıları bir gemiyi dizayn ederken geminin yüzebilirliğinin belirlenmesinde pek çok yöntemi beraberce kullanmaktadırlar. Sonuçta her bir ayrı dizayn konusunun bir araya getirilmesi ile amaçlanan gemi dizaynına ulaşılabilmektedir.

### 4.1 Gemilerin Bölmelendirilmesi

Gemilerin bölmelendirilmesi geminin başlangıç ve yaralı stabilite hesaplamalarını içine almakta ayrıca geminin işletim ve yapısal özelliklerinin de analizini gerektirmektedir. Bölmelendirme IMO, 1973'de verilen olasılık yönteminin uygulanmasıyla daha başarılı olarak yapılabilmekte; geminin bölmelendirmesi hesaplanan indeks yardımı ile göreceli olarak değerlendirilebilmektedir. Gelişen bilgisayar teknolojisi ile geminin bölmelendirilmesi işlemi ön dizayn aşamasında bile daha detaylı olarak yapılabilmektedir. Bulunan sonuçlar, geminin yaralı stabilite ve diğer inşaa standartlarına uyup uymadığının ve aynı zamanda dizayn gereksinimlerini sağlayıp sağlamadığının kontrolüne yardımcı olmaktadır.

Yaralı bölme boyunun hesaplanması: Yaralı bölme boyu gemi üzerindeki her hangibir noktanın merkez alınarak simetrik olarak belirli bir permeabilite değeri ile margin hattı batmayacak şekilde su ile doldurulmasıyla elde edilir. Margin hattı genelde bölmelendirme güvertesinin 76 mm (3in.) aşağısından geçen hat olarak alınır. Bu yöntem her ne kadar kullanılabilirliğini yitirse de özellikle ilk dizayn aşamasında bölmelendirme hakkında hızlı şekilde bilgi vermesinden dolayı bazı dizaynerler tarafından faydalı bulunarak günümüzde kullanılmaktadır.

#### 4.2 Yaralı Gemi Stabilesini Hesaplama Yöntemleri

Yaralı gemi stabilesi aslında farklı konularıda içine alan geniş anlamli bir terimdir. Geminin, bir ya da birden fazla kompartmanının yaralanmasından sonraki trim, meyil ve batma miktarındaki değişimlerin hesaplanması gereklidir. Ayrıca geminin başlangıç halindeki stabilesi, deplasmanı ve yüzme durumunun hesaplanmasını da içermektedir. Yeni standartlar yaralanma sonrasındaki  $\overline{GZ}$  eğrisinin karakteristikleri üzerine olduğundan,  $\overline{GM}$  değerinde kullanımı tamamen ortadan kalkmamıştır. Çünkü yaralı gemi standartlarına uyan koşuldaki  $\overline{GM}$  değeri ile geminin başlangıç stabilesine geri dönülerek yükleme ve seyir sınırları belirlenebilir. Yaralı gemi stabilesinin hesaplanmasında kullanılan iki temel yöntem vardır:

Kayıp sephiye yöntemi: Bu yöntemde, geminin ilgili kompartmanlarının denize açık olduğu ve böylece sephiyesini kaybettiği kabul edilir. Bu yöntem geminin yaralanmadan sonraki denge durumunu modellemektedir. Bu nedenle yaralanmanın ara evrelerinin hesaplanması mümkün olamamaktadır. Sadece son denge durumunun hesaplanması yapılabilir. Bunlara ilaveten geminin su hattı üzerindeki herhangi bir yapı yaralanma hesaplarına katılamamaktadır.

İlave ağırlık yöntemi: Bu yaklaşımda deniz suyu ilgili kompartmanlara ilave edilmektedir. Başlangıç stabilite ve hidrostatik değerlerinin kullanılması ile gemindeki trim, meyil ve batma miktarındaki değişimler hesaplanmaktadır. Bu yöntem ile su basmasının evrelere bölünerek modellenmesi ve su hattı üzerindeki hacimlerinde modele katılması bakımından uygundur.

## 5. ULUSLARARASI STABİLİTE KURALLARI

Günümüzde RoRo araba/yolcu gemilerinin uyması gerekli stabilite kuralları IMO tarafından yayınlanan yayımlarda daha geniş olarak bulunabilir. Bir birlerinin alternatifi olarak yürürlükte iki ayrı kurallar seti mevcuttur. Bu iki kurallar seti kullandıkları yöntemlere göre de adlandırılmakta; deterministik yöntem olarak da adlandırılan SOLAS kuralları ve olasılık metodu olarak da bilinen Resolution A.265 (VIII).

Yürürlükteki RoRo gemilerine uygulanan bölmelendirme ve yaralı gemi stabilitesi kuralları IMO, 1998 indeksinde şöyledir ;

- SOLAS Chapter II-1, Part B-Subdivision and Stability
- Resolution A.265(VIII), Regulations On Subdivision And Stability Of Passenger Ships
- MSC/Circ. 547\*.

Bunun yanında bölgesel anlamda uygulanan stabilite kuralları mevcuttur. Bunlardan RoRo gemileri için mevcut olan:

- Stockholm Bölgesel Antlaşması (SOLAS'90+50)

### 5.1 SOLAS Kuralları

SOLAS kuralları ya da deterministik yöntem diye bilinen kuralların temeli geminin yaralı bölme boyu hesaplamaları ile su geçirmez bölmelere bölünmesi ve böylece geminin yaralanmadan sonra sakin suda yüzebilirliğinin kontrolüdür. Geminin kazaya uğradıktan sonraki yüzebilirliğinin olması yanında yaralı stabilitesinde belirli bir seviyenin üzerinde olması amaçlanmaktadır. SOLAS 1960 antlaşması ile getirilen servis kriteri ( $C_s$ ) ve bölmelendirme faktörü (F) ile gemilerin kompartıman standartları aşağıdaki gibi belirlenmektedir.

---

\* IMO altında çalışan "Marine Safety Committee" tarafından yayınlanan, mevcut RoRo gemilerinin güvenlik seviyesinin belirlenmesinde kullanılan A/Amax değerinin hesaplanması yöntemini içeren genelgedir.

$$F > 0.5 \quad \text{tek kompartıman standardı} \quad (5.1)$$

$$0.5 > F > 0.33 \quad \text{iki kompartıman standardı} \quad (5.2)$$

$$F < 0.33 \quad \text{üç kompartıman standardı} \quad (5.3)$$

F değeri  $C_s$  değerine göre ve geminin boyuna göre değişmektedir. Geminin boylamasına her noktasında hesaplanan yaralı bölme boyu ( $L_f$ ) bölmelendirme faktörü ile çarpılması sonucu izin verilen bölme boyu elde edilmektedir. Böylece gemi boyunca farklı permeabilite değerleriyle elde edilen yaralı bölme boyu eğrileri yardımı ile gerçek bölmelendirme perdelerinin yerleştirilmesinde bir fikir sahibi olunur.

Bu yöntemde alınan önemli kabullerden biri yaralanmanın boyutlarıdır. Kullanılan yandan gelen yaralanmanın gemi bünyesinde, dizayn su hattında ölçülen boylamasına uzantısı 11 m'den çok olmamak şartı ile (5.4)'e, enlemesine gemi yanından merkez hattına doğru (5.5)'e göre hesaplanan ve düşey doğrultuda herhangi bir sınırlana olmaksızın belirlenen; SOLAS yaralanma açıklığı standardı\* olarak anılan sabit bir şablon kullanılır.

$$Y_b = \% 3 * L + 3.00 \quad (m) \quad (5.4)$$

$$Y_d = B / 5 \quad (m) \quad (5.5)$$

Bu standart boyutlandırmadan dolayı geminin bölmelendirilmesinde bu yaralanma boyutları dikkate alınmaktadır. Sonuç olarak (5.4) ifadesince verilen yaralanma boyutlarından küçük kompartıman boyutlarının kullanımı halinde, kurallar ışığında bu kullanılacak fazladan bölmelendirmenin gemiye (bazı özel durumlar haricinde) hiç bir faydası yoktur. Yaralanma stabilitesi ile ilgili temel SOLAS kuralları  $\overline{GZ}$  eğrisinin genel parametrelerine dayanmaktadır. SOLAS kurallarının yaralanmadan sonraki son denge durumunda istediği değerler:

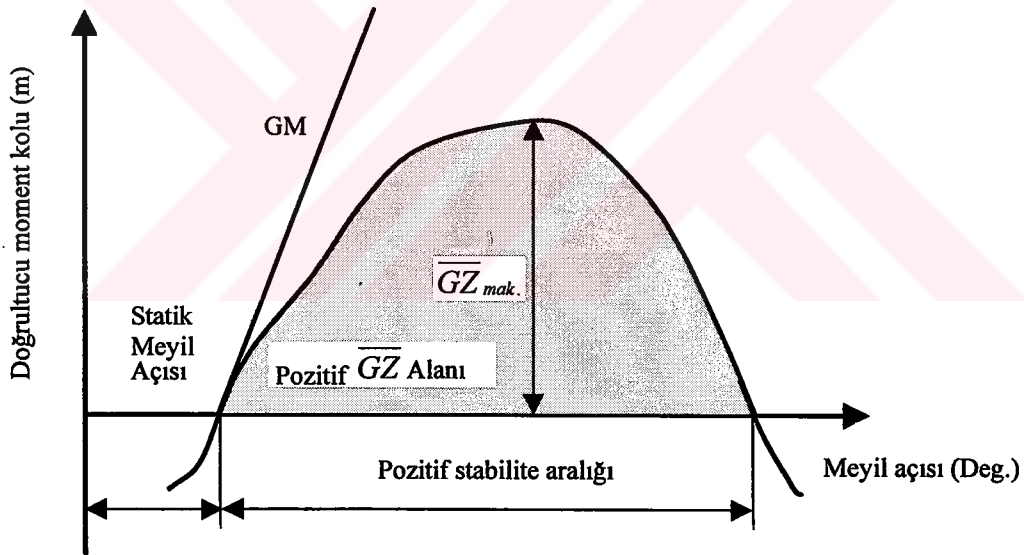
- Denge durumundaki meyil açısından itibaren ölçülen minimum  $15^\circ$  pozitif stabilite aralığı,

---

\* SOLAS kuralları II-1/8.4.1 yaralanma açıklığının boyunu ve SOLAS kuralları II-1/8.4.2 ise yaralanma açıklığının gemi bordasından nüfuzu ile ilgili standartları içermektedir.

- Pozitif  $\overline{GZ}$  eğrisi altında kalan minimum 0.015 mRad alan,
- $\overline{GZ}$  eğrisinin maksimum değeri 0.100 m'den az olmamak üzere yandan esen rüzgar, yolcuların bir tarafa toplanması ya da can kurtaran botlarının yaratacağı eğilme momentlerine göre hesaplanan bir değer,
- Denge durumundaki meyil açısı maksimum tek kompartıman yaralanmaları için  $7^\circ$ , iki kompartıman yaralanmaları için  $12^\circ$ ,
- $\overline{GM}$  değerinin minimum 0.05m 'dir.

RoRo gemileride dahil, 29 Nisan 1990 yılından sonra inşa edilmiş bütün yolcu gemilerinin bu kuralları sağlaması gerekmektedir.



Şekil 5.1  $\overline{GZ}$  Eğrisi parametreleri.

Şekil 5.1'de statik stabilite eğrisinin ana parametreleri verilmektedir. Bu eğri geminin dış etkiler ile meyil ettirilmesi durumunda başlangıç denge durumuna geri dönme kabiliyetini göstermektedir. Meyil ettirici momente karşı, geminin yaratacağı doğrultucu moment kolunu açı değerine karşı göstermektedir.

### 5.1.1 SOLAS 1992 değişiklikleri

Sadece yeni inşaa yolcu gemileri için uygulanan SOLAS'90 kuralları 1992 yılındaki değişiklik ile RoRo kargo bölümleri olan mevcut gemilerinde bu kuralları sağlama gerekliliği getirilmiş oldu (IMO, 1993).

SOLAS kurallarının bölüm II 2/3 kısmındada belirtildiği gibi RoRo sistemi olan yolcu gemilerinden 29 Nisan 1990 yılından önce inşa edilenlerinde Çizelge 5.1'deki takvime göre standartlarının yükseltilmesi gerekmektedir. Burada kıstas olarak mevcut geminin "A/Amax" değerine bakılmaktadır. A/Amax hesaplamaları Denizcilik Güvenlik Komitesinin (Maritime Safety Committee; MSC) 59nolu birleşimince Temmuz 1992 de geliştirilen, A.265(VIII)'de açıklanan olasılık yönteminin basitleştirilmiş bir şeklidir.

Çizelge 5.1 Mevcut ferilerin standartlarının MSC.12(56) standartlarına yükseltilmesi için verilen takvim

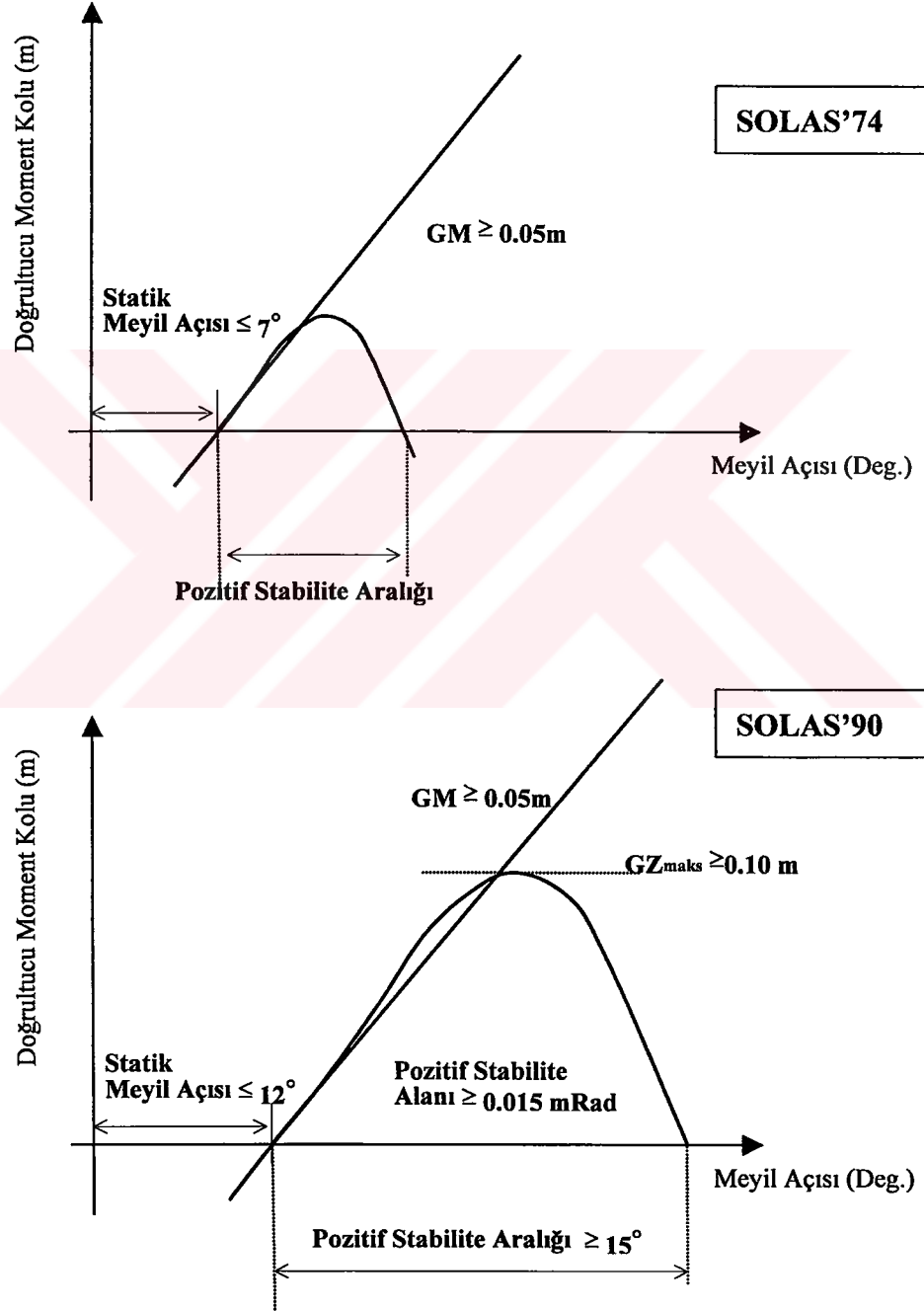
| A/Amax       | Uyma Tarihi |
|--------------|-------------|
| % 70'den az  | 1 Ekim 1994 |
| % 75'dan az  | 1 Ekim 1996 |
| % 85'den az  | 1 Ekim 1998 |
| % 90' dan az | 1 Ekim 2000 |
| % 95' dan az | 1 Ekim 2005 |

Bu düzenlemede A/Amax değerinin %95 den fazla olan feriler için uygulanma zorunluluğu getirilmemişti. SOLAS 1992 değişikliği aynı zamanda ulusal otoritelerin uygun görmesi şartı ile kurallarda bir takım rahatlamalar getirmekteydi;

- Pozitif stabilite aralığı minimum  $10^\circ$  'ye kadar indirgenebilir ve sadece  $\overline{GZ}$  eğrisi altında yeterli alan bulunması şartı ile. İstene yeni alan değeri (5.6) ifadesinde verilen oran kadar artırılmalıdır

- Gerekli maksimum  $\overline{GZ}$  değeri 0.090 m'den az olmama şartı ile (5.7) formülü ile hesaplanabilir;

$$\overline{GZ} = \frac{\text{MeyilMomenti}}{\text{Deplasman}} \quad (\text{m}) \quad (5.7)$$

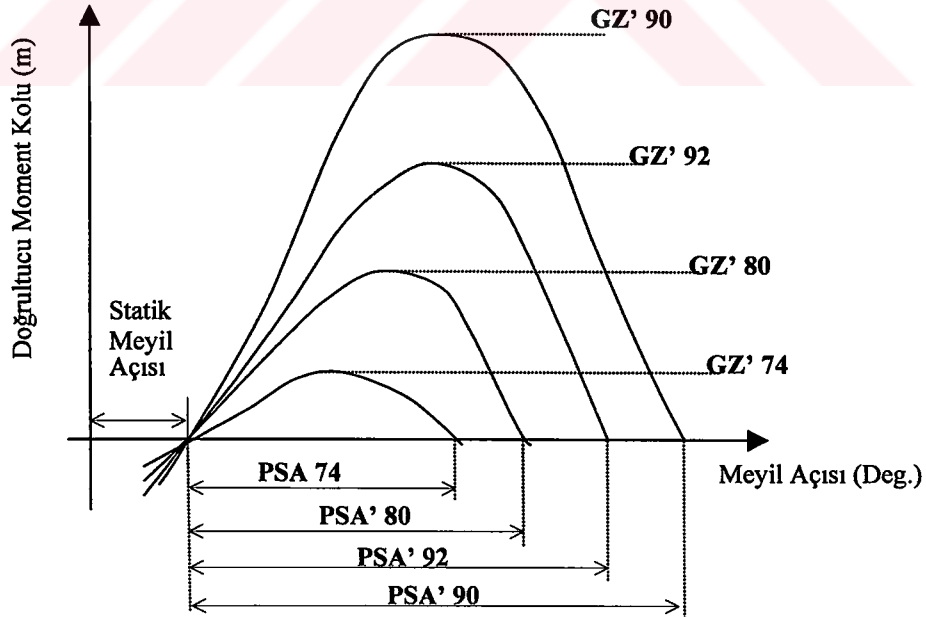


Şekil 5.2 Yaralanma kriterleri.

### 5.1.2 SOLAS 1995 değişiklikleri

28 Eylül 1994 yılında meydana gelen trajik Estonya kazası yeni standartların geliştirilmesine öncülük etti. Kazadan sonra yükselen tepkiler yeni gemiler kadar mevcut seyirdeki gemilerinde dikkate alınacağı daha iyi standartların bir an önce geliştirilmesi yolundaydı.

IMO tarafından oluşturulan uzmanlar gurubunun çalışmaları sonunda SOLAS'90 kurallarının bütün dünya çapında uyulması gerekli standart olarak kabul edilmesi ve istisnasız bütün mevcut ferilerin bu standartları A/Amax değerlerine, taşıdıkları yolcu sayısına yada yaşlarına bağlı olarak belirlenecek, 1 Ekim 1998'den 1 Ekim 2010 yılına kadar değişen bir takvim içinde olmak üzere sağlamaları gerekliliği önerilmiştir. Kabul edilen bu öneriler sonucunda SOLAS'90 kuralları global anlamda kullanılan bir standart olmuştur. Buna göre iki kompartıman standartlarına göre inşaa edilmiş gemiler için standartlara uyma tarihi Çizelge 5.2'de verilmektedir. Tek kompartıman standartlarına göre inşaa edilmiş gemiler için standartlara uyma tarihi olarak, A/Amax değerlerine göre Çizelge 5.3'den veya geminin taşıdığı yolcu sayısına göre Çizelge 5.4'den alınan tarihler ile geminin 20. yaşını doldurduğu tarihlerden en geç olanının alınmasına karar verilmiştir.



Şekil 5.3 SOLAS stabilite standartlarının yıllara göre değişimi.

Çizelge 5.2 İki kompartıman standartları uygulanan ferilerin A/Amax değerlerine göre SOLAS'90 standartlarına yükseltilmesi için verilen takvim.

| A/Amax            | Uyma Tarihi |
|-------------------|-------------|
| % 85'den az       | 1 Ekim 1998 |
| % 90'dan az       | 1 Ekim 2000 |
| % 95'den az       | 1 Ekim 2002 |
| % 97.5' dan az    | 1 Ekim 2004 |
| % 97.5' dan fazla | 1 Ekim 2005 |

Çizelge 5.3 Tek kompartıman standartları uygulanan ferilerin A/Amax değerlerine göre SOLAS'90 standartlarına yükseltilmesi için verilen takvim.

| A/Amax           | Uyma Tarihi |
|------------------|-------------|
| % 85'den az      | 1 Ekim 1998 |
| % 90'dan az      | 1 Ekim 2000 |
| % 95'den az      | 1 Ekim 2002 |
| % 97.5' dan az   | 1 Ekim 2004 |
| % 97.5 dan fazla | 1 Ekim 2010 |

Çizelge 5.4 Tek kompartıman standartları uygulanan ferilerin yolcu sayısına göre SOLAS'90 standartlarına yükseltilmesi için verilen takvim.

| Yolcu Sayısı         | Uyma Tarihi |
|----------------------|-------------|
| 1500 yada daha fazla | 1 Ekim 2002 |
| 1000 < yolcu <1500   | 1 Ekim 2006 |
| 600 < yolcu <1000    | 1 Ekim 2008 |
| 400 < yolcu <600     | 1 Ekim 2010 |

### 5.1.3 Deterministik stabilite kurallarının zayıf noktaları

Prensipte SOLAS iki kompartıman kurallarını sağlayan, bütün RoRo yolcu/taşıt ferileri için sakin suda ve kargo kaymasının olmayacağı durum için gerçekte oldukça iyi bir güvenlik seviyesi sağlamaktadır.

Bununla beraber HERALD OF FREE ENTERPRISE kazasından sonra yapılan araştırmalarda, pratik olarak açıkça gösterildiği gibi modern RoRo araba/yolcu gemilerinin, dalga yüksekliğinin 0.5 m-1.0m den yüksek olması durumunda, SOLAS tarafından getirilen yandan yaralanma durumlarında araba güvertesinin hızla su ile dolması sonucunda alabora olarak bataabileceklerini göstermektedir.

Mevcut deterministik düzenlemeler beraberinde çeşitli zayıf noktalar getirmektedir. Pek çok örneğini gördüğümüz RoRo ferilerinin dalgalar etkisiyle deniz suyunun güvertede toplanmasıyla kaybı olaylarından da anlaşıldığı üzere bu gemilerin dalgalı denizde yaralanmaları; bölmelenmemiş geniş güverteleri ile her zaman için büyük bir risk taşımaktadırlar. Birde buna kargonun yer değiştirmesinin etkisi katılırsa geminin, yolcu ve personeli tahliye edecek vakit kalmadan hızlı bir şekilde batmasına neden olacaktır.

Deterministik yaralanma tanımının arkasındaki problemler: Zorunlu olarak alınması gereken sabit yaralanma açıklığı boyutları. Yaralanma boyutları (5.4) ve (5.5)'den hesaplanmaktadır. Tek kompartıman standardı belkide tek başına en büyük tehlikeyi içermektedir. Olasılık hesaplarında göstermiş olduğu gibi geminin olacağı yaralanmaların en azından bir bölmelendirme perdesine gelme olasılığı %70 değerinden daha fazla olmaktadır.

B/5 hattının yaralanmanın enine derinliğine getirilen sınırlamanın hem kargo hemde yolcu gemisi kurallarında kullanılmasıdır. IMO'nun A.265 sayılı önergesinde de verildiği üzere yaralanmaların yaklaşık olarak %50'si B/5 hattının ötesine geçmektedir.

Dip yaralanmalarının çift-dibi geçmesi: Dip yaralanmaları SOLAS kurallarında oldukça yüzeysel olarak tanımlanmış, sadece çift-dip konulmasını söyleyip, yüksekliğinin her

ülkenin kendi idari makamlarına bırakılmıştır. Yaralanmanın çift-dibi aşması açıkça gemi için gerçekten tehlikeli bir durum teşkil etmektedir.

Yaralanan yada açık unutulmuş kapı yada diğer açıklıklar: Bu türlü açıklıklardan girip, tekneyi ve özellikle araba güvertesini basacak deniz suyu geminin küçük ölçekli bir yaralanma da bile kolayca kaybına neden olabilir. Özellikle ağır deniz koşullarında açık güvertelerdeki açılımların su geçirmezlik işlevlerini yitirmesi güvertelere biriken dalgaların ve yağışın etkisi ile gemi bünyesine su alınmasına sebep olacaktır.

Su geçirmez kapıların açık unutulması: Su geçirmez kapıların açık unutulma riski her zaman için ayrı olarak dikkate alınması gereken bir konudur. Bütün kuralların yasaklamasına ve yaşanan kazalara rağmen hala pek çok yolcu ferisinde bu tür kapıların seyir esnasında açık bırakılmasına rastlanmaktadır. Ayrıca yaralanmanın bu kapılardan birine rastlaması durumunda, kapıların genelde büyük boyutlarda olduğu düşünülürse, yaralanmanın araba güvertesinde yaratacağı su basma riski çok yüksek olacaktır. Yaralanma sonunda kapılarda meydana gelecek deformasyonlardan dolayı kapatılmalarında mümkün olmayacaktır.

Yükün yer değiştirmesi: Özellikle boyuna bölmelendirilmenin olmadığı RoRo ferilerinde yükün yer değiştirmesi gemi stabilitesinin kaybında önemli rol oynamaktadır. Daha çok aşırı deniz koşullarında yüklerin bağlantı tertibatlarındaki yetersizliklerden dolayı yüklerin yer değiştirmesi mümkün olmaktadır. Yükün enine doğrultuda yer değiştirmesi sonucunda gemide bir meyil açısı oluşacaktır.

Dahili su basması; Gemi teknesi içindeki bölmelere denize açık olmayan yaralanmalardan dolayı su basma olayı gemi kayıplarında genelde oldukça küçük bir etki teşkil etmektedir. Suyun bulunduğu tankdan başka bir bölmeye boşalması olayındaki tek etki geminin ağırlık merkezinin değişimi olarak düşünülebilir. Ama RoRo gemileri için mevcut olan bölmelendirilmemiş araba güverteleri problem yaratabilir. Sağlayacakları geniş serbest su yüzeyi geminin stabilitesinin azalmasına neden olacaktır. Bu nedenle RoRo gemilerinde güverte üzerindeki suyun uzaklaştırılması için özel önlem gereklidir.

Dalgaların dinamik etkisi: Geminin kurtulması kriterleri durgun suda hesaplanmış GZ eğrisine bağlanmıştır. RoRo güvertesinin su basması tamamen ihmal edilmiştir. Genel olarak SOLAS90 sertifikalı bir geminin 1-2 metre dalga yükseklikleri için ancak yeterli olduğu söylenebilir.

Bütün bunlara ilave olarak şunuda belirtmek gerekirken kullanılan yönteminde stabilite hesaplamalarında oldukça önemli etkisi mevcuttur. Bütün hesaplama işlemi her şekilde idealleştirilmiş olup, en yaygın kabullerden birisi yaralanmadan sonraki bütün su basma durumlarındaki su yüzeyinin her bölmede aynı olduğudur.

İlerleyen su baskını durumunda boru yada kanallar ile birbirine bağlanmış tank ve hacimlerin su basması hesaplamalarında da bazı kabüller yapılmıştır. Karşılıklı bağlantı kanallarının ani olarak su akışına izin verdiği kabul edilip; hava yastıklarının karşılıklı bağlantılarda ihmalî söz konusudur.

## **5.2 Olasılık Hesaplarına Dayalı Yöntem**

Uzun sürelerdir IMO üyesi ülkeler arasında giderek artan bir şekilde minimum bölmelendirme düzenlemelerinin verildiği SOLAS kurallarına karşı olan güvensizlik ve ardı arkası kesilmeyen hızlı gemi kayıpları karşısında yeni yöntem ve standartlar aranmaya başlanılmıştı.

1960'lı yılların sonuna doğru Prof. Wendel tarafından ortaya atılan geminin bölmelendirilmesine yeni bir boyut getiren fikirler IMO tarafından oldukça büyük ilgi gördü. Yapılan çalışmalar sonunda yolcu gemisi kurallarına alternatif olarak getirilen ve olasılık yöntemine dayalı bölmelendirme ve stabilite kuralları diye bilinen yeni kurallar seti oluşturuldu.

Bu yöntemin içine aldığı temel kabüller oldukça basit şekilde aşağıdaki gibi açıklanabilir. Gemi bünyesinde su basmasına sebep olan bir yandan yaralanma durumunda:

- “p” diye adlandırılan belirli bir kompartımanın (veya bir kompartıman grubunun) yaralanma olasılığı vardır;  $(0 < p \leq 1)$
- “s” diye adlandırılan, yukarıda bahsi geçen yaralanma sonunda geminin koşullara bağlı bir “kurtulma olasılığı” hesaplanabilir;  $(0 \leq s \leq 1)$

Bütün olasılıkların çarpımlarının ( $p * s$ ), bütün olası yaralanma durumları ve servis draft değerleri için bir araya getirilmesi ile toplamda *Ulaşılan Bölmelendirme İndeksi A* hesaplanabilir. Bu toplam indeks değeri (5.8)'deki ifadeyle hesaplamak mümkündür.

$$A = \sum (p * s) \quad (5.8)$$

Belirli bir dizayn için, “p” faktörü hesaplanmasında sadece ilgili kompartıman ya da kompartıman grubunun su geçirmez sınırlarının kullanılmasından dolayı, draftan bağımsız olarak değerlendirilir. Diğer taraftan “s” faktörü direkt olarak draft değerine bağlıdır.

Geminin yandan alacağı bir yaralanma çizelge 5.5’de verilen parametreler ile tanımlana bilir. Buradaki ilk üç parametre draftan bağımsızdır.

Çizelge 5.5 Yaralanma parametreleri ve ilgili faktör tanımı.

| Parametre                                 | İlgili faktör |
|-------------------------------------------|---------------|
| Yaralanmanın merkez konumu, gemi kıçından | <b>a</b>      |
| Yaralanmanın boylamasına uzantısı         | <b>p</b>      |
| Yaralanmanın bordadan içeriye nüfuzu      | <b>r</b>      |
| Yaralanmanın üst limiti                   | <b>v</b>      |

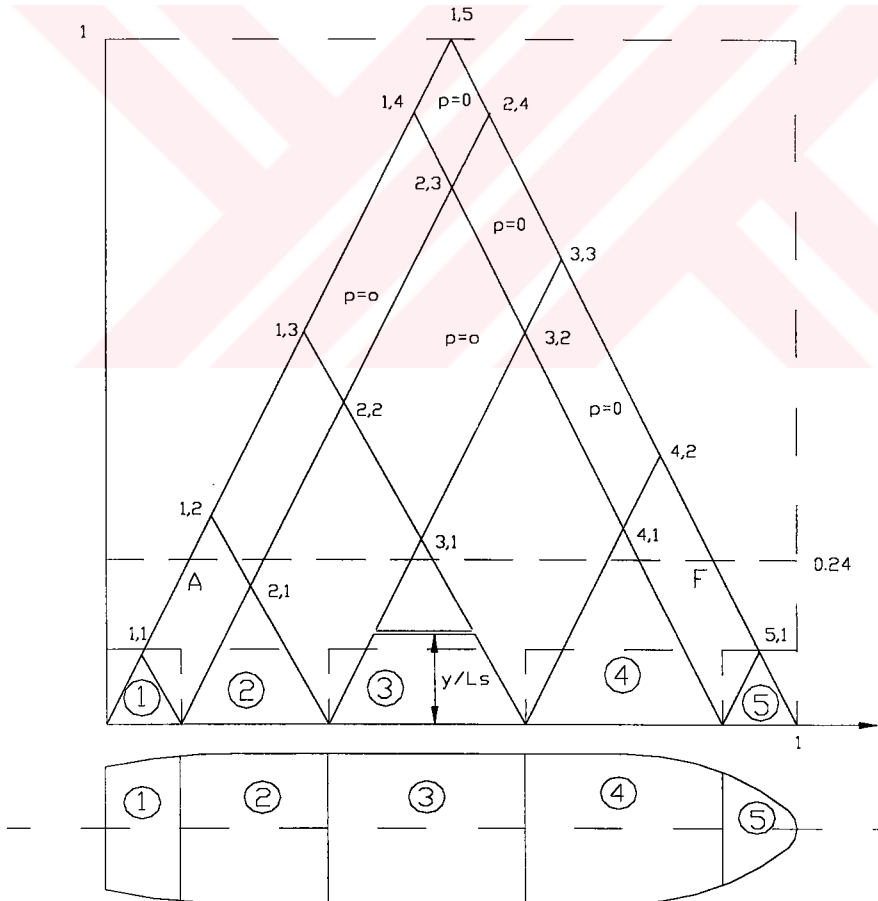
Unutulmamalıdır ki “İndeks A” sadece yandan alınan yaralanma durumları için kullanılmaktadır. Geleneksel olarak gemiler, dip ve karaya oturma yaralanmalarına karşı belirli bir minimum çift-dip yüksekliğinin kullanılması ile korunmaktadır. Ayrıca gemin en uç nihayetlerindeki yaralanma durumları (geminin başka bir gemiye baş tarafı yada kıç tarafı ile vurması) için hala deterministik yöntemler kullanılmaktadır. Gemi nihayetleri ve

dip yaralanmaları için kullanılan ampirik formüller en optimum yöntem olarak kabul edilmektedir.

Bölmelendirme seviyesinin belirlenmesinde kullanılacak ideal yöntemin, geminin düşey, boylamasına ve enine perdelerini hesaba pratik ve yeterince esnek olarak katabilecek düzeyde olması istenmektedir.

### 5.2.1 Enine perdeler ile bölmelendirme

Öncelikle basitlik amacıyla sadece enine perdelerle sahip bir bölmelendirmeyi inceleyelim. Olası bütün yaralanma boylarına göre belirlenecek yaralanma durumları Şekil 5.4'deki diyagram ile gösterilebilmektedir. Büyük üçgen olası bütün yaralanma boylarını içermektedir.



Şekil 5.4 Olası yaralanma durumlarının diyagramı yardımı ile gösterilmesi.

Sadece tepesine (1,1) olarak yazılmış üçgeni dikkate alalım. Bu üçgen yaralanmanın, birinci kompartımana denk geldiği durumu içeren senaryoya karşılık gelmektedir. Üçgenlerin numaralandırılmasında; birinci numara yaralanan ilk kompartımanı gösterirken ikinci numara kaç tane komşu kompartımanın bu yaralanmaya dahil edildiğini göstermektedir.

Benzer şekilde, (1,2) olarak numaralandırılmış üçgen ile kompartıman birden başlayarak iki adet kompartımanın, ① ve ②, yaralandığı durumu içermektedir.

Gösterilen 5 kompartımanlı gemi için toplam 15 adet olası, devamlı ve bölünmesiz yaralanma senaryosu vardır. Beş adet tek kompartıman, dört adet iki komşu kompartımanın, üç adet üç komşu kompartımanın, iki adet dört komşu kompartımanın ve bir adet bütün beş komşu kompartımanın yaralanma durumu vardır. Bütün bu 15 adet yaralanma senaryosu Şekilde 5.4 diyagramda bulunan üçgen ve paralel kenarlar ile gösterilmektedir.

|                                              |                                          |
|----------------------------------------------|------------------------------------------|
| Üçgenler (1,1), (2,1), (3,1), (4,1) ve (5,1) | - tek kompartımanın yaralanması          |
| Paralelkenarlar (1,2), (2,2), (3,2) ve (4,2) | - iki komşu kompartımanın yaralanmaları  |
| Paralelkenarlar (1,3), (2,3) ve (3,3)        | - üç komşu kompartımanın yaralanmaları   |
| Paralelkenarlar (1,4) ve (2,4)               | - dört komşu kompartımanın yaralanmaları |
| Paralelkenar (1,5)                           | - bütün kompartımanların yaralanması     |

Kuralların uygulanması amacıyla, çok uzun yaralanma boylarının olma olasılığının çok düşük olması kabulünden hareketle olasılıklar sıfır olarak alınabilir. İstatistiki veriler göz önüne alındıklarında 0.24  $L_s$  üzerindeki yaralanma boylarının olma olasılıkları ihmal edilebilir.

Sonuçta yaralanmanın sadece OAF1 trapezi içerisinde kalacak şekilde olacağı kabul edilir ve bu trapez içindeki her bir üçgen ve paralel kenar için p sıfırdan farklıdır. Doğal olarak bütün yaralanma olasılıklarını taşımasından dolayı OAF1'nin alanı bütünlüğü göstermeli; yani  $\Sigma p = 1$  olmalıdır.

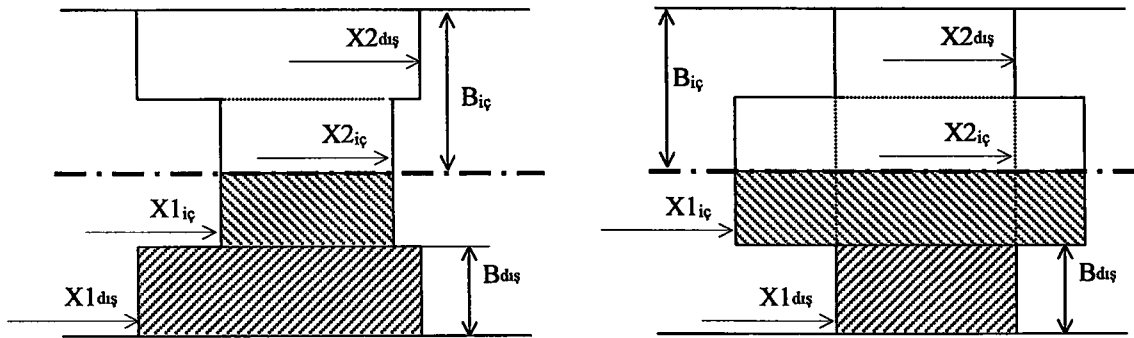
### 5.2.2 Enine ve boyuna perdeler ile bölmelendirme

Gemilerde enine perdelerin yanında boyuna perdelerinde kullanılması sıkça görülmektedir. Bölmelendirme indeksinin hesaplanmasında kullanılacak yöntemin bu konuyu da içine alması oldukça önemlidir. Ayrıca enine perdelerde adımlar mevcut ise yaralanmanın bu adımlara kadar olan nüfuzunun olasılığında hesaplaması gereklidir. A.265 tarafından verilen hesaplama yöntemlerinde olası perdelerdeki girintiler ihmal edilmiştir. Hesaplamaların doğru olarak yapılabilmesi için “p” ve “s” faktörlerinin hesaplanmasında aşağıdaki iki kısmın beraberce yapılması gerekmektedir:

- öncelikle bordadan ilk boylamasına sınıra olan yaralanma nüfuzunun hesaplanması,
- sonrada, bu ilk boylamasına sınırdan sonraki sınıra kadar ki nüfuzun hesaplanmasıdır.

Şekil 5.5 incelendiğinde anlaşılabacaktır ki genel olarak bir kompartımana ya da bir kompartıman grubuna gelen yaralanma hesaplanmasından indeks A’ya gelen katkının hesaplanmasında, ilk olarak dış bölgenin yaralanacağı  $B_{dış}$  derinlikli nüfuz dikkate alınır. Daha sonra bir sonraki boylamasına sınır olan iç bölgenin beraberce yaralanmasına sebep olan  $B_{iç}$  derinlikli nüfuz dikkate alınır.

Her bir alanın yaralanma olasılığının hesaplanması için alanların kendine ait ayrı sınır koşulları belirlenmelidir. Burada kullanılan  $x1$  ve  $x2$  yaralanma bölgelerinin gemi kıçından olan sırasıyla başlangıç ve bitiş uzaklıklarını göstermektedir.



Şekil 5.5 Çeşitli kompartıman ya da kompartıman grubu sınırlarının gösterimi.

### 5.2.3 Yatay perdeler ile bölmelendirme

Yolcu gemisi kurallarının geliştirilmesi sürecinde her zaman için yaralanmanın yatay uzantısına hiç bir sınır konulmamıştır. Buna karşılık kargo gemileri için geliştirilen yaralanma kuralları içersinde (IMO, 1990), geminin draftının yeterince üzerinde olan bölmelendirmelerden gelecek faydalar hesaba katılmaktadır. Fakat hala yürütülen ve 2001 yılı sonunda bitirilip uygulamaya alınması planlanan yolcu ve kargo gemileri kurallarının bir birine uyumu çalışmalarında bu konuyu her iki kurallar setinde aynı şekilde kullanılması amaçlanmaktadır.

Yatay olarak yerleştirilen su geçirmez bölmenin yüksekliği,  $H$  olarak alınsın. Bu yatay perde eğer,  $H > H_{\max}$  ise %100 efektif hale gelmektedir. Bunun anlamı yaralanmanın bu yükseklikteki bölmelere ulaşması olasılığı ihmal edilecek kadar azdır. Burada  $H_{\max}$ , karşılaşılabilecek en yüksek düşey yaralanma uzantısıdır.

Buna karşılık, eğer  $H < H_{\max}$  ise, ancak drafttan yeterince yukarıda olması durumunda, baskın sularının yayılımının yaralanma bölgesi için sınırlanmış olacağı kabul edilir. Bunun hesaplanmasında diğer yaralanma uzantılarının hesaplanması gibi mevcut yaralanma arşiv bilgilerinin değerlendirilmesinden elde edilen dağılım fonksiyonları kullanılmaktadır. Yatay bölmelendirmenin hesaba katılması geliştirilen “v” faktörünün çeşitli yaralanma yüksekliklerinin değerlendirilmesinde “s” faktörü ile beraber kullanılmasıdır.

### 5.2.4 Olasılık yönteminde kullanılan faktörler ve indeks A nın hesaplanması

Geminin bölmelendirme indeksinin hesaplanması kurallarda belirtildiği gibi belirli bir yöntem ile yapılır, (IMO, Resolution A.265 (VIII), 1974). Yöntemin gerçekçi olması için, kullanılan parametrelere bazı limitler öneri mahiyetinde getirilmiştir. Geminin beşten az ve 25’den fazla olacak şekilde ana kompartımanlarla bölmelendirilmemesi ve aynı anda beşten fazla kompartımanın yaralanma durumlarının alınmaması tavsiye edilmektedir.

Eğer NAG, yaralandığı kabul edilen komşu kompartıman sayısı ve NAC, yaralandığı kabul edilen kompartıman grubundaki son kompartımanın numarası olarak alındığında ulaşılan bölmelendirme indeksi (5.9) ile hesaplanır.

$$A = \sum_{iag=1}^{NAG} \sum_{ia=1}^{NAC} dA, \quad (5.9)$$

Bu (5.9) ifadesindeki dA değeri, herbir yaralanma durumunun indeks A'ya katkısını vermekte olup (5.10) ifadesi ile hesaplanır. Kompartıman numaraları, bir numaralı kompartıman geminin en kış tarafındaki kompartıman olmak üzere verilir. Her bir “dA” değeri ise çizelge 5.6’de verilen faktörlerin çarpılması ile elde edilir.

Çizelge 5.6 dA’nin hesaplanmasında kullanılan faktörler.

| Faktör    | Kural No                             | Formül No      |
|-----------|--------------------------------------|----------------|
| <i>a</i>  | 6(b)                                 | III            |
| <i>p</i>  | 6(c)                                 | IV, V, VI, VII |
| <i>r</i>  | 7(b) & 7(c)                          | X              |
| <i>wt</i> | 6 (d) (ii)                           | IX             |
| <i>v</i>  | İlerki kurallarda uygulamaya girecek |                |
| <i>s</i>  | 6 (d)(i) & (ii)                      | VIII, IX       |

$$dA = a \cdot p \cdot r \cdot v \cdot wt \cdot s \quad (5.10)$$

Genel olarak dA 3, 6 yada 12 kısımdan oluşmaktadır. Buna neden olarak aşağıdaki durumlar gösterilebilir:

- Yolcu gemileri kurallarında üç adet draft değeri üzerinden hesaplamalar yapılmaktadır. Bunun sonucunda “s” faktörü, draftların ağırlık faktörü ile çarpılmaktadır. Ağırlık faktörleri (5.11), (5.12) ve (5.13) olarak verilmektedir.

$$wt_1 = 0.45, \quad (5.11)$$

$$wt_2 = 0.33, \quad (5.12)$$

$$wt_3 = 0.22, \quad (5.13)$$

- Yaralandığı kabul edilen kompartımanlarda boyuna bölmelendirme perdelerinin bulunması durumunda, iki adet “r” faktörünün hesaplanması yapılır. Yaralanmanın boyuna perdeye kadar olan ve perdeden daha derine nüfuzu olasılıkları,  $r_{dış}$  ve  $r_{iç}$  olarak verilir.
- Yatay bir bölmelendirmenin dikkate alındığı durumda iki adet faktör,  $v_{alt}$  ve  $v_{üst}$  hesaplanmaktadır. Bu gelecekte yürürlüğe girecek kurallar setinde yer alacaktır.

Bunların bir araya toplanması durumunda bu faktörler (5.14) ifadesi ile matris formunda gösterilebilirler.

$$dA = \begin{bmatrix} apr_{ic} \\ apr_{dis} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} v_{alt} \\ v_{ust} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} wt_1 \\ wt_2 \\ wt_2 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} s_1 \\ s_2 \\ s_3 \end{bmatrix} \quad (5.14)$$

### 5.2.5 Olasılık hesaplarına dayalı yöntemin zayıf tarafları

İlk olarak 60’lı yıllarda gelişen bu yöntemin en hassas olduğu nokta, kullandığı bilgilerin gerçekten dünya denizlerindeki gemi topluluğunu temsil edip etmediğidir. Bunun yanında belli başlı diğer noktalar aşağıdaki gibi sıralanabilir.

Gerçekçi bir kurtulma faktörünün geliştirilmesi: Kargo ve yolcu gemisi yönetmeliklerinde kullanılan formüller ile hesaplanan s-faktörünün, geminin sakin suda hesaplanan statik stabilite değerlerinden hareketle geminin kurtulabilirliğini belirlemesi, başta dalgaların dinamik etkisi olmak üzere pek çok konunun ihmal edilmesine neden olmaktadır. Geminin tanımlanan bir yaralanma durumundan kurtulabilirliğini etkileyen pek çok etkenin var olduğu açık iken, bunu sadece GZ eğrisine bakarak değerlendirmek olasılık yöntemi ile yapılan bütün yaralı gemi stabilite değerlendirmesinin zayıf kalmasına sebep olmaktadır (VASSALOS.vd., 1997). Mevcut yöntem gemilerin kaybına neden olan en önemli etkenin “Dalga Yüksekliğinin”, stabilitenin bozulmasına neden olup kayıpları hızlandıran “Yükün

Yer Değiştirmesinin” ve insan hatalarından dolayı olabilecek yanılmalar, hesaplamalar sırasında göz önüne alınmamıştır.

Gerekli İndeks’in belirlenmesi: Gerekli indeks’in belirlenmesi bir bakıma, politik bir seçim olmaktadır. Oluşturulması gerekli görünen güvenlik seviyesi yolcu gemilerinde, gemideki (risk altındaki) insan sayısına göre belirlenmekte, ancak kargo gemilerinde ise bu geminin boyuna bağlı olarak geliştirilmiş formüller yardımı ile belirlenmektedir. Bunun daha gerçekçi ve bilimsel olarak belirlenmesi gereklidir.

Hesaplamalarda dikkate alınan gemi draftı; Yolcu gemisi için kullanılan A.265 nolu önergede hesaplar üç adet draft üzerine iken kargo gemileri için sadece iki adet draft kullanılmaktadır. Geminin operasyonu boyunca draft değişimi dikkate alındığında, özellikle Kargo gemilerince kullanılan iki draftın yetersiz olduğu da aşikârdır. Bu durumun yeniden incelenerek gemilerin operasyonu boyunca kullanacakları draft varyasyonlarına uygun değerlerin hesaplamalarda kullanımı gereklidir.

Permeabilite değerleri: Yukarıda bahsedilen draft durumlarına uygunluk sağlayan yükleme durumlarının gereği özellikle yük ambarlarında, balast ve tank gibi hacimlerdeki değişimleri hesaba katabilecek değerlerin geliştirilmesi gereklidir. Özellikle farklı yük çeşitlerinin getirdiği permeabilite değerlerinin atanması aynı zamanda kullanımı basit olması istenen bir yöntemin geliştirilmesi gereklidir.

Yaralanmanın yatay uzantısı: Yolcu gemilerine uygulanan olasılık yöntemi, yaralanmanın yatay uzantısında herhangi bir sınırlamaya kredi vermemektedir. Bu nedenle su hattı üzerindeki herhangi bir su geçirmez güvertenin getireceği avantajlardan tamamen uzak kalınmıştır. Tersine su hattı üzerindeki düşey bölmelendirmelerin, açık avantajlarından dolayı teşvik edilmesi gerekmektedir.

### **5.3 Stockholm Bölgesel Antlaşması**

ESTONIA’nın kaybindan sonra denizcilik sektörü temelden sarsılmış, bunun sonucunda RoRo ferilerinin güvenliğinin artırılması amacıyla hızla yeni çalışmalar başlatılmıştı

(LITTLE ve HUTCHINSON, 1995). IMO bir uzmanlar paneli oluşturup RoRo güvertesindeki su toplanmasından dolayı ortaya çıkan gemilerin hızla alabora olarak batmalarını, ESTONIA gibi kazaların bir daha ortaya çıkmasını engellemek amacı ile gelen önerileri incelemeye alarak, dalgaların güvertede toplanmasının etkisini dikkate alan bu yöntemi geliştirmiştir. Yöntem Kuzey Batı Avrupa ülkeleri tarafından üzerinde anlaşarak uygulamaya alınmış ve gemilerin bu kuralları sağlamaları için belirli bir takvim düzenlenmiştir.

IMO tarafından da onaylanan bu anlaşma ile Kuzey Batı Avrupa ve Baltık Denizi ülkeleri limanlarına sefer yapan bütün RoRo yolcu gemileri için özel olarak uygulanması gerekli yeni standartlar konulmuş ve bunlar “*Stockholm Bölgesel Anlaşması*” yada “*SOLAS’90+50*” olarak adlandırılmaktadır. Şekil 5.6’de gösterildiği gibi Kuzey Batı Avrupa ve Baltık Denizi üzerinde görülebilecek karakteristik dalga yükseklikleri bölgelere göre verilmiştir.



Şekil 5.6 Hs dağılımı haritası.

Geminin çalıştığı rota üzerindeki en büyük karakteristik dalga yüksekliğinin dikkate alınarak geminin bu dalgada çalışabilirliğinin yapılacak ilave su yüksekliği hesapları ya da sadece mevcut gemilerde alternatif olarak kullanılabilecek model testleri ile gösterilmesi gereklidir. Böylece SOLAS kurallarını sağlayan gemiler ayrıca güvertede birikebilecek deniz suyunun geminin stabiliyesini zayıflatırsa bile batmaması için gerekli stabilitenin mevcudiyetinden emin olmak amaçlanmaktadır.

RoRo güvertesine baş, kıç ve yan kapılardan su girişi bu açılımların gözlem, kapatma ve kilitleme sistem standartları da getirilen daha sıkı kurallar ile geminin su alma ihtimali minimize edilmeye çalışılmaktadır. Ayrıca bir kazaya uğraması sırasında suyun güvertede birikerek oluşturabileceği problemlerin önüne geçmek için bu bölümde açıklanan hesaplama yöntemi geliştirilmiştir (SVENSEN ve RUSAAS , 1996).

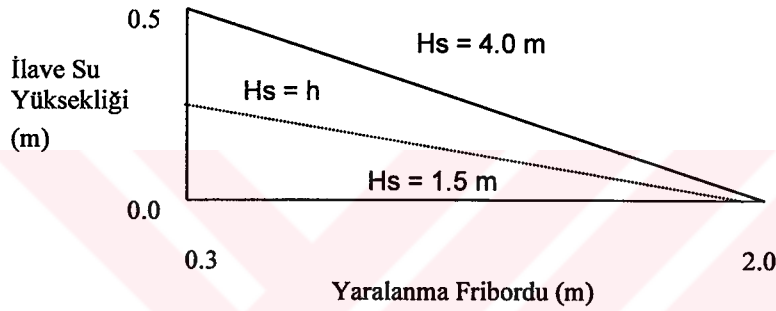
### 5.3.1 Güvertedeki ilave su birikimini hesaplama yöntemi

Bu kuralların temeli araba güvertesi üzerine yüksekliğinin karakteristik dalga yüksekliği ve yaralanma fribordu değerleri üzerinden belirlenecek ilave su kütlesi ile SOLAS'90 hesaplarının yapılmasıdır. Yöntemde ilave su yüksekliğinin belirlenmesinde Şekil 5.7'de gösterilen diyagramdan yararlanılır.

Kullanılan temel kabuller şöyle sıralanabilir:

- MSC/Circ. 153'de belirtildiği gibi kaydedilen bütün deniz çatışma olaylarının %99'da dalga yüksekliğinin 4.0 m'yi geçmediği görülmektedir. Bu nedenle 4.0 m olabilecek en kötü dalga durumu olarak göz önüne alınmıştır.
- SOLAS'90 standartlarını sağlayan bir geminin kurtulabilirlik sınırının karakteristik dalga yüksekliği cinsinden 1.5 metre olduğu, MSC/Circ.153'de yayımlanan, bütün çatışma kayıtlarının %89'unu kapsamakta olan dağılım fonksiyonundan belirlenmiştir.
- Karakteristik dalga yüksekliğinin 1.5 m - 4.0 m olduğu aralık için hesaplanmasına karar verilmiştir.
- Geminin işletim rotası üzerinde karşılaşacağı karakteristik dalga yüksekliği sağlanması gerekli hedef parametredir.

- Yapılan çalışmalar kullanılması gerekli maksimum ilave su yüksekliğinin 0.5 m olması gerekliliğini göstermektedir.
- Bununla beraber ilave su yüksekliğinin karakteristik dalga yüksekliği yanında yaralanma açıklığındaki fribord değerinde bağlı olması gerektiği yapılan araştırma ve model testleriyle belirlenmiştir. Fribord değerinin 2.0 m olduğu durumda güverteye su birikmesinin 4.0 m karakteristik dalga yüksekliği için sıfır yada çok zayıf bir ihtimal olduğu belirlenmiştir. Fribord değerinin 0.3 m yada daha az olduğu durumlarda maksimum olarak dikkate alınan 4.0 m karakteristik dalga yüksekliğinde ilave edilecek su yüksekliği 0.5 m olarak belirlenmiştir.



Şekil 5.7 Stockholm Antlaşması.

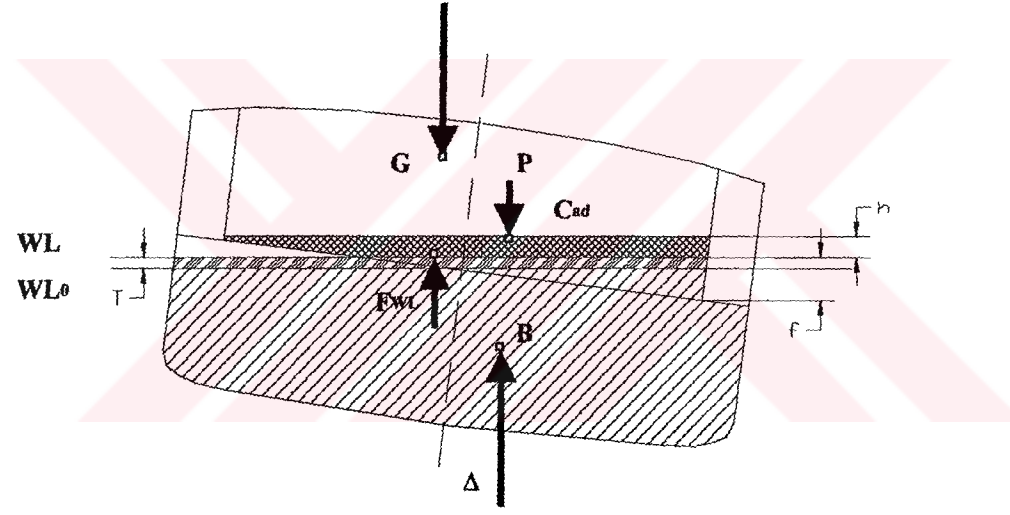
Bu yeni kurallar ayrıca mevcut gemilere de zorunlu tutulmuş ve sahip oldukları  $A/A_{\max}$  değerlerine göre Çizelge 5.7 de verilen takvime uymaları gerekmektedir.

Çizelge 5.7  $A/A_{\max}$  değerlerine göre mevcut RoRo ferilerin Stockholm Antlaşmasına uyma takvimi.

| $A/A_{\max}$      | Uyma Tarihi    |
|-------------------|----------------|
| % 85'den az       | 1 Nisan 1997   |
| % 90'dan az       | 31 Aralık 1998 |
| % 95'den az       | 31 Aralık 1999 |
| % 97.5' dan az    | 31 Aralık 2000 |
| % 97.5' dan fazla | 31 Aralık 2001 |

Bununla beraber geminin verilen bir dalga yüksekliğinde kurtulup kurtulamayacağı konusunda, şu andaki bilgi seviyesindeki belirsizliklerden dolayı model testlerinin yardımı ile geminin kurtulabilirliğinin gösterilmesine imkan sağlayan bir alternatif yol SOLAS II-1/8 nolu düzenlemeyle verilmektedir.

Bu yeni düzenlemeler ile RoRo işletmecileri ve sahipleri özellikle alternatif olarak ortaya çıkan model testleri ile gemilerinin kurtulabilirliğini göstermeyi, deterministik yöntem ile yapılan hesaplamalara tercih ettikleri gözlenmektedir. Bu da geliştirilmesi gerekli pratik ve maliyeti etkileyici çözümlerin sistematik olarak aranması ve bu yönde teorilerin geliştirilip sadece mevcut gemilerde değil, aynı zamanda yeni dizaynlarda da kullanılacak yöntemlerin geliştirilmesini de bir bakıma engellemektedir.



Şekil 5.8 Stockholm Antlaşmasına göre ilave su yüksekliğinin konulması.

Şekil 5.8’de gösterilen kesitte ilave edilecek su miktarının hesaplanmasında kullanılacak yaralanma fribordunun değeri “f” ölçümü yan casing uygulaması için verilmektedir. Yaralanamdan sonra  $WL_0$  su hattında dengede yüzen geminin sadece güverte alanına “h” yüksekliği kadar su ilave edilecektir. Böylece gemi bu ilave su ağırlığından dolayı bir miktar, T, batarak tekrar bir denge su hattında, WL, yüzmeye başlayacaktır. Bu durum için geminin statik stabilite eğrisi hesaplanarak SOLAS kurallarını sağlayıp sağlamadığı kontrol edilmektedir.

### 5.3.2 Performans esaslı kriter

Yaralı bir geminin dalgalı denizdeki dinamik hareketlerinin hesaplama yöntemleri ile doğru olarak modellenmesi, olaydaki pek çok parametrenin rastlantısal olmasından dolayı çok zordur. Stockholm Antlaşmasının hazırlanması sırasındaki çalışmalarda da bu konu dikkate alınarak özellikle mevcut gemilerin bir yaralanmadan kurtulabilme kabiliyetlerinin model testleri yardımı ile gösterilmesi gibi bir alternatif yol endüstrinin kullanımına açılmıştır. Bu kısımda bahsedilen model test prosedürü günümüzde kullanıldığı üzere açıklanmaktadır. Bu test prosedürü IMO tarafından yayınlanan önerilerin ışığında her ülkenin kendi filosundaki RoRo gemilerine nasıl uygulayacaklarına dair açıklamalı notlar yayınlamaktadır. Yazarın yaptığı çalışmalarda İngilterenin, Deniz ve Sahil Koruma Ajansı, MCA\*, tarafından yayınlanan ilgili notlar kullanılmıştır (IMO, 1996).

Bütün bu gelişmelere ilişkili olarak, belirleyici yapıdaki SOLAS'90+50 hesaplama yöntemi yerine bir geminin kazadan sonra dalgaların güvertede birikmesinden dolayı doğacak olumsuz etkilerden kurtulabilme yeteneğinin model testleri ile ölçülmesi, RoRo endüstrisi üyeleri arasında oldukça ilgi görmektedir. Gemi sahipleri aslında gemilerinin yeterli derecede stabiliteye sahip olduğuna inanmaları halinde, doğrudan model testleri ile gemilerinin kuralları geçmesini tercih edilmektedir. Genelde SOLAS'90+50 standartlarının hesaplama yolu ile sağlanabilmesi için özellikle araba güvertesinde büyük değişimlere gitmenin işletim bakımından ekonomik olmamasından dolayı, gemilerini model testi yöntemi ile sertifikalandırmayı tercih etmektedir.

Uzun sürelerdir uygulamada yer almış durumdaki kuralcı standartlar yanında geminin kabiliyetlerinin daha iyi şekilde ortaya koyulduğu performans temelli yöntemler uluslararası alanda kullanıma girmiş olmaktadır. Burada getirilen bu alternatif yol ile beraber gemilerin yaralanma senaryolarından kurtulabilirliği üzerine geliştirilen formül ve yöntemler yerine direk olarak bir geminin yeteneğinin ölçülmesi ve bunun kabul edilebilir doğrulukta olması için yeni test standartlarının geliştirilmesi gerekli olmuştur. Ayrıca model testleri üzerine geliştirilen ve tasdik edilmiş nümerik modeller giderek kullanımı artan bir yöntem haline gelmektedir.

---

\* MCA (Marine Coastguard Agency, MCA) İngilterenin ulaştırma bakanlığına bağlı olarak çalışmaktadır.

### 5.3.2.1 Test yöntemi

Geminin hangi yaralanma senaryosuna göre test edileceği gene bilinen yaralanma stabilitesi hesaplama yöntemleri ile yapılmaktadır. SOLAS Kuralları II-1/8 \* hesaplamalarında en kötü sonucu veren ve geminin ortasından  $\pm 10\%L_{bp}$  uzaklıktaki bir alan içerisinde kalan yaralanma açıklığının sebep olduğu yaralanma senaryosu seçilmektedir.

Gemi modelinin aşağıdaki özellikleri taşıması istenmektedir:

- Dikeyler arası boy ( $L_{bp}$ ) en az 3.0 m olmalı,
- Modelin teknesi mümkün olduğunca ince malzemeden yapılmalı,
- Geminin hareket karakterinin doğru olarak modellenmesi için enine ve boyuna dönme yarı çapının kontrol edilmesi gereklidir,
- Draft, trim, meyil ve ağırlık merkezinin en kötü olarak seçilen senaryoya uygun olmalıdır,
- Genel dizayn özelliklerinden su geçirmez bölmelendirme perdeleri ve hava kaçışları uygun olarak modellenmeli,
- Yaralanma açıklığı aşağıda verildiği gibi olmalıdır;
  - Dik dörtgen şekilli yan görünüş genişliği SOLAS kuralları II-1/8.4.1 göre alınan ve düşey uzantısı sınırsız,
  - Üstten görünüşü SOLAS kuralları II-1/8.4.2 göre B/5 yükseklikli ikiz kenar üçgen şekilli, yatay nüfuz etmiş yaralanma dikkate alınmalı.

Model test yöntemi: Gemi modeli, gerekli karakteristik dalga yüksekliğinde, ( $H_s$ ), JONSWAP spektrumuna göre üretilmiş uzun dalga tepeli düzensiz dalgaları yaralı açıklığının bulunduğu taraftan alacak şekilde havuza yerleştirilmeli (Şekil 5.9). Dalgaların tepe periyodu, dalga dikliği değerine göre, (5.15) ve (5.16) ile hesaplanan değerlerde üretilmelidir.

---

\* Burada verilen kurallar geliştirilmiş ve genel olarak SOLAS'90 olarak adlandırılan standartlardır.

$$T_p = 4\sqrt{H_s} \quad \gamma = 3.3 \text{ için} \quad (5.15)$$

$$T_p = 6\sqrt{H_s} \quad \gamma = 1.0 \text{ için} \quad (5.16)$$

Model yandan çarpan dalgalarından dolayı sürüklenmeye açık olmalı ve dalgaları devamlı yandan alması sağlanmak için yan öteleme hareketi engellenmelidir. Geminin denge durumunda  $1^\circ$  den daha az meyil açısı var ise model yarananma tarafına  $1^\circ$  başlangıç meyili ile konulmalıdır.

En azından beş (5) adet test her bir  $T_p$  değeri için yapılmalıdır. Her bir model test en azından gemi ölçeğinde 30 dakika sürmeli. Her test için farklı dalga grubu yaratılmalıdır.

Model testleri aşağıdaki yarananma durumları için yapılmalıdır:

- SOLAS hesaplarından en kötü  $\overline{GZ}$  eğrisi altındaki alan değerini veren yarananma durumu,
- Gemi ortasındaki belirlene alan içersindeki en kötü yarananma fribordunu veren durum.

Testler boyunca eğer modelin yalpa hareketi  $30^\circ$ 'yi, % 20'den daha sıklıkta geçmesi yada meyil açısının devamlı olarak  $20^\circ$ 'yi geçen bir açıya ulaşmış olması hallerinde geminin alabora olarak battığı kabul edilir.

### 5.3.3 Stockholm antlaşmasının zayıf tarafları

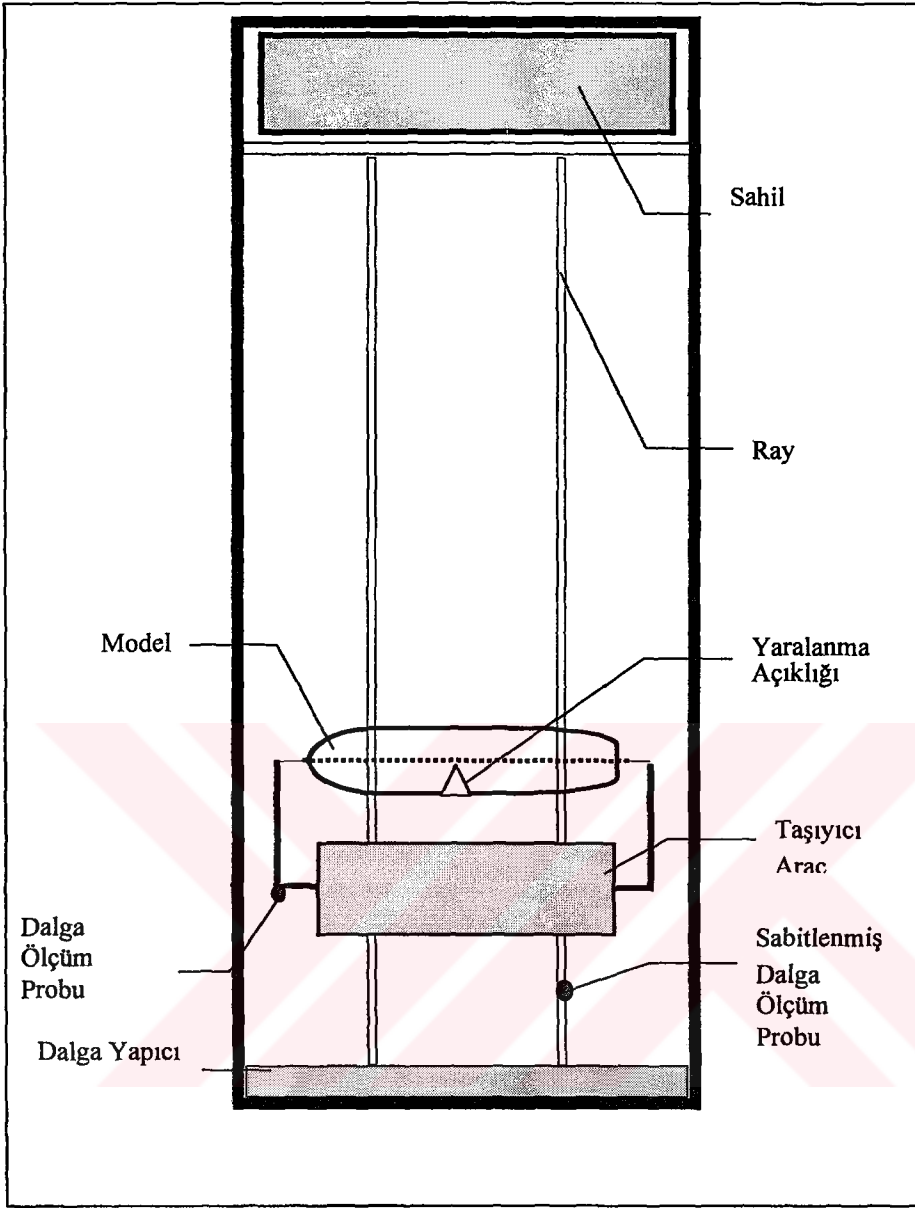
Günümüzde ferri işletmecileri tarafından mevcut gemilerinin güvenlik seviyesinin gösterilmesi için yapılan model testleri ile karşılaştırılınca hesaplamalar ile değerlendirilen güvenlik seviyesinin gerçekten çok uzak olduğu görülmektedir. Bu nedenle pek çok ferri işletmecisi hesaplama yolu yerine model testleri ile gemilerinin güvenlik seviyelerini gösterme yolunu seçmektedir.

Yetersiz test sonuçlarına dayalı olması: Yöntemin geliştirilmesi sırasında yapılan model testlerinde çok sayıda ve farklı gemi tiplerini temsil eden modeller kullanılmamış. Çok

farklı güverte tiplerinin denenmesi mümkün olamamıştır. Bu nedenle ulaşılan sonuçların farklı güverte şekillerine uygulanmasından dolayı amaçlananın dışında sonuçların alınmasına neden olmaktadır.

RoRo sisteminin gelişimini bozmaktadır: RoRo gemilerinin geliştirilmesindeki temel noktalardan olan her türlü ulaşım aracının rahatça giriş, çıkış yapabildiği ve üzerinde hareket etmesi kolay geniş RoRo güvertesidir. Stockholm Antlaşmasının gereklerinin sağlanması için geminin RoRo güvertesinde bölmelendirmeye gidilmesine sebep olmaktadır. Bu durum RoRo güvertesinin rahat kullanımını engellemektedir.

Sadece klasik RoRo ferilerine uygun olması: RoRo güvertesine biriken suyun etkisinin hesaba katılması için kullanılan bu yöntemin klasik RoRo gemileri için geliştirilmiş olmasından dolayı “washport” gibi RoRo güvertesindeki suyun uzaklaştırılması için geliştirilen sistemler hesaba katılmamıştır. Buna karşın güvertedeki suyun daha aşağıdaki boş bölmelere boşaltılması gibi farklı sistemler gemilerde sıkça uygulanmaya başlanmıştır.



Şekil 5.9 Model havuzunun genel görünüşü.

## 6. TOPLAM STABİLİTE DEĞERLENDİRMESİ

Toplam stabilite değerlendirmesi geminin sahip olduğu bölmelendirmeye olası bir kazaya uğrama durumundan sonra batmadan kurtulabilme kabiliyetinin belirlenmesini amaçlamaktadır. RoRo gemilerinin mevcut kurallar ve bilinen nümerik yöntemler yardımı ile incelenmesini içeren bir işlemdir.

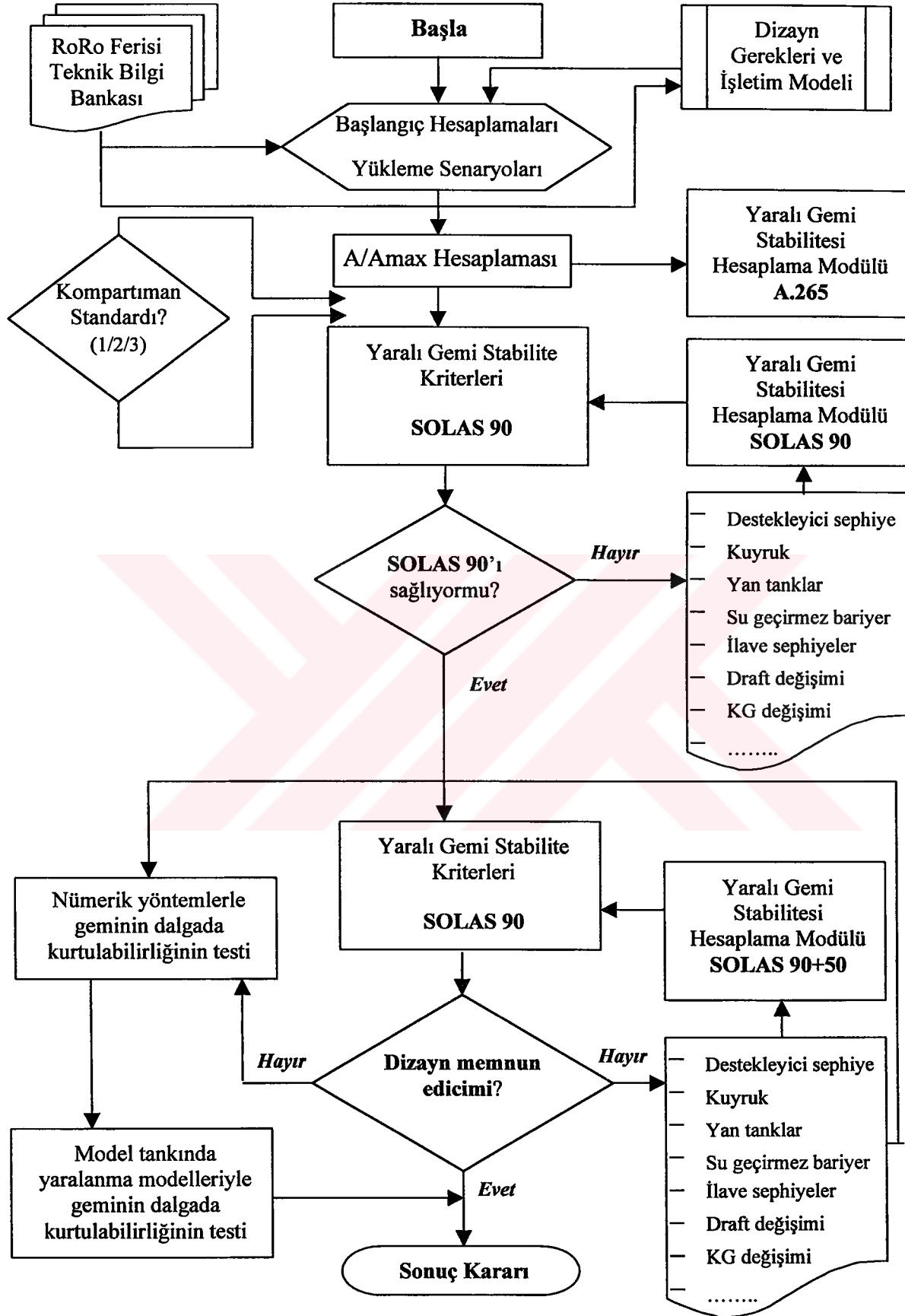
Özellikle RoRo gemilerinin giderek artan popülaritesine karşın yaşanan kötü kazaların ardından dünya RoRo filosunun standartlarının geliştirilmesinde uluslararası alanda varılan ortak görüş doğrultusunda mevcut seferdeki gemilerin standartlarının artırımı söz konusu olmuştur. Burada konu daha güvenli bir dizaynın geliştirilmesinden ziyade mevcut bir geminin güvenlik seviyesinin ölçülmesi ve gerekli güvenlik artırıcı yöntemlerin uygulamaya alınmasıdır.

Yöntem geminin stabilite standartlarını sağlayıp sağlamadığının kontrol edilip gerektiğinde bilinen yöntemler ile zayıf noktalarının geliştirilmesi için gerekli olan basamakları tanımlar. Başlıca bilinen ve kullanılan yöntemler; *SOLAS Kuralları*, *STOCKHOLM Antlaşması (SOLAS90+50)*, *Olasılık Yöntemi (A.265(VIII))*, *Nümerik Testler* ve *Fiziki Model Testleri* olarak sayılabilir. Bu kurallar ve stabilite ölçüm yöntemleri bu tezin daha önceki bölümlerinde incelenmişti.

### 6.1 Kullanılan Algoritma

Toplam stabilite değerlendirmesinde kullanılan algoritma için mevcut kurallar ve bilinen yöntemlerin nasıl bir araya getirildiği kontrol ve karar prosedürü akış diyagramı ile gösterilebilir (Şekil 6.1). Unutulmamalıdır ki algoritmada yer alan kurallar ve yöntemler yenileriyle değiştirilebilmekte yada ilaveler yapılabilmektedir.

Yapılan ilk işlem geminin bilgilerinin alınmasını son işlem ise ulaşılan analiz sonuçları ve kararın gemi işletmecisine rapor edilmesini içermektedir. Algoritma boyunca yapılması gerekli kontroller ve geri beslemeler verilmiştir. Her adımın alt grupları ilgili kurallar yada kullanılan yöntemin içeriğine göre değiştiğinden alt gruplar burada verilmemiştir.



Şekil 6.1 Kontrol ve karar prosedürü.

Geminin toplam stabilitesinin değerlendirilmesinde kullanılan algoritmanın içerisindeki kontrol ve karar prosedürünün başlıca hedefi mevcut gemilerin standartlarının global standart olarak kabul edilen SOLAS standartlarına ulaştırmak olarak düşünüldüğünden kontroller direk olarak SOLAS kuralları üzerine yapılmıştır.

Geminin bölmelendirmesinin kontrolünde kullanılan basitleştirilmiş olasılık hesapları formu olan A/Amax hesaplamaları sırasında ayrıca geminin A.265 hesaplamalarında yapılmaktadır. Çünkü olasılık hesaplarında, deterministik yöntemdeki geminin kuralları “sağlıyor/sağlamıyor” mantığından ziyade bir derecelendirme verilmektedir. Böylece dizaynın genel olarak kötü, iyi, çok iyi yada istenen standardın üzerinde diyebilecek şekilde “İndeks” değeri ile karşılaştırılması mümkün olmaktadır.

## 6.2 Değerlendirme Yöntemi

Geminin stabilite standartlarının artırılmasında kullanılacak yöntemin belirlenmesinde sadece yaralanma stabilitesi yönünden getireceği fayda değil, ayrıca bu yöntemin gemiye uygulanmasındaki zorluklar ve işletim kısıtlamalarının da belirlenmesi gereklidir. Bunun yapılması için her yöntemin değerlendirilmesinde aşağıdaki niteliklere göre değerlendirilmelidir;

- Kavram olarak uygulanabilirliği
- Tesisinde karşılaşılabilecek zorluklar
- İşletim ömrü
- Taşıma kapasitesine etkisi
- Güvenilirlik ve bakımı
- Acil durum kullanımı
- Mürettebat
- Edinme ve tesis zamanı
- Maliyet

### 6.2.1 Kavram olarak uygulanabilirliği

Yöntemin kullanımının değerlendirilmesinden önce incelemedeki gemiye ve çalışma sistemine uygunluğunun karar verilmesi gereklidir. Eğer sisteme uygulanması uygun ise detaylı incelemeye geçilmelidir.

Örneğin RoRo güvertesi üzerinde merkezi casing bulunan bir gemiye ayrıca yan casing uygulanması, RoRo güvertesinin kullanımını kısıtlayacağından kavram bazında elimine edilmesi doğru olacaktır.

### 6.2.2 Tesisinde karşılaşılabilecek zorluklar

Standart arttırıcı uygulamaların kavram olarak değerlendirilmesinden sonra tesisinde karşılaşılabilecek zorlukların belirlenmesi gereklidir. Burada cevabı aranan sorular “Geminin işletim rotasına ve amacına engel olmadan yöntemin tesisi mümkün mü?” ya da “Tekneye uygulanacak bu değişimler için harcanacak çaba istenilen sonuca ulaştıracak mı?” gibidir.

Eğer düşünülen yöntem teknede radikal değişimlere neden olacak ise zaten bu tür sistemlerin yeni tekne dizaynında kullanılan yöntem olarak değerlendirilmesi gereklidir. Unutulmaması gerekli nokta istenen sonuca götürecek standart arttırıcı yöntemin mevcut bir gemiye uygulanacak olmasıdır.

### 6.2.3 İşletim ömrü

Sisteme adapte edilen yöntemin gemi işletim ömrü boyunca işlevini yerine getirecek olması istenir. Dolayısıyla yöntemin işletim ömrünün önceden belirlenmesi gereklidir. Gemiye yapısal bir değişim getirecek ve işletim ömrünün sonuna kadar mevcudiyeti olacak bir yöntem mi yoksa su geçirmez bariyerler gibi gerektiğinde sökülüp atılabilecek bir yöntem mi uygulanacak. Gemi belirli bir süre sonra seferden alınacak ise yapılacak harcamanın sınırlı olması istenebilir. Bu gemi işletmecisi tarafından detaylı olarak düşünülmesi gerekli konulardandır.

#### 6.2.4 Taşıma kapasitesine etkisi

Geminin mevcut taşıma kapasitesi ve çalışma rotasının yoğunluğunun dikkate alınarak tesis edilecek yöntemin buna etkisi incelenmelidir. Örneğin harici sephiye kazandırıcı bir yapısal ilavenin gemi deplasmanında bir artışa neden olması daha fazla taşıma kapasitesi fakat daha az bir servis hızı (yada daha fazla yakıt harcamı) anlamına gelecektir. Bunların işletim amacına uyumluluğunun tespit edilmesi gereklidir.

Bir diğer örnek ise bariyer kullanımının kaçınılmaz cezalarından bir tanesi RoRo güvertesinde yapılacak yüklemenin bariyerlere göre yapılacak olmasıdır. Kullanılacak bir bariyer çözümünün daha önceki yükleme senaryoları ile karşılaştırılarak olası yük ve yükleme/boşaltma zaman kayıp hesaplanır. Böylece sistemin olası kapasite kayıpları belirlenebilir.

#### 6.2.5 Güvenilirlik ve bakımı

Tesis edilen yöntemin işletim ömrü boyunca amacına uygun olarak işlevini sürdürebilirliğinin dikkate alınması gereklidir. Bakım gerekliliğinin az olması avantajdır.

Bunun karşılaştırmalı olarak analizi her bir uygulama için oldukça zor olacağı gerçek. Pek çok sistemin uygun bilgileri elde bulunmayabilir. Ne var ki, genel olarak uygulamanın nasıl işletildiğinin belirlenmesinin dahi karşılaştırılması için bir temel teşkil edebilir. Genel olarak tesis edilecek uygulamaların işletim şekillerine göre aşağıdaki gibi sınıflandırılması mümkündür :

- Aktif ;Sadece acil durumda işleme alınır,
- Yarı-Aktif ;Geminin seyri boyunca işleme alınır,
- Pasif ;İşleme alınmasına gerek olmayan her an için işlevini sürdürür.

Unutulmamalıdır ki güvenlik amacı ile pasif sistemler her zaman için tercih edilirler. Aktif sistemin çalışırken işlevini yitirmesi gibi bir tehlike durumuna karşı pasif sistemler kullanılmalıdır.

### 6.2.6 Acil durum kullanımı

Her ne kadar bu uygulamalar yaralı gemi standartlarının artırılmasını amaçlasa da tesisinden dolayı geminin kazaya uğraması durumunda yolcu ve mürettebatın açık denizde veya limanda kurtarılma işlemindeki olası etkileride dikkate alınmalıdır. Bu nedenle uygulamaların acil durum kullanımı değerlendirilmesinde aşağıdaki noktalar dikkate alınır;

- Yaralanma kontrolü; Yangın ve Baskın uyarımı,
- Yolcu ve mürettebatın kurtarılması,
- Yangınla mücadele,
- Baskın suyunun uzaklaştırılması ve kontrolü.

Tesis edilecek uygulamanın yukarıda verilen konulardaki uluslararası kurallara uygunluğunun kontrolüde gereklidir.

### 6.2.7 Mürettebat

Uygulama ile gerekebilecek ilave mürettebat ihtiyacının da değerlendirilmesi gereklidir. Örneğin RoRo güvertesindeki açılıp kapanabilen bariyerlerin işletiminde kalifiye personel gerekmektedir. Ayrıca mürettebatın uygulamanın amacını ve gerekli işletim koşullarını alınacak verimin tam olması için öğrenmesi ve uygulaması gereklidir.

### 6.2.8 Edinme ve tesis zamanı

Özellikle dar bir işletim takvimi ile çalışan bir gemiye standart arttırıcı uygulamaların tesisinin planlanması oldukça zordur. Her uygulamanın edinme süresinin belirlenmesinde daha önce sektördeki benzeri uygulamaların bilgileri araştırılmalıdır. Uygulamanın gemiden gemiyede değişeceği için yaklaşık bir zaman hesaplanması için aşağıdaki ana faaliyetler dikkate alınmalıdır;

- Uygulama detaylarının geliştirilmesi,
- İnşaatı, üretimi,
- Gemiye tesisi,

- Testler ve denemeler.

### **6.2.9 Maliyet**

Listenin sonunda olmasına rağmen maliyetin doğru olarak hesaplamasının çok zor olmasıyla beraber oldukça önemli bir etkidir. Her parçanın maliyetinin bulunması zor olmakla beraber uygulamaların karşılaştırılması ve seçilmesinde önemli rol oynar. İlk tesis maliyeti yanında işletim ve bakım maliyetlerinde hesaplanması gereklidir.



## **7. RoRo FERİLERİNİN STABİLİTELERİNİN GELİŞTİRİLME YÖNTEMLERİ**

SOLAS kurallarının evrensel bir standart olarak uygulanmasının kabulü ile mevcut gemilerinde bu standartlara ayarlanması gerekliliği doğmuştur (IMO, 1997). Bu nedenle RoRo yolcu ferilerinin standartlarının yükseltilmesinde kullanılan yöntemlerin ve uygulamaların sistematik olarak araştırılmasına başlanmıştır.

RoRo sisteminin başlıca özelliği, geniş ve bölmelendirilmemiş araba güverteleri olduğundan, alınacak çözüm önlemleri her ne olursa olsun bu güvertenin kullanımının kısıtlandırılmaması tercih edilmektedir. Ayrıca dikkate alınan her bir yöntemin işletmeci ve gemi personeli tarafından kabul edilir olması, getireceği faydanın maksimum olması bakımından önemlidir.

Olası çözüm önerilerinin sayısı bu çalışmada verilen ile sınırlı olmayacağı unutulmamalıdır. Her farklı gemi türünün beraberinde getireceği özel uygulamaların o gemi türü için geçerli olacağı açıktır. Bu nedenle burada verilen gemilerin stabilitelerini arttırıcı öneriler genel özelliklerine göre başlıklar altında değerlendirilmiştir. Sonuçta çizelge 7.1'de verildiği gibi dokuz genel grup oluşturulmuş. Standart arttırıcı bu uygulamalardan mevcut gemilere uygulananlarının yanında yeni gemi dizaynları için kullanılanları da verilmiştir (HUTCHINSON K. vd., 1997).

### **7.1 Sualtı Formunun Düzeltilmesi**

#### **7.1.1 Tekne formunun değiştirilmesi**

Burada amaçlanan tekne formunun değiştirilerek başlangıç stabilitesinin arttırılması yolu ile yaralanma sonrası için yeterli artık stabilitenin kazandırılmasıdır. Bu türlü bir değişiklik gemide doğuracağı diğer büyük ölçekli değişiklikler ile beraber düşünülmelidir. Sadece stabilite amaçlı tekne formunun değişimi oldukça pahalı bir işlemdir. Tabiki yapılacak bu türlü değişiklikler yeni bir teknenin dizaynı olarak da düşünülebilir.

Çizelge 7.1 RoRo ferilerinin stabilitelerinin geliştirilmesinde kullanılan çözümler.

| Çözüm                                                 | İlave | Yeni İnşaa |
|-------------------------------------------------------|-------|------------|
| <b>1. Sualtı Formunun Düzeltilmesi</b>                |       |            |
| 1.1. Yüksek stabilite tekne formları                  |       |            |
| 1.1.1. Tekne formunun değiştirilmesi                  |       | ✓          |
| 1.1.2. Stabilitate artırıcı ekipmanlar                | ✓     |            |
| <b>2. Su Üstü Formunun Düzeltilmesi</b>               |       |            |
| 2.1. Genişletilmiş tekne formları                     |       |            |
| 2.1.1. Tekne formunun değiştirilmesi                  |       | ✓          |
| 2.1.2. Sephiye kazandırıcı yapılar                    | ✓     |            |
| <b>3. Araba Güvertesinin Değiştirilmesi</b>           |       |            |
| 3.1. Fribordun artırılması (güvertenin yükseltilmesi) |       | ✓          |
| 3.2. Profil güverteler                                |       | ✓          |
| <b>4. Güverteden Baskın Suyunun Uzaklaştırılması</b>  |       |            |
| 4.1. Suyun dahili olarak güverteden uzaklaştırılması  |       |            |
| 4.1.1. Delikli güverteler                             |       | ✓          |
| 4.1.2. Suyun tanklara basılması                       | ✓     | ✓          |
| 4.2. Suyun harici olarak uzaklaştırılması             |       |            |
| 4.2.1. Kontrollü washportlar                          | ✓     | ✓          |
| <b>5. Dahili Sephiye Kazandırıcı Yapılar</b>          |       |            |
| 5.1. Sephiye kazandırıcı yan tanklar                  |       |            |
| 5.1.1. Araba güvertesi altında (B/5)                  |       | ✓          |
| 5.1.2. Araba güvertesi altında (azaltılmış B/5)       | ✓     | ✓          |
| 5.1.3. Araba güvertesi altında boyuna bölmelendirme   | ✓     | ✓          |
| 5.2. Sephiye kazandırıcı üst güverteler               |       |            |
| <b>6. Harici Sephiye Kazandırıcı Yapılar</b>          |       |            |
| 6.1. Yapısal Destekleyiciler                          |       |            |
| 6.1.1. Sınırlı yapısal destekleyiciler                | ✓     |            |
| 6.1.2. Genişletilmiş yapısal destekleyiciler          | ✓     |            |
| 6.2. Şişme destekleyiciler                            |       |            |
| 6.2.1. Aktif şişme destekleyiciler                    | ✓     |            |
| 6.2.2. Yarı-Aktif şişme destekleyiciler               | ✓     |            |
| <b>7. Araba Güvertesinde Bölmelendirme</b>            |       |            |
| 7.1. Enine bariyerler                                 | ✓     | ✓          |
| 7.2. Boyuna bariyerler                                | ✓     | ✓          |
| 7.3. Casing uygulamaları                              | ✓     | ✓          |
| <b>8. Su Geçirmez Üst Yapılar</b>                     | ✓     | ✓          |
| <b>9. Çarpışmaya Dayanıklı Yapılar</b>                | ✓     | ✓          |

Tekne formunun geliştirilmesinde özellikle yaralanma sonrasında oluşacak aşırı trim koşullarının yaratacağı sephiye kayıplarının dikkate alınması gereklidir. Bu noktanın dikkate alınması için başlangıç stabilitesinin kontrolünde daha geniş bir trim aralığı kullanılmalıdır.

### 7.1.2 Stabilite arttırıcı ekipmanlar

Stabilite kazandırıcı sistem ve ekipmanlarda genelde geminin enine stabilitesini arttırdığı kadar gemi hareketlerinin de kontrolü amaçlı kullanılan sistemlerdir. Burada bahsi geçen başlıca sistemler; yalpa omurgası, yalpa finleri v.b. Geminin başlangıç stabilitesini destekledikleri gibi yaralandıktan sonrada yalpa hareketini azaltıcı etkileri vardır. Düşük hızlarda bile yalpa omurgasının hareket söndürücü faydası RoRo gemisi gibi narin formulu tekneler için oldukça faydalı sonuçlar vermektedir.

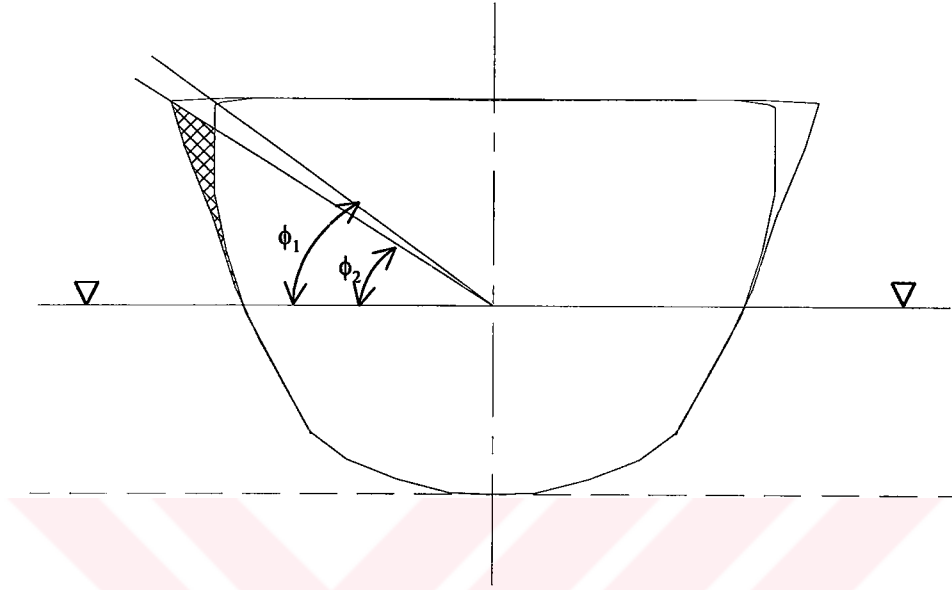
## 7.2 Su Üstü Formunun Düzeltilmesi

### 7.2.1 Tekne formunun değiştirilmesi

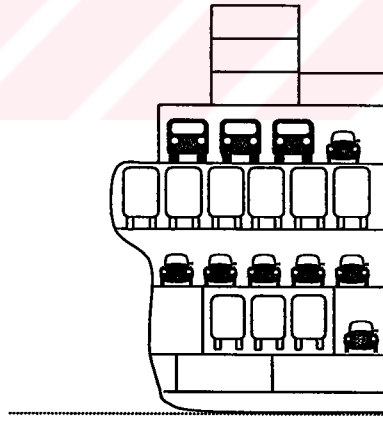
Yaralanma stabilitesinin artırılması için hiç şüphe yoktur ki geminin başlangıç stabilitesinde artırılması gereklidir. Tekne formunu belirlerken kullanılacak yüksek stabilite veren formların, geminin direnç değeri gibi diğer etkenlerinde göz önünde tutularak seçilmesi, istenen yaralanma stabilitesi standartlarını sağlayacaktır. Özellikle başlangıç stabilitesinde yüksek KM değeri veren formlar seçilmelidir. Geminin su hattı civarında forma genişlik verilmesi yada başlangıç fribordunun yükseltilmesi statik stabilite eğrisinin, hem başlangıç hem de yaralanma durumu için yüksek olmasını sağlar.

Geminin baş tarafındaki kesitleri dışa doğru açılan formda yapıldıklarında büyük meyil açıları için  $\overline{GZ}$  değeri artar. Böylece geminin stabilite özelliği de artmış olur. Bu türlü baş formlarına voltalı ya da flarlı formlar denir. Şekil 7.1'de daha geniş olan baş kesitde güverte kenarının giriş açısına kadar, kazanılan fazladan sephiye taralı olarak gösterilmektedir. Burada  $\phi_1$  açısının  $\phi_2$  açısından daha büyük olmasından dolayı güvertenin

suya girme açısı genişletilmiş form durumu için daha düşüktür. Fakat kazanılan sehiyeden dolayı  $\overline{GZ}$  değeri artacak ve bayılma açısıda daha büyük açılarda olacaktır.



Şekil 7.1 Su üstü formunun değiştirilmesi.



Şekil 7.2 Flar ilave edilmiş bir ferinin kesit görünüşü.

Doğrultucu moment kolunun büyük açılarda daha büyük olması sağlanırken, güvertenin kullanım alanıda arttırılmış olur. Şekil 7.2’de verilen bir RoRo ferisinin kesitden görüldüğü üzere flar kullanımı ile geminin ağır taşıtların parkettikleri güvertenin kullanım alanı artmış olmakla beraber yüksek açılarda daha iyi bir stabilite eğrisi,  $\overline{GZ}$ , elde edilecektir.

### 7.2.2 Sephiye kazandırıcı yapılar

Gemi bordasında su hattı üzerinde kullanılacak sephiye kazandırıcı yapılar geminin büyük genlikli yalpa hareketlerinde sönüm etkisi yapacaklardır. Ayrıca daha büyük  $\overline{GZ}$ , doğrultucu moment kolu değerleri elde edilecektir. Bu türlü yapıların bir diğer faydası, geminin yandan alacağı çarpışma durumlarında gemi teknesinin yırtılmasına karşı bir koruyucu kalkan oluşturmalarıdır. Özellikler gemilerin limanlarda iskele vb. yapılara çarparak tekne kabuğunun yırtılmasının engellenmesi bakımından yararlı bir uygulamadır.

## 7.3 Araba Güvertesinin Değiştirilmesi

### 7.3.1 Fribordun arttırılması

Güvertenin yükseltilmesi direk olarak fribordun artımını sağlamaktadır. Yüksek bir fribord değeri ile güverte üzerine suyun ulaşma olasılığı azaltılmış olacak. Ayrıca güverte kenarının suya girme açısında yükselecektir. (Joint Nort West Europe Project, 1996) yapılan çalışmada gösterildiği gibi fribord değerinin arttırılması geminin yaralanmadan kurtulma şansını büyük oranda arttırmaktadır.

### 7.3.2 Profil güverteler

Güverteye enine ve boyuna doğrultuda farklı yükseklikler verilmesidir. Araba güvertesinde uygulanacak farklı kambır ve şiyer profilleri sayesinde güvertede biriken suyun kontrolü sağlanabilir. Eğer pozitif kambır kullanılır ise suyun güvertede merkez hattına yakın olarak birikmesi sağlanarak gemiye ilave meyil yaptırıcı momentin ve serbest su yüzeyinin etkileri azaltılmış olur.

Ayrıca kullanılacak diğer güverte sistemlerine göre güverteye çeşitli şekiller verilebilir. Örneğin güvertedeki suyu dışarı atmak için kullanılan açılımların çalışmasını efektif hale getirmek için güverteye, suyu bu açılımlara doğrultacak şekilde gemi boyunca farklı eğrilikler verilebilir.

## 7.4 Güverteden Baskın Suyunun Uzaklaştırılması

Güvertede biriken suyun zararlarının önüne geçmenin en iyi yolu biriken suyun tehlikeli miktarlara ulaşmadan güverteden uzaklaştırılması diye düşünülebilir. Bu amaçla yapılan uygulamaların başında ana güverteye yerleştirilecek çeşitli açılımlar ile suyun güverteden başka bir yere atılması düşünülebilir.

### 7.4.1 Suyun dahili olarak güverteden uzaklaştırılması

Güverteden suyun uzaklaştırılmasının bir yöntemi kullanılacak delikli güverte zemini ile suyun daha aşağıdaki balast ve benzeri amaçlı tank yada hacimlere aktarılmasıdır. Burada sağlanan önemli bir avantaj geminin  $\overline{KG}$  değerinin düşecek olmasıdır. Gemiye ilave olacak ağırlık geminin daha da batmasına sebep olacaktır. Bu fikrin arkasında getirdiği bir diğer nokta ise geminin ani olarak alabora olarak kaybı yerine gemideki insanların kurtarılması için yeterince zaman sağlayarak batmasının tercih edilmesidir. Eğer gemi belirli bir miktara kadar batar ise geminin yalpa hareketlerinde azalma olacaktır. Bu hem güvertenin dalgaların gemi hareketine etkisi ile su altında olma olasılığını azaltırken hem de batmadan dolayı fribordun azalmasıyla da dalgaların güverteye ulaşma ihtimalini arttıracaktır. Fakat şu bir gerçektir ki, dalgalı bir denizde yapılacak kurtarma çalışmalarında gemideki büyük genlikli hareketler işlemin zorlaşmasına ve bu türlü hiç bir tecrübesi olmayan yolcuların hayatlarının daha da tehlikeye girmesine sebep olacaktır.

### 7.4.2 Kontrollü washportlar

Güvertede biriken suyun uzaklaştırılması fikri açık güverteli gemilerde zaten kullanılmakta. Dalgaların etkisi ile güvertede biriken suyun bordadaki açıklıklardan dışarı atılması özellikle balıkçı teknelerinde sıkça kullanılan ve denizcilikte “washport “ diye isimlendirilen sistemle yapılmakta. Benzer sistemler kargo gemilerinde de kullanılmaktadır.

RoRo gemilerinin ana güvertelerine konulması planlanan benzeri açılımların uygulanmasında dikkat edilmesi gerekli başlıca nokta sistemin pasif olması ve dışarıdan

içeriye su geçirmemesi gerekliliğidir. Yaralanmadan dolayı oluşacak olası güç kayıplarının washportların çalışmasına engel olmaması için sistemin pasif olması tercih edilir. Eğer normal işletim zamanında tamamen kapalı olan kapakçıkların yaralanmadan sonra açılması gerekliliği düşünülürse, sistem sadece tek yönlü iletim vermelidirler. Pasif sistemler kapakçıkların iç ve dış taraflarındaki suyun hidrostatik basınç farkına göre çalışırlar. Bu konuda, J.T. Stubbs vd. (1996) tarafından yapılan model testlerinin sonuçlarında da görüldüğü gibi sistemin diğer stabilite arttırıcı sistemler ile kullanımı yardımıyla RoRo'ların güvertede biriken deniz suyundan dolayı çabucak batmalarının önlenmesi mümkün olmaktadır.

## **7.5 Dahili Sephiye Kazandırıcı Yapılar**

### **7.5.1 Sephiye kazandırıcı yan tanklar**

Yeni dizayn edilen teknelerde araba güvertesi altında dikkate alınacak “B/5” hattı içerisinde kalacak şekilde yerleştirilen “wing tanklar” (yan tanklar) tankerlerde kullanılan çift cidar uygulamasının benzeri, yaralanmanın daha içerdeki hacimlere ulaşması olasılığını azaltmaktadır. Mevcut gemiler için bu türlü uygulamalar, geminin kompartıman düzenini büyük ölçüde değiştirmesinden dolayı düşünülmemektedir. Sadece yerel olarak, küçük boyutlu yaralanmayla, büyük ölçüde hacimlerin su basmasına sebep olan yaralanma olasılıklarına karşı kullanılabilir.

Olasılık hesaplarına göre yapılacak yaralanma hesaplarında ise bu türlü bölmelendirmenin “B/5” den daha az olması halinde dahi getireceği fayda hesaba katılmaktadır. Dolayısı ile yaralanmanın nüfuzunun önceden bilinmemesinden dolayı, hiç bir zaman deterministik hesaplamalardaki kabul gibi “B/5 hattının içindeki hacimler yaralanma ulaşmamakta dolayısı ile bu hacimler sağlam kalmaktadır” gibi bir kabul yapılması yanlış olmaktadır. Sonuç olarak boyutları ne olursa olsun borda tanklarının kullanımının faydası açıktır.

Güverte altındaki hacimlerin genelde boyuna bölmeler ile yapılan bölmelendirmesi bu hacimlerin yaralanmadan sonra asimetrik yaralanma yaratmalarına sebep olacaktır. Eğer

asimetrik yaralanma sonucunda oluşan meyil miktarı kabul edilir derecede düşük olması şartı ile avantaj sağlamaktadır.

### **7.5.2 Sephiye kazandırıcı üst yapılar**

RoRo güvertelerinin içerisinde yer alan diğer güvertelerin ve hacimlerin su geçirmez olması geminin büyük açılarda su basmasının ilerleyerek geminin diğer hacimlerine ulaşması engellenmiş olur. Sadece geminin dışarıdan su almayacak üst yapılarının yanında, geminin ana güverte üzerindeki kısmının yatay olarak da su geçirmez bölmelere ayrılması geminin büyük açılarla bile yüzebilirliğinin devamını sağlamaktadır. Bu nedenlerdir ki kargo gemilerine uygulanan olasılık hesaplarında üst yapıda uygulanan yatay su geçirmez bölmelendirme dikkate alınmaktadır. Yeni uygulamaya girecek harmonize olasılık hesaplarıyla beraber bu türlü uygulamalar yolcu gemileri içinde özendirilecektir.

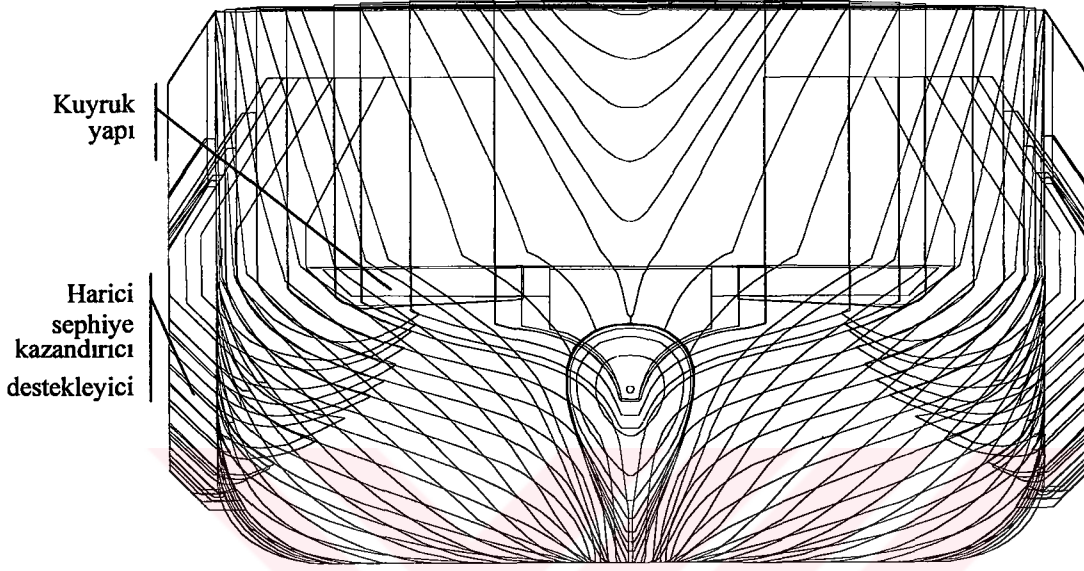
### **7.6 Harici Sephiye Kazandırıcı Yapılar**

Eğer geminin iç yapısının değiştirilmesi istenmiyorsa ya da geminin başlangıç stabilitesinin yetersizliği söz konusu ise geminin teknesinin üzerine konulacak ilave yapılar kullanılır. İlave yapının su altında kalan kısmı kadar gemiye ilave sephiye kazandırılır. RoRo gemilerinin genelde baş ve kıç nihayetlerinin formu narin olmakta. Bazı kıç yada baş taraf yaralanmalarında narin formun getirdiği sephiye azlığından dolayı gemi istenenden daha fazla trim ve batma miktarı ile dengeye ulaşmaktadır. Bu bölgelerdeki yaralanma nedeniyle geminin genel stabilitesinin azalmasına sebep olan bu zayıf bölgelerin desteklenmesi gerekmektedir.

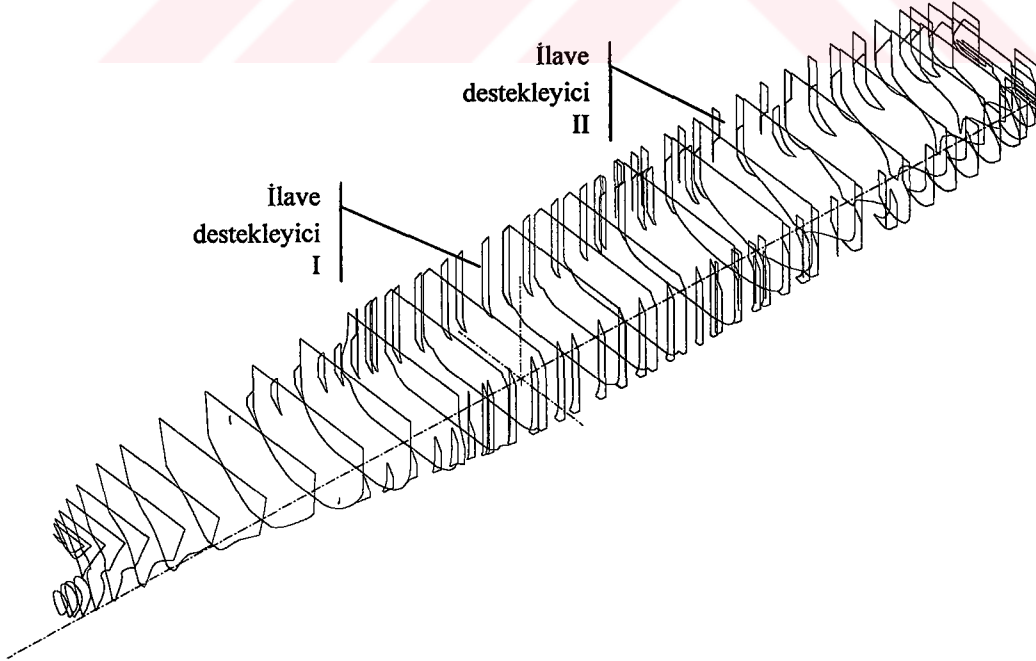
#### **7.6.1 Yapısal destekleyiciler**

Zayıf yaralanma kompartımanları tespit edildikten sonra yaralanmanın etkilemeyeceği bölgelere sağlam sephiye kazandıracak şekilde harici form değişikliğine gidilir. Burada dikkat edilmesi gereken su altındaki formun getirdiği değişikliğin geminin direncini ne kadar arttıracağını iyi bir şekilde tespit edilmesidir.

Gemi kıç tarafındaki geniş bölmelendirme uygulanması nedeni ile yarananma sonunda olan aşırı trimin engellenmesi için geminin kıç tarafına konulacak ilave “kuyruk” yapı uygulanabilir(Şekil 7.3). Geminin aynalığına ilave edilecek ve iyi şekilde dizayn edilen kuyruk gemiye fazladan bir direnç ve dolayısı ile hız kaybı getirmemektedir.



Şekil 7.3 Harici sephiye kazandırıcı destekleyici yapılar ilave edilmiş bir ferinin form planı.



Şekil 7.4 Sephiye kazandırıcı harici yapılara göre tekne formunun değişimi.

Şekil 7.4’de bir RoRo yolcu ferisine uygulanan iki ilave harici yapının tekne formunu nasıl değiştirdiği görülmektedir. Bu ferinin kıç tarafındaki kompartıman yaralanmaları dikkate alındığında geminin yetersiz kalan sephiyesi nedeniyle aşırı trim yapmakta ve ana güverte kenarı su altına girmektedir. Bu nedenle ilk olarak büyük harici destekleyici yapı önerilmektedir. Fakat geminin ayrıca, SOLAS kurallarını karşılaması için gerekli  $GZ_{maks}$  değerine ulaşmak için gerekli, daha üst taraflara konulan bir ikinci destekleyici yapı konulmuştur.

### 7.6.2 Şişme destekleyiciler

Kullanımı pek yaygın olmamakla beraber geliştirildiği vakit oldukça etkili olabilecek bir diğer yöntem olan geminin yaralanmadan sonra yüzebilirliğinin devamı için bordasına bağlı şişirilebilen yastıkların kullanımınıdır. Bir şekilde kayıp olan sephiyenin karşılanması olan bu yöntemin benzeri batık gemilerin su yüzeyine çıkartılmasında yaygın olarak kullanılmaktadır.

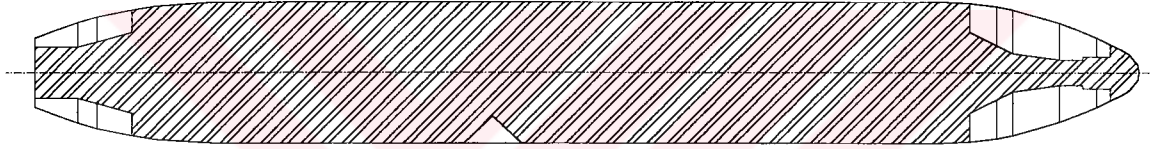
Şişme destekleyicilerin çalışması için gerekli hava aktif sistemlerde kompröserler yada daha önceden basınçlandırılmış hava tankları yardımı ile acil durum karşısında kullanılmak üzere sağlanmaktadır. Bu bir şekilde ufak boyutlu gemiler için uygulanabilir fakat orta boydaki bir RoRo gemisinin dengelenmesinde kullanılması gerekli ilave sephiyenin karşılanması pratik olarak oldukça güç görülmektedir. Fakat büyük miktarlardaki sephiye kayıplarını karşılayacak kadar yeterli şişme destekleyicinin etkin hale gelene kadar şişirilmesi için gerekli süre ve gücün bulunması yaralanma dikkate alındığında büyük problemidir.

Alternatif olarak sunulan yarı aktif sistemde ise gemi bordasındaki şişme destekleyiciler su hattının üzerinde yerleştirilmiş ve limandan ayrılmadan önce şişirmeye başlanılmaktadır ve seyir süresince basınçlı olarak kullanılmaktadırlar. Normal işletim zamanlarında tam olarak basınçlandırılmayada bilirler. Basınçlı tanklarda hazır bekletilen havanın hızlıca kullanımı ve destekleyicilerin şişirilmesi de acil durumlar için amaçlamaktadır. Sistemin geliştirilerek daha büyük boyutlu gemiler içinde kullanılır hale gelmesi durumunda oldukça etkin bir uygulama olarak kullanım alanı bulacağına inanılmaktadır.

## 7.7 Araba Güvertesinde Bölmelendirme

Araba güvertesinde yapılacak her türlü bölmelendirmenin geminin yaralanmadan kurtulması olasılığını arttıracak yapıları çalışmalarda gösterilmiştir (D.Vassalos, 1996). Güvertede kullanılan bölmeler geminin yükleme ve boşaltma işlemlerini aksatmayacak ve açılıp kapatılması kolay olacak şekilde yerleştirilmelidir.

RoRo güvertesinde suyun serbestçe birikebilme ve hareket etme serbestisi bulması halinde geminin kaybedilme olasılığının ne kadar yüksek olduğu “HERALD OF FREE ENTERPRISE” kazası sonunda açık olarak görülmüştü. Şekil 7.5’de bir RoRo güvertesinin yaralanma sonunda tamamen her hangibi bir sınırlama olmadan deniz suyunun hücumuna açık olan alanı taralı olarak gösterilmektedir.



Şekil 7.5 Açık RoRo güvertesinde suyun ulaşabileceği alan.

### 7.7.1 Enine ve boyuna bariyerler

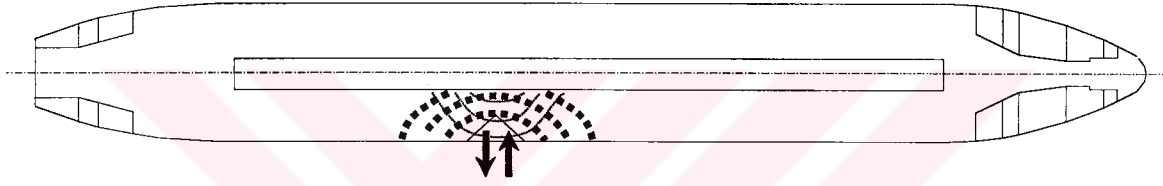
Günümüzde kullanımı çok daha kolay hale gelmiş olan su geçirmez bariyerlere RoRo gemilerinde sıkça rastlanmaktadır. Güvertenin sadece enine yada boyuna olarak ya da her iki şekilde de bariyerler ile bölmelendirilmesi mümkün olmaktadır.

Genel olarak mevcut gemilerin stabilite kriterlerinden  $GZ_{maks}$  pozitif stabilite aralığı ve eğri altında kalan alan değerlerinin geliştirilmesinde etkilidir. Şekil 7.7’de verilen güverte üzerinde merkezi casing uygulaması yanında iki adet su geçirmez bariyer yerleştirilmiş ve böylece gemi ortasında olası bir yaralanma durumunda deniz suyunun ulaşabileceği güverte alanı taralı olarak gösterilmiş, sınırlı alandır.

### 7.7.2 Casing uygulamaları

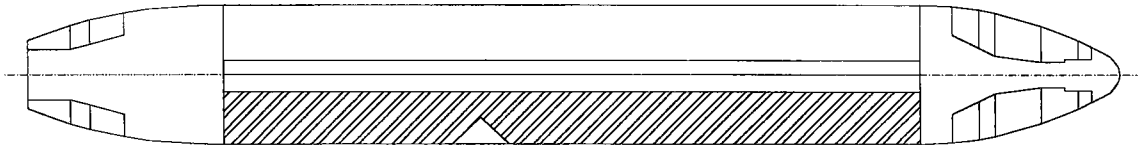
Yaralanan bir RoRo gemisinde, yaralanmadan dolayı geniş araba güvertesinin denize açılacak olması başlıca problemlerden birisidir. Bu nedenle güverte üzerindeki suyun serbestçe hareketinin engellenmesi için güverte üzerinde kullanılacak her türlü su geçirmez hacmin getireceği fayda açıktır. Bu nedenle güverte üzerinde “*casing*” (keyzing diye okunur) olarak adlandırılan kapalı su geçirmez hacimler kullanılır.

Şekil 7.6’da bir ferinin güvertesinde uygulanan merkezi casing yaralanma açıklığı karşısında gösterilmektedir. Bu yapılar genel olarak geminin üst güvertelerini RoRo güvertesi altındaki kısımlara bağlayan merdiven ve asansörler vb. hacimleri içermektedir.



Şekil 7.6 Merkezi casing kullanımı.

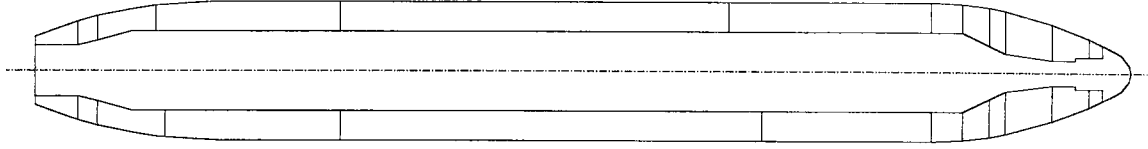
Merkezi casing kullanımı düşünüldüğünde sağlayacakları en önemli avantaj, güverteye yaralanma açıklığından giren suyun direk olarak geminin karşı tarafına giderek açıklıktan uzaklaşmasını engellemesidir. Aksi taktirde baskın suyu güvertenin açıklıktan uzak noktalarında birikerek, açıklıktan dışarıya atılması ihtimali azalmaktadır (Şekil 7.6).



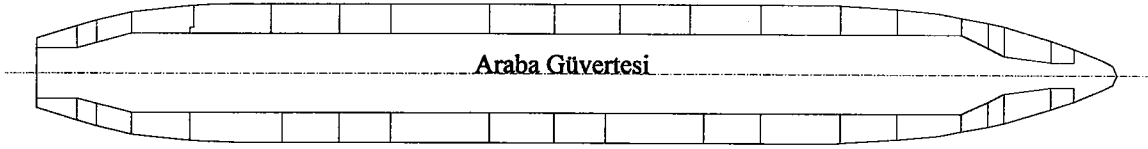
Şekil 7.7 Merkezi casing ve bariyerlerin beraber kullanımı.

Geminin fazla miktarda su alarak toplanacağı yaralı tarafa doğru meyil yapması geminin fribordunu azaltacaktır. Eğer başlangıç fribord değeri yüksek ise bu meyil suyun dışarı boşalmasını sağladığı için aslında bir avantaj sağlamaktadır. Şekil 7.7’da verilen güverte

düzenlemesinde de görüldüğü gibi suyun basma ihtimali olan alanlar merkez casing kullanımıyla, güvertenin nerede ise yarısıdır.



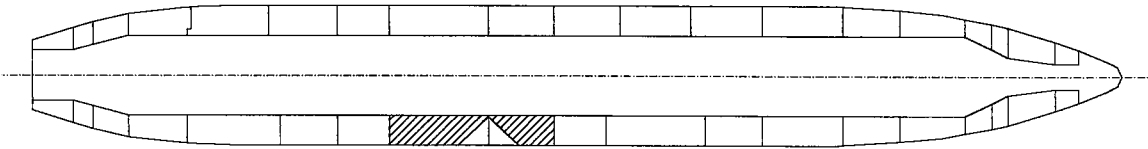
Güverte 4



Güverte 3

Şekil 7.8 Yan casing kullanımı.

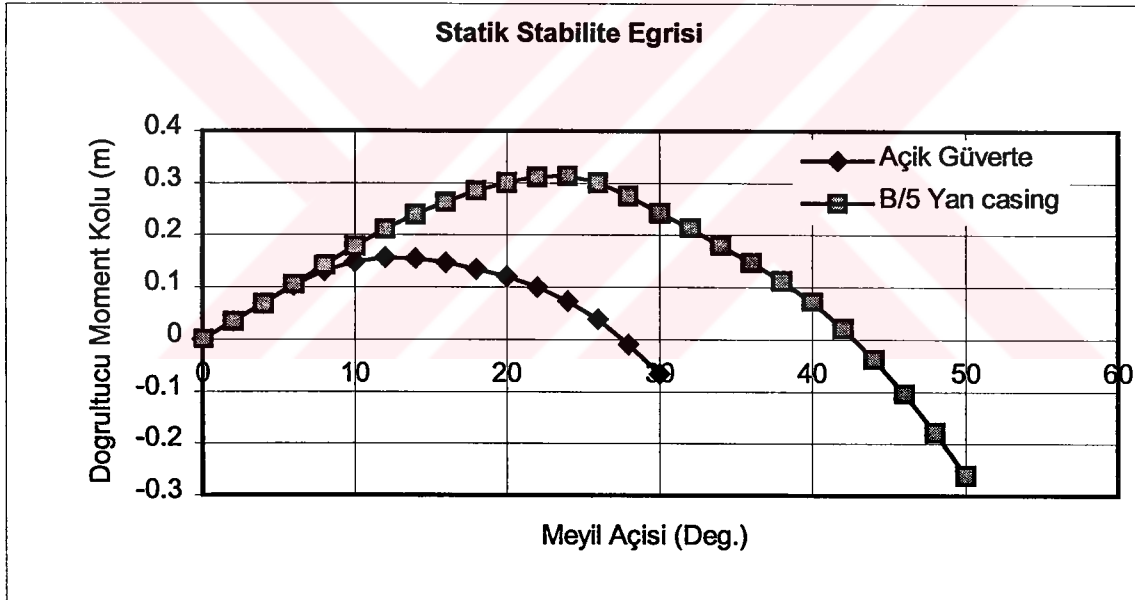
Gemilerin yaralanma istatistiklerinden varılan belli başlı sonuçlardan biriside bordadan içeri olası yaralanma nüfuzunun yaklaşık olarak B/5 değerini geçmeyecek olmasıdır. Bunun sonucunda modern RoRo gemilerinin pek çoğunda yan casingler, “B/5” değeri esas olarak kullanılarak, güverteye su basma ihtimali azaltılmaktadır (Şekil 7.8).



Şekil 7.9 “B/5” Yaralanma nüfuzuna göre yan casing kullanımı.

Kullanımı sadece deterministik kurallar tarafından ortaya atılan yaralanma açıklığı nedeni ile kurallar tarafından özendirilse de gerçekte, bordadan gemi merkezine doğru yaralanma nüfuzunun “B/5” değerini geçmeyeceğini kimse garanti edemez. Bununla beraber, standart SOLAS yaralanma açıklığından hareketle kullanılacak, “B/5” yaralanma nüfuzunu karşılayacak, yan casingler ile şekil 7.9’daki gibi bir RoRo güvertesi düzenlemesi ile araba güvertesinin yaralanmayacağı kabul edilir.

Geminin stabilitesinin en iyi karakterize edildiği GZ eğrisi yardımı ile bu türlü ilave yapıların sağladığı stabilite artışı açık olarak görülmektedir (şekil 7.10). Bu örnekte bir ferinin aynı yaralanma durumu (kompartıman 6 ve 7) için açık güverteli ve yan borda tankı uygulaması için hesaplanan statik stabilite eğrileri beraberce verilmektedir. Görüldüğü üzere borda tankının güvertenin yaralanmasına mani olmasında dolayı açık olarak büyük bir avantajı vardır.



Şekil 7.10 Açık güverteli dizayna karşı yan casing uygulamasının GZ eğrileriyle karşılaştırılması.

## 7.8 Su Geçirmez Üst Yapılar

Gemilerin belirli yüksekliğe kadar su geçirmez bütünlüğünü korunması gerekliliği vardır. Burada sorulması gereken; “Bu yükseklik ne kadar olmalı?” dır. Geleneksel statik stabilite hesaplamaları geminin RoRo güvertesine kadar su geçirmez bütünlüğünün olduğunu kabul

ederdi. Genel bir uygulama haline gelmiş geminin yüzme şartının sağlanmasının amaçlandığı sakin sudaki sephiye kontrolünün yapıldığı ve geminin ana güvertesinin suya girmemesinin amaçlandığı yöntemle (yaralı bölme hesapları) dalgaların etkisiyle geminin yapacağı yalpa, dalıp-çıkma, trim v.b. hareketleri tamamen ihmal edilmiş olmakta. Sonuçta küçük bir meyil açısında dahi geminin ana güvertesinin, yaralanmanın getirmiş olduğu batma miktarı yardımıyla da, suyun altına girişi kaçınılmazdır. Bu nedenle modern RoRo gemilerinde su geçirmezliğin ana güvertesinin bir üstündeki devamlı güverteye kadar olması sağlanmaktadır.

Böylece göreceli olarak daha geniş meyil açılarındaki bile yaralı geminin yaralanma açıklığının dışında, gemi bünyesine başka yerlerden su alması ihtimali ortadan kaldırılmış olmaktadır. Ayrıca SOLAS kuralları RoRo yolcu gemilerinde ana güverteden aşağı doğru olan bütün geçişlerin ve açılımların su geçirmez olması gerekliliğini getirmektedir.

## **7.9 Çarpışmaya Dayanıklı Yapılar**

Hiç şüphesiz yaralanmadan sonra geminin yüzebilirliğinin devamı için, alacağı yaralanmanın gemi bünyesinde yaratacağı olumsuzlukların en az olması gereklidir. Gemi yapısının yaralanmalara karşı yeterince dayanıklı olması daha fazla başlangıç maliyeti yükleyebilir fakat geminin ufak bir çarpışma durumunda dahi çok büyük yaralanma açıklıkları vermesi riski, geminin işletim hayatı boyunca hiç kazalanmayacağına garantisiz olduğundan alınması çok tehlikelidir. Geminin kaybının getirdiği maliyetle kaybedilecek tek bir insanın hayatı ile karşılaştırılmaz. Kullanılacak küçük ölçekli önlemler ile geminin kazaya uğraması karşısında direnci artırılabilir.

Özellikle RoRo güvertesinin dışarıya açıldığı baş ve kık kapılarının son derece güvenli ve kapatıldıklarında su geçirmez özelliklerinin yüksek olduğu sistemler ile kilitlenmesi gereklidir. Bu kapıların işletiminde olabilecek bir arıza nedeni ile güvertenin denizden izolasyonunda yetersizlik olması durumu özellikle “ESTONIA” kazasından sonra zorunluluk olarak alınmaya başlanan baş ve kık kapıların önüne yerleştirilen su geçirmez bariyer kullanımını getirmiştir. Böylece kapıların işlevlerini yitirmeleri ya da geminin baş

veya kıç tarafından alacağı yaralanmalardan sonra güvertesinin direk olarak denize açılması engellenmektedir.

Özel olarak geminin baş ve kıç taraflarında oluşacak yaralanmalara karşı zırh şeklindeki yapılar bu bölgedeki kapıların direk olarak zarar görmelerini önlemek amacı ile kullanılmaktadır. Bunların kullanımı her ülkenin liman otoritesi tarafından zorunlu hale getirilmemesi ve yürürlükteki uluslararası kurallarda yer verilmemesine rağmen özellikle çarpan geminin korunmasına yardımcı olacaktır.

Yüksek darbe emici özellikli yapıların seçilmesi ve yeni inşaa gemilerde kullanımı özellikle tehlikeli madde taşıyan tankerler için oldukça önemlidir. Bu konuda çok çeşitli deneysel ve nümerik çalışmalar yapılmaktadır.



## 8. ÖRNEK UYGULAMA

RoRo gemilerinin stabilite standartlarının artırılması için verilen algoritma bir RoRo gemisine uygulanmış ve elde edilen sonuçlar burada verilmiştir. Kullanılan gemi bir RoRo araba/yolcu ferisi olup Norveç ve Danimarka arasında sefer yapmaktadır. 1975 yılında inşaa edilmiş ve en son 1992 yılında bordasına bir ilave sephiye kazandırıcı tesis edilmek üzere havuzlanmıştır . Yolcu kapasitesi 362 kabinde, 1238 yolcudur. Bu çalışmada gemi “RoRo-A” olarak adlandırılmaktadır. RoRo-A 2.5 m genişliğinde yan casing’e sahiptir. RoRo-A’nın ana boyutları çizelge 8.1’da verilmektedir.

Çizelge 8.1 RoRo-A’nın ana boyutları.

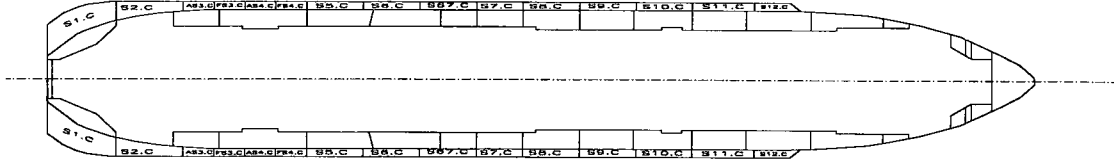
|                                              |            |
|----------------------------------------------|------------|
| Dikeyler arası boy, Lbp                      | 119.45 m   |
| Genişlik, B                                  | 19.75 m    |
| Draft, d                                     | 5.00 m     |
| 2. Güverte (Araba güv.)                      | 6.47 m     |
| 3. Güverte                                   | 9.21 m     |
| 4. Güverte                                   | 11.95 m    |
| KG                                           | 8.42 m     |
| Deplasman                                    | 7849.7 ton |
| Deplasman (0.5m kıç trim)                    | 7909.3 ton |
| Maksimum KG                                  | 9.50 m     |
| Başlangıç GM                                 | 1.385 m    |
| Başlangıç GM (0.5m kıç trim)                 | 1.364 m    |
| H <sub>s</sub> (Çalıştığı maks.deniz durumu) | 2.60 m     |

### 8.1 Başlangıç Hesaplamaları

Geminin RoRo güvertesinde, şekil 8.1’de görüldüğü üzere genişliği ortalama 2.5 olan yan casing tesis edilmiştir. Şekilde yan casing ve sephiye kazandırıcının su geçirmez bölmelendirilmesi verilmektedir. Gemi bordasında ayrıca 1 m genişlikli harici sephiye kazandırıcı yapı vardır.

## 8.2 Olasılık Yöntemine Göre Hesaplar

RoRo-A için yapılan hesaplara göre; % 96.2 A/Amax değerine sahiptir. Bu değer dikkate alındığında 1 Ekim 2004 tahninden önce geminin standartlarının SOLAS'90 standartlarına yükseltilmesi gerekmektedir.



Şekil 8.1 RoRo-A'nın araba güvertesi.

RoRo-A için A.265 (VIII) hesapları yapıldığında bölmelendirme indeksi 0.627 olarak bulunmuştur. Gerekli indeks değeri ise Reg. 2(d)' ye göre 0.698 olarak belirlenmektedir. Geminin olasılık hesaplarına göre standartları sağlaması için indeks değerinde yaklaşık olarak %10.17'lik bir artış sağlanması gereklidir.

Yapılan hesaplamalara göre geminin tek ve iki kompartıman yaralanmalarından indekse olan katkı %79.27 değerindedir. Bunun anlamı aslında geminin indeksinin sadece tek ve iki kompartıman yaralanmalarından gelmediğidir. Fakat bu değer dikkate alındığında modern bir RoRo gemisi ortalamalarına göre, iki kompartıman yaralanma senaryolarının daha fazla katkıda bulunması gerekliliği vardır. Bu gemi için bakıldığında özellikle geminin kıç tarafındaki kompartımanların daha iyi bölmelendirilmesi gerekliliği anlaşılır.

## 8.3 SOLAS Hesaplamaları

Gemi SOLAS kurallarına göre iki kompartıman standardına tabidir. Bunun anlamı geminin yaralanma hesaplamaları yapılırken kurallarca verilen boyutlardaki yaralanmanın gemi boyunca bölmelendirme perdeleri de dahil olmak üzere herhangi bir yere gelebileceğidir. Bunun üzerine yaralanma hesapları yapılırken oluşturulan yandan yaralanma senaryolarında yaralanmanın bir bölmelendirme perdesine denk gelerek iki komşu

kompartımanın yaralanabileceği durumlar dikkate alınmaktadır. RoRo-A araba güvertesindeki yan casinglerin genişlikleri B/5 yaralanma nüfuzundan daha küçük olduğundan geminin araba güvertesi de yaralanarak denize açılmaktadır.

Çizelge 8.2 RoRo-A'nın başlangıç SOLAS'90 hesaplamaları.

| Komp. | Yaralanma<br>Yatay<br>Uzantısı | Statik<br>Meyil<br><br>< 12.00°<br>(Derece) | Trim<br><br>(Derece) | GZ <sub>maks.</sub><br><br>> 0.110m<br>(Metre) | Pozitif<br>Stabilite<br>Aralığı<br>> 15.00°<br>(Derece) | Pozitif<br>Stabilite<br>Alanı<br>>0.015mRad<br>(mRad) |
|-------|--------------------------------|---------------------------------------------|----------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 2-3   | BL-Üst                         | 0.421                                       | 0.422Kıça            | 0.098                                          | 25.560                                                  | 0.027                                                 |
| 3-4   | BL-Üst                         | 0.000                                       | 1.012Kıça            | 0.074                                          | 20.907                                                  | 0.018                                                 |
| 5-6   | BL-Üst                         | 0.000                                       | 0.733Kıça            | 0.094                                          | 20.702                                                  | 0.021                                                 |

Trim = 0.50 m Kıça, Draft = 5.00 m, KG = 9.50 m, LCG = -5.570 m.

Çizelge 8.3 SOLAS'90 Standartları.

|                           |              |
|---------------------------|--------------|
| GZ <sub>maks</sub>        | 0.110 metre  |
| Pozitif Stabilite Aralığı | 15.00 Derece |
| Pozitif Stabilite Alanı   | 0.015 mRad.  |
| Statik Meyil Açısı        | 12 Derece    |
| Yaralanma Boyu            | 6.87 metre   |
| Yaralanma Nüfuzu          | 2.39 metre   |

Yapılan SOLAS'90 hesaplamalarına göre gemi, 0.5 m kıça başlangıç trim durumu için standartları sağlamamaktadır. Standartların sağlamadığı yaralanmalar; 2-3, 3-4 ve 5-6 kompartıman çiftlerinin yaralanma durumlarıdır (Çizelge 8.2). Bu yaralanmalarda GZ<sub>maks</sub> değeri yetersizdir. SOLAS'90 kurallarının istediği; GZ<sub>maks</sub> değerinin 0.110 m'den küçük olmamasıdır (Çizelge 8.3).

## 8.4 Standart Arttırıcı Yöntemler

Olasılık ve deterministik yöntemine göre gerçekleştirilen hesaplamalar göstermektedir ki; RoRo-A, yaralı stabilite standartlarına göre yaralanmaya karşı güvenli değildir. Burada yapılması gereken; A/Amax değerinden tayin edilen 1 Ekim 2004 tarihinden önce SOLAS'90 kurallarını sağlamak için gerekli stabilite geliştirici önlemlerin alınmasıdır.

İşletmeci tarafından da kabul edilebilecek uygun bir çözümün bulunması için yapılan araştırmalar sonucunda uygulanabilirliği düşünülen çözümler aşağıda verildiği gibidir:

- Harici ilave sephiye kazandırıcı
- Araba güvertesinde bir enine bariyer ve ilave yan casing

### 8.4.1 Harici ilave sephiye kazandırıcı

RoRo-A bordasında kıç tarafta zaten bir sephiye kazandırıcı yapı tesis edilmesine rağmen geminin kıç trimli başlangıç durumunda kıç taraftaki yaralanmalarda stabilitesi yetersiz kalmaktadır. Gemi bordasına ilave edilecek bir sephiye kazandırıcı yapı mevcut sephiye kazandırıcının etkinliğini artıracaktır.

Destekleyici yapı içersinde kullanılacak bölmelendirme ile yaralanmadan daha az etkilenmesi amaçlanmaktadır. 3 ve 4 nolu kompartımanlara denk gelen kısım daha küçük hacim verecek şekilde bölmelendirilmiştir. Bu noktada dikkate alınması gerekli kıstas SOLAS ile gelen yaralanma boyudur. İlave yapının boyu 30.0m, genişliği 2.0m ve yüksekliği 6.0m dir (Şekil 7.3), (Şekil 7.4). İlave destekleyici yapı ile beraber yapılan hesaplamalardan RoRo-A'nın SOLAS'90 kurallarını sağladığı görülmektedir. Çizelge 8.4 daha önce kritik olarak tespit edilen yaralanma durumları için yapılan yeni hesaplama değerlerini göstermektedir.

Yeni ilave destekleyici ile gemi yaklaşık 35 ton deplasman artışı olmuştur. Kesin ağırlık hesaplamaları yapılmamasına rağmen, gemiye tesis edilecek yapının ağırlığının bu kazanılan deplasmanı karşılayacağı kabul edilmektedir. Böylece gemi draftunda bir değişim

olmamakla beraber ağırlık merkezi ve hacim merkezinde bir miktar (>%2.)değişim olacaktır. Fakat trim limitleri aynı tutulmuştur (0.5m kıça trim – 0.0m trim).

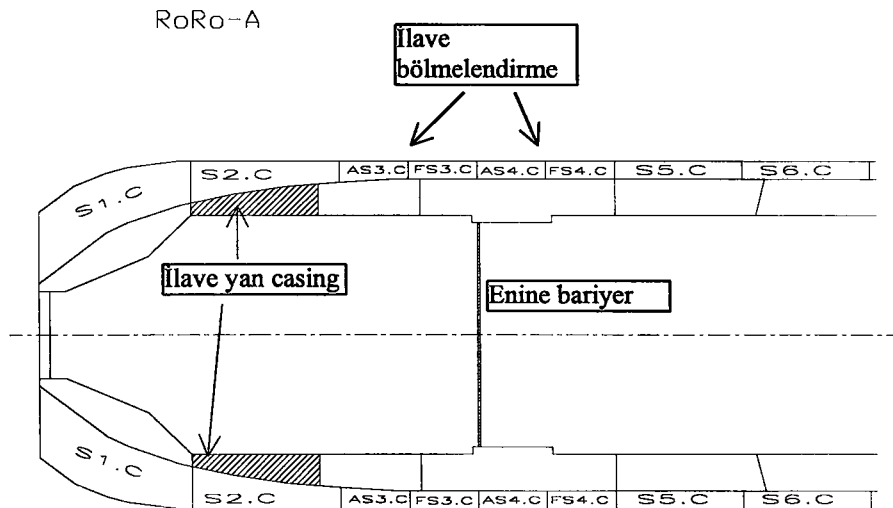
Çizelge 8.4 İlave destekleyici yapı için SOLAS'90 hesaplamaları.

| Komp. | Yaralanma<br>Yatay<br>Uzantısı | Statik<br>Meyil<br><br>< 12.00°<br>(Derece) | Trim<br><br>(Derece) | GZ <sub>maks.</sub><br><br>> 0.110m<br>(Metre) | Pozitif<br>Stabilite<br>Aralığı<br>> 15.00°<br>(Derece) | Pozitif<br>Stabilite<br>Alanı<br>>0.015mRad<br>(mRad) |
|-------|--------------------------------|---------------------------------------------|----------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 2-3F  | BL-Üst                         | 0.000                                       | 0.897Kıça            | 0.129                                          | 27.990                                                  | 0.039                                                 |
| 3-4A  | BL-Üst                         | 0.000                                       | 0.966Kıça            | 0.118                                          | 30.070                                                  | 0.044                                                 |
| 3-4F  | BL-Üst                         | 0.000                                       | 0.943Kıça            | 0.123                                          | 30.210                                                  | 0.046                                                 |
| 5-6   | BL-Üst                         | 0.000                                       | 0.729Kıça            | 0.167                                          | 26.30                                                   | 0.043                                                 |

Trim = 0.50 m Kıça, Draft = 5.00 m, KG = 9.50 m, LCG = -5.610 m.

#### 8.4.2 Araba güvertesinde bir enine bariyer ve ilave yan casing

Mevcut destekleyici yapının 26. ve 38. postalarında ilave bölmelendirilmesinin yanında araba güvertesine 32 nolu postada bir enine su geçirmez bariyer konulmuştur. Ayrıca araba güvertesinin kıç taraftaki yan casing ilave edilerek, devamlılığı sağlanmıştır (Şekil 8.2).



Şekil 8.2 Araba güvertesinde yapılan değişiklikler.

Mevcut destekleyicinin 26. ve 38. postalarda bölmelendirilmesinde amaç yaralanan hacimin sınırlandırılmasıdır. Geminin kıç tarafına sephiye kazandırmak için konulmuş olan yapının yaralanarak gemiye fazladan bir yük getirmemesi gereklidir. Zaten boş ve kapalı tank olarak kullanılan bu hacimlerde bölmelendirme yapılması sadece küçük ölçekli bir ağırlık ilavesi getirecektir. Yapılan hesaplamalara göre gemi çizelge 8.5’de verildiği gibi en kötü yaralanma durumları için dahi SOLAS’90 standartlarını sağlamaktadır.

Çizelge 8.5 Araba güvertesinde bir su geçirmez bariyer için SOLAS’90 hesaplamaları.

| Komp. | Yaralanma<br>Yatay<br>Uzantısı | Statik<br>Meyil<br><br>< 12.00°<br>(Derece) | Trim<br><br>(Derece) | GZ <sub>maks.</sub><br><br>> 0.110m<br>(Metre) | Pozitif<br>Stabilite<br>Aralığı<br>> 15.00°<br>(Derece) | Pozitif<br>Stabilite<br>Alanı<br>>0.015mRad<br>(mRad) |
|-------|--------------------------------|---------------------------------------------|----------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 2-3   | BL-Üst                         | 0.000                                       | 0.905Kıça            | 0.146                                          | 37.310                                                  | 0.043                                                 |
| 3-4A  | BL-Üst                         | 0.000                                       | 0.946Kıça            | 0.151                                          | 28.544                                                  | 0.046                                                 |
| 3-4F  | BL-Üst                         | 0.000                                       | 0.950Kıça            | 0.121                                          | 25.810                                                  | 0.035                                                 |

Trim = 0.50 m Kıça, Draft = 5.00 m, KG = 9.50 m, LCG = -5.570.

#### 8.4.3 Alternatif yöntemlerin karşılaştırılması

SOLAS’90 hesaplarının sonucunda ortaya çıkarılan iki alternatif çözüm önerilerinden ikincisi tercih edilmiştir. Uygulamanın ekonomik, basit ve tekneye ilave bir hidrodinamik yük getirmeyecek olmasından dolayı tercih edildiği söylenebilir. Tek dezavantaj ise araba (RoRo) güvertesine yüklenecek olan araba, kamyon, otobüs vb. taşıtların dizilmelerinin ve yükleme-boşaltma işlemlerinin sınırlandırılmış olmasıdır. Buna rağmen seçim ikinci alternatifi geminin SOLAS’90 standartlarına yükseltilmesi için kullanılacak olmasıdır.

#### 8.5 SOLAS’90+50 Hesaplamaları

İkinci kontrol edilmesi gerekli olan konu geminin işletildiği bölgeden dolayı, Stockholm Antlaşması ile getirilen standartlara uygunluğudur. Geminin A/Amaz değerinden dolayı bu standartları 31 Aralık 2000 tarihinden önce sağlaması gereklidir. Bu nedenledir ki geminin güverteadaki birikebilecek su miktarına karşı olan hassasiyetinin değerlendirilmesi gerekli.

Bu standartlara uygunluğunu gösterilmesi hesaplama yöntemi ile yada model testleri ile olabilir. Geminin işletim rotasından dolayı, sınırlayıcı karakteristik dalga yüksekliği 2.60m olasına rağmen gemi ancak 1.82 m dalga yüksekliği için SOLAS'90+50 standartlarını sağlamaktadır (Çizelge 8.6).

Çizelge 8.6 Araba güvertesinde bir su geçirmez bariyer için SOLAS'90+50 hesaplamaları;  
En kritik yaralanma durumunda karakteristik dalga yüksekliği  $H_s = 1.82$  m.

| Komp. | Yaralanma<br>Yatay<br>Uzantısı | Statik<br>Meyil<br><br>< 12.00°<br>(Derece) | Trim<br><br>(Derece) | GZ <sub>maks.</sub><br><br>> 0.110m<br>(Metre) | Pozitif<br>Stabilite<br>Aralığı<br>> 15.00°<br>(Derece) | Pozitif<br>Stabilite<br>Alanı<br>>0.015mRad<br>(mRad) |
|-------|--------------------------------|---------------------------------------------|----------------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 3-4F  | BL-Üst                         | 0.086                                       | 0.996Kıça            | 0.110                                          | 24.736                                                  | 0.031                                                 |

Trim = 0.50 m Kıça, Draft = 5.00 m, KG = 9.50 m, LCG = -5.570.

## 8.6 Nümerik Simülasyonlar ve Model Testi

Geminin hesaplamalarla SOLAS'90+50 standartlarını 2.60 m olan işletim için gerekli karakteristik dalga yüksekliğinde sağlaması için gemide daha büyük değişikliklerin yapılması gerekliliği vardır. Gemi standartları sağlamadığından, model testlerinde performansının denenmesi gereklidir. Model testlerinden önce geminin dalgada kurtulabilirliği nümerik testler ile denenmiştir.

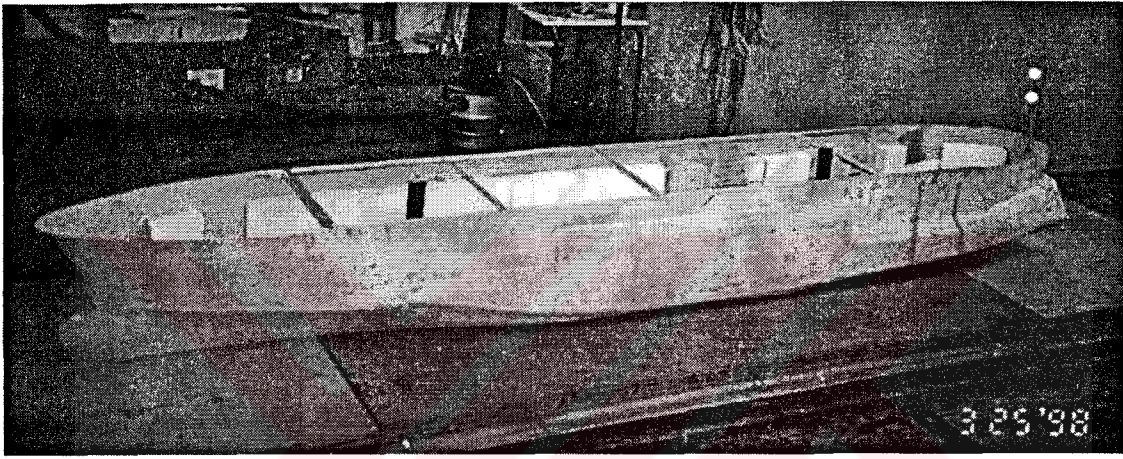
Nümerik simülasyonlar\* göstermiştir ki; geminin bütün iki kompartıman çifti yaralanmaları dikkate alındığında, gemi aslında 3.25 metre yükseklikteki  $H_s$  deniz koşullarında batmadan yüzmeye devam etmektedir. 3.25 m üzerindeki dalga koşullarında geminin RoRo güvertesinde biriken su tehlikeli boyutlara ulaşarak geminin batmasına sebep olmaktadır.

Yapılan nümerik testlerde her yaralanma durumu için üretilen dalgalar JONSWAP spectrumunda olacak şekilde üretilen düzensiz dalgalar olduğundan alınan sonuçtan %90

\* Kullanılan nümerik simülasyon yazılımı Strathclyde Üniversitesi Gemi Stabilesi Araştırma Merkezi tarafından geliştirilmiştir (VASSALOS ve TURAN, 1993).

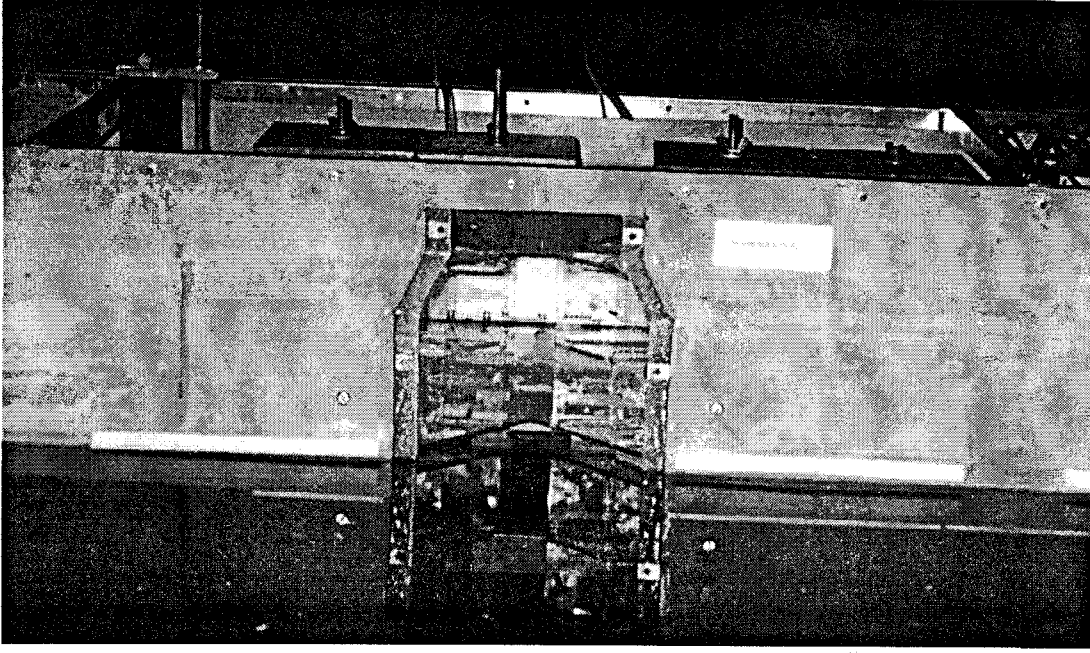
emin olmak için en azından 20 adet dalga üretilerek nümerik simülasyon yapılmaktadır. Simülasyon uzunluğu resmi model test uzunluğundan (gemi ölçeğinde 30 dakika) az olmamak üzere seçilmektedir.

Yapılan nümerik simülasyonlar sonucunda geminin model testlerini işletim  $H_s$  değeri olan 2.6 m için rahatlıkla geçeceğini göstermektedir. Bu nedenle işletmecisi sonucunu önceden iyi bir yaklaşım ile bildiği model testi yöntemini kullanarak gemisinin performansının aslında istenen standartta olduğunu göstermek isteyecektir.



Şekil 8.3 RoRo-A'nın 1:35 ölçekli modeli.

Deney havuzunda yapılacak testler için geminin 1:35 ölçeğinde fiberglas'dan bir modeli kullanılmıştır (Şekil 8.3). Yaralanmadan kurtulabilirlik testleri 2.6 m olarak karakterize edilmiş dalga yüksekliği için yapılmış; RoRo-A model testi kurallarınca belirlenen iki yaralanma durumu için kurtulmuştur. En kötü SOLAS hesaplama sonuçlarını veren 2-3 nolu kompartımanların yaralanmaları ile gemi ortasında en kötü fribord değerini veren 6-7 nolu kompartımanların yaralanmaları durumu denenmiştir(Şekil8.4). Geminin batma sınırını bulmak için yapılan testlerde gemi ortasındaki yaralanma 3.65 m yükseklikteki dalgada, güvertesinde biriken sudan dolayı alabora olarak batmıştır.



Şekil 8.4 Modelin 2-3 nolu kompartımanlarının testi.

### 8.7 Sonucun Değerlendirilmesi

Gemiye uygulanacak çözüm göstermektedir ki alınacak ufak ve yerel önlemler ile geminin standartlara uyması sağlanabilmektedir. Bu örnekteki geminin güvertesindeki yan casing uygulamasının B/5 yaralanma standardına uymamasında dolayı; SOLAS'90 ve SOLAS'90+50 hesaplamalarında büyük etkisi olmamaktadır. Ancak geminin dalgada kurtulabilirliği üzerinde büyük yardımı vardır. Yaralanma açıklığından direk olarak suyun güverteye ulaşma olasılığını azaltmaktadır. Bu etki ancak model testlerinde görülebilmektedir.

Burada üzerinde tartışılması gereken bir konuda test zamanının uzunluğudur. Kurallar tarafından belirlenen 30 dakikalık süre boyunca teknenin devrilmemesi yada aşırı meyil yapmaması testi geçmesi için gerekli kısıttır. Fakat dalgaların düzensiz olmasından dolayı yarım saatlik bir süre içerisinde olası en büyük dalganın oluşma olasılığı düşüktür. Fakat bu gemi modeli yapılan testlerde oldukça düşük genlikli hareketler yapmıştır. Buda göstermektedir ki geminin başlangıç stabilitesi iyi olmasına rağmen güvertesinde biriken su miktarına karşı hassastır. Buna rağmen tehlikeli su miktarı 3.5 m dalga yüksekliğinde oluşmaktadır.

## 9. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışmada verilen algoritma RoRo gemilerinin stabilite standartlarının, RoRo sistemine en uygun yöntemin bulunarak, artırılması amacı ile güvenle kullanılabilir. Kapsamı içine aldığı çeşitli değerlendirme yöntemleri ile gemilerin gerçek güvenlik seviyesinin belirlenmesi mümkün olmaktadır. Klasik anlamdaki statik stabilite hesaplamalarının yanı sıra, yaralanma sonrası geminin gerçek deniz koşullarındaki hareketlerinin de nümerik modeller yardımıyla simüle edilmesi geminin gerçek güvenlik seviyesinin hesaplanmasında çok önemli bir avantaj sağlamaktadır.

Yapılan uygulamada da gösterildiği üzere “Toplam Stabilite Değerlendirmesi” yaklaşımı ile standart ölçüm ve artırımı işlemleri için sağladığı maliyet-efektif ve güvenlik-efektif çözümler ile RoRo ferri endüstrisine büyük faydalar getirecektir. Günümüz standartlarının mevcut gemilere uygulanması zorunluluğu karşısında, bu işlemin nasıl yapılacağı konusundaki boşluğu kapatmaktadır.

Bu noktalardan hareketle bu çalışmada yapılan uygulamalarda aşağıdaki noktaların altının çizilmesi gereği belirmiştir:

- Toplam stabilite değerlendirme algoritmasında yapılan nümerik simülasyon ve model testlerinin değerlendirilmesinden, SOLAS 90 standartlarını sağlayan gemilerin genel olarak yaralanmadan kurtulabilme olasılıklarının çok yüksek olacağı sonucu çıkarılmaktadır.
- Stockholm (SOLAS 90+50) hesaplama yöntemi genel olarak sağlanması çok zor olan bir standart olarak belirlenmiştir. RoRo taşımacılık sisteminde bozulmasına sebep olacak yöntemlerin araba güvertesinde tesis edilmesine sebep olmaktadır. Buna rağmen nümerik simülasyon ve fiziki model testleri dikkate alındığında yüksek fribord değerleri için (1.5 m üzerinde) yakın sonuçlar bulunmaktadır.
- SOLAS 90 hesaplamalarına göre bulunan en kötü yaralanma durumu, nümerik simülasyon ve fiziki model testlerine göre her zaman için aynı olmamaktadır. Bu nedenle geminin gerçek güvenlik seviyesinin belirlenmesinde nümerik simülasyon ve model testlerinin kullanımı zavgeçilmez olmaktadır.

Bu çalışmada önerilen prosedür, yeni gemi dizaynlara ait standartların ölçülmesinde sağladığı güçlü değerlendirme yöntem ve metodları sayesinde başarılı dizaynların üretilmesi için kullanılabilecektir. Yapılacak yapısal ve işletim koşullarındaki değişimlerin geminin stabilitesi ve yaralanmadan kurtulabilirliği üzerindeki etkileri değerlendirilebilmektedir. Bu noktadan hareketle gelecekte yapılacak çalışmalar için aşağıdaki öneriler sıralanabilir;

- İlerde yapılması gereken çalışmaların başında algoritmanın kullanımı ile geliştirilecek bilgi bankası yardımı ile olası standart artırıcı yöntemlerin daha sistematik olarak incelenip birbirlerine karşı olan avantajlarının tespit edilmesidir. Böylece kullanımı mümkün standart artırıcı yöntemlerin elenmesi işlemi daha hızlı ve doğru olarak yapılacaktır.
- Algoritma içersinde kullanılan her bir yöntemin geliştirilmesi ve gerektiğinde yeni yöntemlerin adapte edilmesi elde edilecek çözümün optimum olmasını sağlayacak ve bu çözüme daha kolay ulaşılacaktır.
- RoRo ferilerinin yaralanma sonrası hareketlerinin daha iyi incelenmesiyle geliştirilecek dizayn önlemleri ile gemilerin ve dolayısı ile can kayıplarının önüne geçilmiş olunacaktır.

## KAYNAKLAR

ALLAN T, (1996) “The new survivability requirements for Ro-Ro passenger vessels from the 1995 SOLAS conference and the 1996 Stockholm regional conferences”, RO-RO 96 The International Conference & Exhibition on Marine Transport Using Roll-On/Roll-Off Methods, Lubeck, 21-23 Mayıs , 1996

HUTCHINSON K., BYRNE D., HEWITT D. ve SEN P., (1997) “Retrofitting RoRo ferries-selecting safer systems”, Cruise & Ferry 97 the International Conference & Exhibition, Londra , 13-15 Mayıs 1997

IMO, (1973), Resolution A.265(VIII) “ Regulations on Subdivision And Stability of Passenger Ships as an equivalent to Part B of Chapter II of the International Convention for The safety Of Life at Sea , 1960”, Inter-Governmental Maritime Consultative Organisation, Londra, 13-23 Kasım, 1973

IMO, (1978), Protocol of 1978 relating to the International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973, contained in International Conference on Tanker Safety and Pollution Prevention, IMO, Londra, 1978

IMO, (1990), “ Subdivision and Damage Stability of Cargo Ships of 100 m in Length and Over”, Maritime Safety Committee, Resolution MSC.19(58)., IMO, Londra 1990

IMO, (1993), “International Convention for Safety of Life at Sea, 1974: 1992 Amendments”, IMO , Londra , 1993

LITTLE PE. ve HUTCHINSON BL., (1995), ”RO/RO Safety After the *Estonia*- A Report on the Activities of the Ad Hoc Panel on RO/RO Safety”, Marine Technology, Vol.32,No.3, Temmuz 1995

STUBBS J.T., MOLYNEUX D., KONIECKI M., PEIERCE T.H. ve ROUSSEAU J.H.,(1996), "Flooding protection of RoRo ferries", The Royal Institution of Naval Architects, sayfa 103-116, 1996

SVENSEN T. ve RUSAAS S., (1996), "A new stability standard for passenger/Ro-Ro vessels", RINA International Conference, Londra, 21-22 Kasım 1996

VASSALOS, D. ve TURAN, O. (1993);" Damage survivability of passenger ships", SNAME Transactions, Vol.102, sayfa 367-394, 1993

VASSALOS D., (1995), "Capsize resistance prediction of a damaged ship in random sea", RINA Sempozyumu, RINA, Londra, 25 Kasım 1994, makale no.2, ve Trans. RINA, Vol.138, 1995

VASSALOS, D., TURAN, O., PAWLOWSKI, M, (1997) ; "Dynamic Stability Assessment of Damaged Passenger/ Ro-Ro Ships and Proposal of Rational Survival Criteria", Marine technology , cilt 34, No 4, Ekim 1997

## ÖZGEÇMİŞ

|                 |                   |                                                                                                      |
|-----------------|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Doğum tarihi    | 03.11.1972        |                                                                                                      |
| Doğum yeri      | Kdz. Ereğli       |                                                                                                      |
| Lise            | 1986-1990         | Kdz.Ereğli Teknik Lisesi, Elektronik Bölümü                                                          |
| Lisans          | 1990-1994         | Yıldız Teknik Üniversitesi Makina Fakültesi<br>Gemi İnşaatı Mühendisliği Bölümü                      |
| Yüksek Lisans   | 1994-1998         | Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü<br>Gemi İnşaatı Mühendisliği Bölümü Anabilim Dalı |
| Doktora         | 1997-Devam ediyor | Strathclyde University<br>Ship and Marine Tehcnology Department.                                     |
| Çalıştığı Kurum | 1995-1996         | Yıldız Teknik Üniversitesi Makina Fakültesi<br>Gemi İnşaatı Müh. Bölümü Araştırma Görevlisi          |