

Yapım Matbaacılık Ltd., İstanbul, 1999
Editörler :A. İ. ALDOĞAN
Y. ÜNSAN
E BAYRAKTARKATAL



GEMİ İNŞAATI VE DENİZ TEKNOLOJİSİ
TEKNİK KONGRESİ 99 – BİLDİRİ KİTABI

SU ÜSTÜ SAVAŞ GEMİLERİ İÇİN DENİZCİLİK PERFORMANS ANALİZİ

Kadir SARIÖZ¹

ÖZET

Suüstü savaş gemilerinin savaş sistem kabiliyetini belirleyen en temel unsurlardan birisi geminin denizcilik kabiliyetidir. Bu kabiliyet geminin belli şiddete kadar olan dalgalı denizlerde tüm sistemlerinin faaliyetini sürdürebilmesini ve mürettebatın yaralanma riski olmaksızın görevlerine konsantre olabilmelerini gerektirir. Bir su üstü savaş gemisinde gerekli denizcilik kabiliyetinin bulunup bulunmadığını belirleyebilmek üzere bir denizcilik performans analizi yapmak gerekir. Bu çalışmada suüstü savaş gemilerinin denizcilik performans kabiliyetini belirlemek üzere geliştirilen bir sayısal prosedür tanıtılmaktadır. Bu prosedür beş ana aşamadan oluşmaktadır; karışık dalgalı denizlerin temsili, düzenli dalgalardaki hareketlerin hesaplanması, karışık denizlerdeki hareketlerin belirlenmesi, ilgili denizcilik kriterlerinin belirlenmesi ve bu kriterlerin aşılmasına göre hareket kısıntılarının belirlenmesi. Birinci aşamada karışık denizleri temsil etmek üzere ilgili deniz sahasına ait dalga yükseklikleri ve dalga periyotları kullanılabileceği gibi değişik idealleştirilmiş dalga spektrumları da kullanılmaktadır. Düzenli dalgalardaki transfer fonksiyonlarını belirlemek üzere dilim teorisi yaklaşımı kullanılmaktadır. İki boyutlu hidrodinamik katsayılar için Frank Close-Fit yöntemi kullanılmaktadır. Karışık denizlerdeki denizcilik özellikleri transfer fonksiyonları ile dalga spektrumlarının süperpozisyonu ile bulunmaktadır. Denizcilik kriterleri için NATO standartları esas alınmaktadır. Herbir deniz sahasında ve şiddetinde, herbir dalga yönü ve gemi hızı için hesaplanan denizcilik özellikleri ilgili standart ile karşılaştırılarak hangi deniz sahası, deniz şiddeti, dalga yönü ve gemi hızı kombinasyonlarında kriterlerin aşıldığı belirlenmektedir. Bu sonuçlar polar diyagramlar şeklinde ifade edilerek herhangi bir deniz sahası ve şiddetinde geminin ilgili kriterleri aşmadan hareket gerçekleştirebilme oranı belirlenmektedir. Geliştirilen prosedür hücumbot, korvet ve destroyer tipi suüstü savaş gemilerine uygulanmaktadır.

GİRİŞ

Tipi ve büyüklüğü ne olursa olsun dalgalar içinde kalan bir gemi sakin su koşullarındaki performans kabiliyetini kaybedecektir. Dalgalar, istenen hız ve rotanın sağlanmasını önleyecek, mürettebat ve yolcunun konforunu bozacak, geminin misyonunu etkin bir şekilde yerine getirmesine engel olacaktır. Bu durumda geminin dalgalar içindeki hareketlerinin gemi misyonu üzerindeki etkilerini azaltmak gemi dizaynerinin temel görevidir. Bu görevi başarmanın temel gereklerinden biri verilen bir dizaynın tanımlanan deniz saha ve şiddetlerindeki denizcilik performans özelliklerini güvenilir olarak belirleyebilme kabiliyetidir. Böyle bir kabiliyetin mevcut olması durumunda dizayner verilen dizaynın ilgili deniz saha ve şiddetlerindeki seyir/operasyon kısıtlarını belirleyerek gerekli dizayn iyileştirmelerini veya yeni operasyon yöntemlerini gündeme getirebilecektir.

Dalgalı denizlerdeki gemi hareketleri ve bu hareketlerin türevi olan yüksek ivmeler ile dövünme ve güverte ıslanması olayları su üstü savaş gemilerinin hareket kabiliyetini kısıtlayan temel unsurların başında gelmektedir. Özellikle, denizaltı gibi su üstü dalgalarından etkilenmeyen düşman tehdit unsurlarına karşı harekatta denizcilik kabiliyeti geminin hayatta kalabilmesini belirleyen temel unsur olabilmektedir. Diğer su üstü savaş gemilerine karşı gerçekleştirilen hareketlerde denizcilik kabiliyetindeki ufak bir üstünlük düşman tehdit unsuru tarafından kullanılmayan bir savaş-sensör sisteminin kullanılmasına imkan tanıyacak ve hareketin kaderini değiştirecektir.

Bir suüstü savaş gemisinin denizli havalardaki hareket kabiliyetini belirleyecek temel unsur gemi alt sistemleri (tekne, personel, hız, silah-sensör sistemleri, komuta-kontrol sistemi, sevk sistemi, helikopter gibi) ile dalgalar arasındaki etkileşimdir. Artan deniz şiddeti ile alt sistemlerin performansı olumsuz olarak etkilenecek ve bunun sonucu geminin hareket kabiliyeti kısıtlanacaktır. Bu seviyede teknede, üst yapıda veya donanımda herhangi bir hasar oluşmayacağı ancak hareket kabiliyetinin eksileceği düşünülmektedir. Deniz şiddetinin daha artması ile geminin beka kabiliyetini zorlayacak durumlar ortaya çıkabilecektir. Geminin hayatı boyunca ancak birkaç kez rastlanacağı kabul edilen bu durumlarda geminin su geçirmez bütünlüğünü bozmayan bölgelerde hasar kabul edilebilir ve önemli olan geminin salimen limana ulaşabilmesidir.

Bu durumda bir suüstü savaş gemisine ait denizcilik performans problemi iki ayrı aşamada incelenebilir:

- Geminin beka kabiliyetini zorlamayan ancak hareket kabiliyetini kısıtlayan deniz durumlarında değişik hız, dalga yönü ve dalga karakteristiklerinin fonksiyonu olarak hareket kabiliyeti kısıtlamalarını belirlemek ve bu kısıtlamalar minimum olacak şekilde alt sistem dizayn ve konfigürasyonunu gerçekleştirmek, ve
- Ekstrem deniz durumlarında geminin su geçirmez bütünlüğünün korunup korunamayacağını incelemesi ve beka kabiliyetini arttıracak önlemler alınması.

Bu çalışmada ağırlıklı olarak birinci problem ele alınmakta ve tipik bir suüstü savaş gemisi için öngörülen deniz sahalarındaki denizcilik performansı incelenmektedir. Verilen bir dizaynın tanımlanmış deniz saha ve şiddetlerindeki seyir/operasyon kısıtlarının belirlenmesi aşağıdaki alt grup çalışmaların tamamlanmasını gerektirecektir:

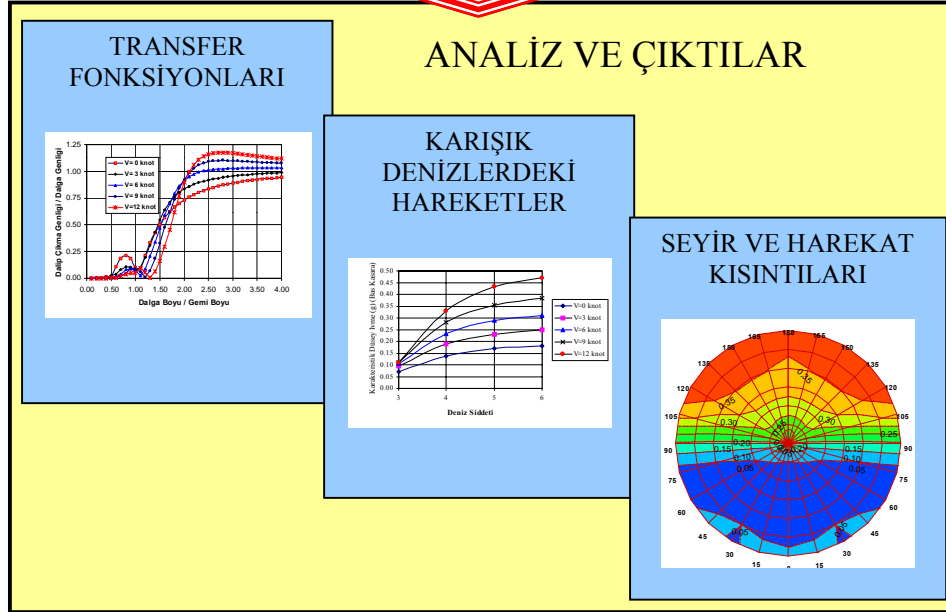
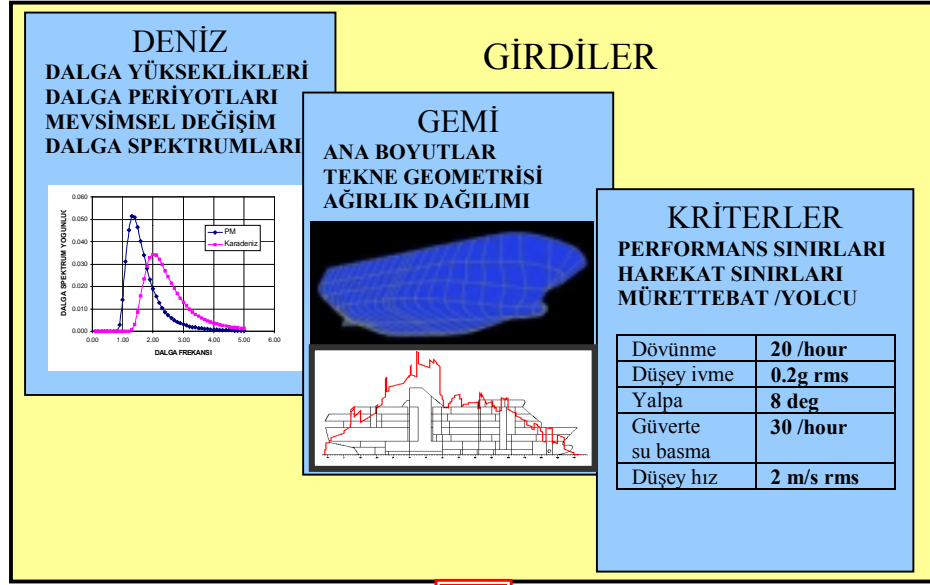
- Tekne su altı geometrisinin ve ağırlık dağılımı özelliklerinin tanımlanması
- Düzenli dalgalardaki altı serbestlik dereceli transfer fonksiyonlarının belirlenmesi.
- İstenen deniz saha ve şiddetlerinin uygun dalga spektrumları ile temsili
- Dizayna ve geminin misyonuna uygun denizcilik kriterlerinin belirlenmesi
- Tanımlanan deniz saha ve şiddetlerinde değişik gemi hızları ve dalga yönleri için seyir/harekat kısıtlarının belirlenmesi ve polar hız diyagramları şeklinde sunulması. Polar hız diyagramları yardımıyla geminin geminin verilen deniz sahalarındaki operasyon kabiliyetlerini belirlemek mümkün olmaktadır.

Yukarıda tanımlanan çalışmaları gerçeklemek ve verilen bir dizayn için tanımlanmış deniz saha ve şiddetlerindeki denizcilik performans özelliklerini ve buna bağlı olarak seyir/operasyon kısıtlarını belirlemek üzere İ.T.Ü. Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesi bünyesindeki Araştırma Uygulama Grubu tarafından bir yazılım geliştirilmiş ve değişik tip ve boyutta birçok gemiye başarı ile uygulanmıştır. Bu yazılıma ait temel girdiler ve analiz çıktıları **Şekil 1**'de görülmektedir.

1. DENİZCİLİK PERFORMANS ANALİZİNİN GENEL YAPISI

Şekil 1'de şematik olarak gösterilen denizcilik performans analizi prosedürünün veri bölümünde geminin geometrik ve ağırlık dağılımı özelliklerinin yanı sıra operasyon sahaları ve bu deniz sahalarına ait dalga özellikleri tanımlanmaktadır. Ayrıca geminin misyonuna uygun bir sınır değer seti tanımlanmalıdır. Bu tür veriler için NATO STANAG⁽¹⁾ dökümanlarının kullanımı uygundur.

Karışık denizlerdeki hareketleri belirleyebilmek üzere öncelikle geminin düzenli dalgalardaki transfer fonksiyonları (RAO) hesaplanmaktadır. Transfer fonksiyonları dalga frekansı veya dalga boyuna karşılık olarak sunulduğunda geminin hangi dalga boylarında rezonansa girme olasılığını göstermesi açısından yararlı olabilmektedir. Ancak düzenli dalgaların doğada çok nadir bulunması nedeniyle tanımlanmış deniz sahalarındaki karışık denizlerin temsili ve geminin bu tür denizlerdeki hareketlerinin hesabı zorunlu olmaktadır



Şekil 1. Denizcilik performan analizi genel yapısı

Analiz için gerekli deniz durumları verilen deniz karakteristikleri ve uygun spektral formülasyonlar kullanılarak temsil edilir. Daha önce bulunan transfer fonksiyonları ve dalga spektrumları kullanılarak herbir deniz şiddeti, gemi hızı ve dalga yönü için karışık denizlerdeki hareketler hesaplanır

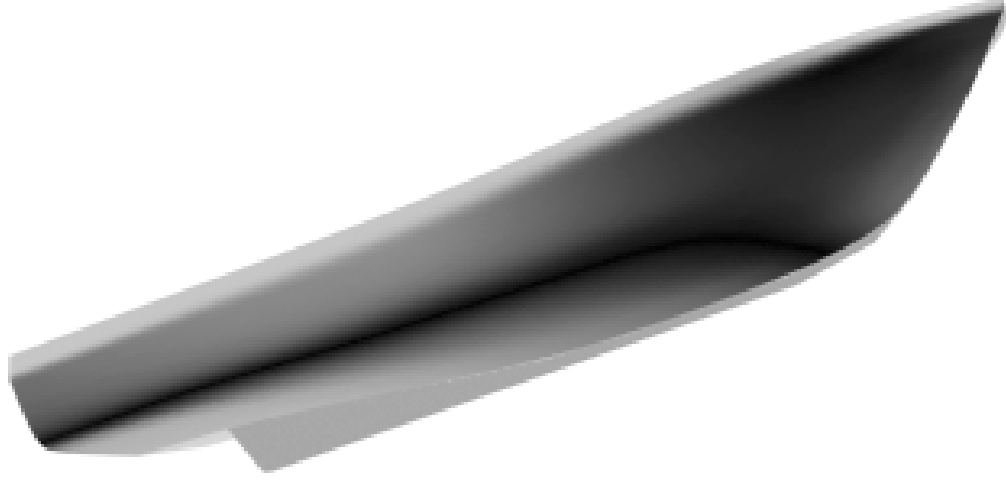
Bulunan hareketler ile verilen denizcilik kriterleri karşılaştırılarak hangi hız ve dalga yönü kombinasyonlarında hız kesilmesi, rota değiştirilmesi veya seyirin/harekatın durdurulması gerektiği belirlenir. Bu kısıtlar polar hız diagramları şeklinde herbir deniz saha ve şiddeti için sunulur.

1.1. TEKNE GEOMETRİSİ VE AĞIRLIK DAĞILIMI ÖZELLİKLERİ

Denizcilik performans analizi gerçekleştirilecek teknenin ana boyutları, form geometrisi ve ağırlık dağılımı özellikleri temel veriler arasındadır. Bu verilerden hareketle bir ön hidrostatik kontrol yapılır ve tekne form geometrisi incelenir. Bu incelemelerde tipik olarak **Tablo 1** formunda tablolar **Şekil 2**'deki gibi üç boyutlu formlar kullanılır.

Tablo 1. Tekne geometrisi ve ağırlık dağılımı özellikleri

Parametre	Sembol	Birim
Tam boy	L_{OA}	m
Su hattı boyu	L_{WL}	m
Dikeyler arası boy	L_{BP}	m
Kalıp genişliği	B_m	m
Su hattı genişliği	B_{WL}	m
Su çekimi	T	m
Deplasman hacmi	∇	m^3
Deplasman tonajı	Δ	ton
Blok katsayısı	C_B	
Orta kesit katsayısı	C_M	
Prizmatik katsayı	C_P	
Su hattı alan katsayısı	C_{WP}	
Sephiye merkezinin mastoriden uzaklığı	LCB	m
Yüzme merkezinin mastoriden uzaklığı	LCF	m
Sephiye merkezinin omurgadan yüksekliği	KB	m
Metasantr yarıçapı	BM	m
Ağırlık merkezinin omurgadan yüksekliği	KG	m
Metasantr yüksekliği	GM	m
Yalpa jirasyon yarıçapı	k_{xx}	m
Baş-kıç vurma jirasyon yarıçapı	k_{yy}	m



Şekil 2. Tipik tekne formu geometrisi

2. DÜZENLİ DALGALARDAKİ HAREKETLER

Doğada düzenli dalgalara rastlamak neredeyse olanaksız olmakla birlikte deneysel veya sayısal denizcilik analizlerinde kullanılan lineer süperpozisyon ilkesi karışık dalgalardaki tepkileri belirleyebilmek için düzenli sinüsoidal formdaki dalgalardaki tepkileri esas almaktadır.

Düzenli dalgalardaki denizcilik tepkileri deneysel olarak belirlenebilir ancak bu yöntem dizaynın tamamen kesinleşmiş olmasını ve uzun deney süreleri gerektireceği için ön dizayn aşamalarında uygun olmamaktadır. Diğer taraftan suüstü savaş gemisi formlarının yüksek boy/genişlik oranı nedeniyle dilim teorisine dayalı sayısal yöntemlerin duyarlı sonuçlar vereceği düşünülmektedir.

Modern sayısal denizcilik analiz yöntemleri iki ana kısımdan oluşmaktadır. Birinci kısımda teknenin birim genlikli sinüzoidal formda dalgalardaki hareketleri incelenerek transfer fonksiyonları elde edilmektedir. İkinci kısımda ise karışık dalgalarda sonsuz sayıda değişik frekanslı düzenli dalgalardan oluşmuş kabul edilerek lineer süperpozisyon prensibine göre geminin bu karışık dalgalardaki hareketleri birinci kısımda belirlenen birim genlikli sinüzoidal dalgalardaki hareketlerin bir toplamı olarak bulunur. Birinci kısımda ele alınan problemin üç boyutlu tekne formları için çözümü karmaşık olduğundan modern denizcilik analiz yöntemlerinde genellikle dilim teorisi yaklaşımı kullanılmaktadır. Bu yaklaşıma göre üç boyutlu gemiye etkiyen kuvvetler, gemiyi oluşturan iki boyutlu dilimlere etkiyen kuvvetlerin toplamı olarak bulunur. İki boyutlu dilimlere etkiyen hidrodinamik kuvvetleri hesaplamak için kullanılan iki temel yöntem mevcuttur:

- Lewis form yaklaşımı
- Frank Close-fit yaklaşımı

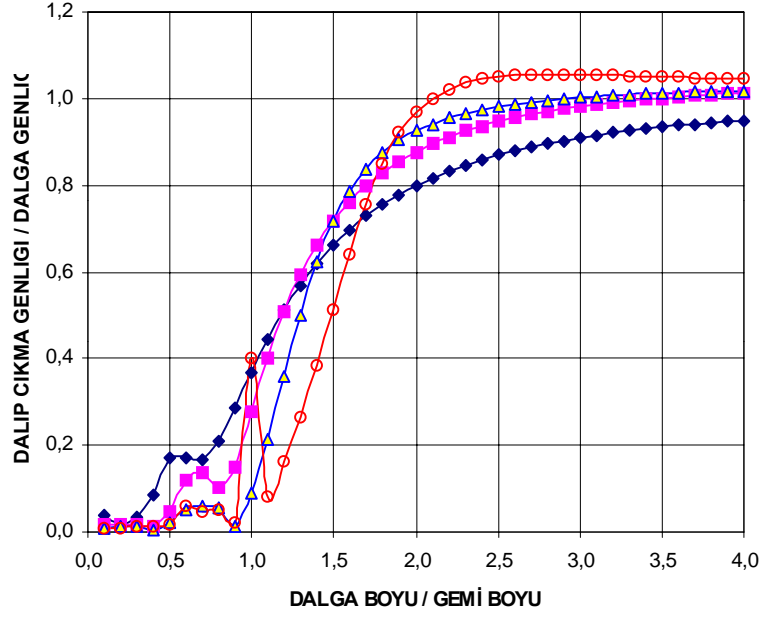
Birinci yaklaşımda tekne form kesitlerinin Lewis form adı verilen trigonometrik fonksiyonlar ile temsil edilebileceği varsayılmaktadır. Bu yaklaşım tipik U-V formlar için uygun olmakla birlikte ayna kış gibi kesitleri temsil edememektedir. Bu nedenle suüstü savaş gemisi formlarının denizcilik analizinde geometrik kısıtlamaları bulunmayan Frank Close-fit yöntemi tercih edilmektedir. Bu yöntemin tek dezavantajı yüksek frekanslarda anormal sonuçlara neden olabilen düzensiz frekanslardır. Ancak bu frekans değerleri standard denizcilik performans analizlerinde rezonans değerlerden oldukça uzak olduğundan ciddi bir sorun yaratmamaktadır.

Bu çalışmada sunulan denizcilik performans hesapları İTÜ yazılımı kullanılarak elde edilmiştir. Bu program Salvasen-Tuck-Faltinsen⁽²⁾ dilim teorisine dayanmakta ve iki boyutlu hidrodinamik katsayılar Frank Close-fit yöntemi ile hesaplanmaktadır. Program SMP, WOLFSON gibi diğer yazılımlarla ve çok sayıda deney sonucu ile denenmiş ve kendini kanıtlamıştır. Sonuçlar özellikle yüksek boy/genişlik oranına sahip narin savaş gemisi formlarında son derece olumludur.

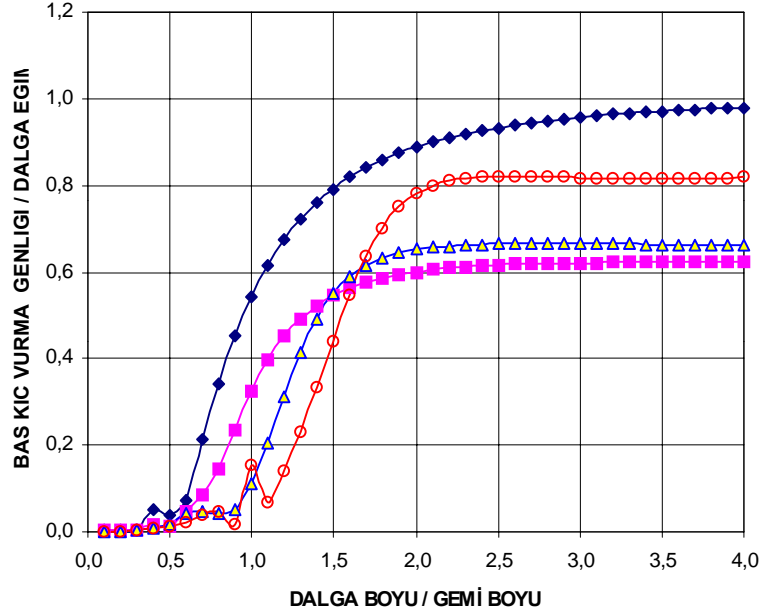
Bu çalışmada ele alınan teknenin düzenli dalgalardaki hareketlerine ilişkin örnekler izleyen şekillerde görülmektedir. **Şekil 3**'te baştan gelen dalgalarda değişik hızlardaki dalıp çıkma transfer fonksiyonu görülmektedir. Burada artan hız ile hareketteki artımı ve teknenin doğal dalıp çıkma frekansını gözlemek mümkündür. Benzer bir grafik baş kış vurma hareketi için **Şekil 4**'te görülmektedir.

3. DENİZ SAHALARININ TEMSİLİ

Bir suüstü savaş gemisinin hareket sahalarındaki denizcilik özelliklerinin belirlenebilmesi için öncelikle bu sahaları oluşturan denizlere ait dalga özelliklerinin mevsim ve konuma göre değişimlerinin bilinmesi gereklidir. Dalgalı bir deniz rasgele bir davranış sergileyecektir ve böyle bir denizi matematik olarak temsil edebilmek için istatistiki yöntemler kullanmak gerekecektir. Lineer süperpozisyon prensibine göre karışık denizlerin sonsuz sayıda düzenli dalga bileşeninden oluştuğu varsayılabilir ve bu bileşenlerin frekansa göre varyansının yoğunluğu ile o denizin enerjisini temsil eden bir dalga spektrumu elde edilebilir. Bu spektrum eğrisi altında kalan alan dalga yüksekliğinin varyansını verecektir. Dalga spektrumunu kullanarak bir denize ait pekçok istatistiki bilgi elde edilebilir. Bunlardan en çok kullanılanlar **Tablo 2**'de verilmektedir. Burada m_0 dalga spektrumu eğrisi altında kalan alanı göstermektedir.



Şekil 3. Baştan gelen dalgalarda değişik hızlardaki tipik dalın çıkma transfer fonksiyonları



Şekil 4. Baştan gelen dalgalarda değişik hızlardaki tipik baş kık vurma transfer fonksiyonları

Tablo 2. Dalga istatistikleri

Dalga Yükseklikleri		
En fazla rastlanan	rms	$\sqrt{m_0}$
Ortalama		$1.25 \sqrt{m_0}$
Karakteristik (1/3 en yüksek ort)	$H_{1/3}$	$2 \sqrt{m_0}$
1/10 en yüksek ortalama	$H_{1/10}$	$2.55 \sqrt{m_0}$

Bir geminin karışık dalgalar içindeki hareketleri de aynı prensibe göre geminin düzenli dalgalar içindeki hareketlerinin bir toplamı olarak elde edilebilir. Böylece geminin düzenli sinüsoidal formda dalgalar içindeki hareketlerinin bilinmesi halinde karışık denizlerdeki hareketler bunların bir toplamı olarak bulunabilir. Böylece herbir hareket için bir spektrum elde edilerek istenen istatistik değeri bulunabilir.

Karışık denizlere ait gerçek datanın mevcut olmadığı durumlarda denizcilik hesaplarında genellikle idealleştirilmiş matematiksel spektrum fonksiyonlarından yararlanılır. Bunlardan en basiti ve en çok kullanılanı olan Pierson-Moskowitz spektrumunda tam oluşmuş denizler için sabit hızda ve sonsuz bir periyot için sonsuz genişlikte bir saha üzerinden esen rüzgarlar için bir dalga spektrum formülasyonu verilmektedir. Rüzgar hızı ile karakteristik dalga yüksekliği arasında bir bağıntı kurarak bu formülasyon aşağıdaki şekilde verilebilir:

$$S(\omega) = \frac{A}{\omega^5} \exp\left[-\frac{B}{\omega^4}\right]$$

Burada ω dalga frekansı olup A ve B sabitleri şöyle verilmektedir:

$$A = 0.0081g^2 \quad B = \frac{3.11}{H_{1/3}^2}$$

Burada g yerçekimi ivmesi olup $H_{1/3}$ karakteristik dalga yüksekliğini temsil etmektedir. Bu tür bir spektrum tam oluşmuş denizler için geliştirilmiş olduğundan herbir karakteristik dalga yüksekliği için tek bir modal periyot değeri öngörülmüştür. Bu periyot değeri okyanus tipi uzun dalgalara özgü olduğundan Doğu Akdeniz, Ege ve Karadeniz sahalarını temsil edememektedir. Özellikle Karadeniz’de rastlanan küçük periyotlu dik dalgaları temsil etmek üzere dalga periyodunu da dikkate alan iki parametrelili bir dalga spektrumu kullanılmalıdır. Bu türden bir spektrum 16. ITTC tarafından aşağıdaki şekilde önerilmektedir:

$$S(\omega) = \frac{A}{\omega^5} \exp\left[-\frac{B}{\omega^4}\right]$$

Burada A ve B sabitleri şöyle verilmektedir:

$$A = 173 \frac{H_{1/3}^2}{T_1^4} \quad B = \frac{691}{T_1^4}$$

Burada T_1 ortalama dalga periyodu olup modal periyot $T_m = 1.294T_1$ şeklinde bulunur.

Deniz şiddeti karakteristik dalga yüksekliğinin veya rüzgar hızının bir fonksiyonu olarak tanımlanmaktadır. **Tablo 3**'de karakteristik dalga yüksekliği ve rüzgar hızının fonksiyonu olarak deniz şiddetleri verilmektedir.

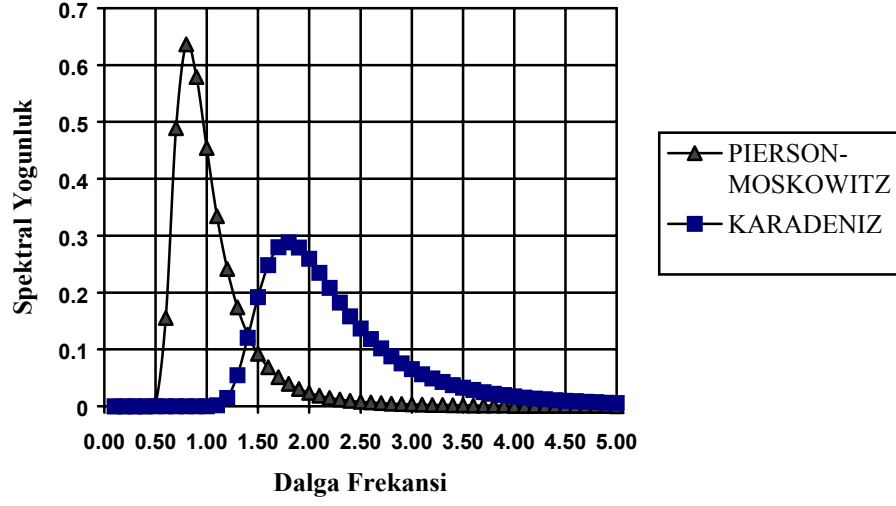
Karadeniz ve Doğu Akdeniz bölgelerine ait modal dalga periyotlarını belirlemek üzere NATO dalga istatistiklerinden⁽¹⁾ yararlanılmaktadır. Bu istatistikler yardımı ile 0-5 metre arasında Doğu Akdeniz'de herbir karakteristik dalga yüksekliği için bulunan dalga periyotları **Tablo 4** 'te gösterilmektedir. Bu periyot değerleri ve ITTC iki parametrelili spektrum formülasyonu kullanılarak elde edilen Karadeniz ve Doğu Akdeniz bölgeleri kış mevsimine ait dalga spektrumları ve bunların tek parametrelili karşılıkları **Şekil 5** ve **6**'da görülmektedir.

Tablo 3. Deniz şiddeti ile dalga yüksekliği ve rüzgar hızı arasındaki ilişki

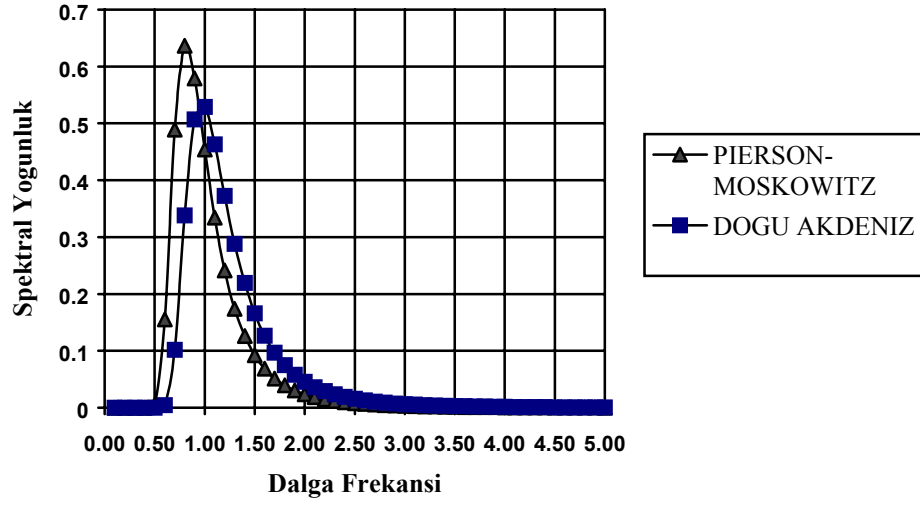
Deniz şiddeti	Karakteristik Dalga Yük. (m)		Rüzgar hızı (knot)	
	Aralık	Ortalama	Aralık	Ortalama
0-1	0.0-0.1	0.05	0-6	3
2	0.1-0.5	0.30	7-10	8.5
3	0.5-1.25	0.88	11-16	13.5
4	1.25-2.25	1.88	17-21	19
5	2.5-4.0	3.25	22-27	24.5
6	4.0-6.0	5.00	28-47	37.5
7	6.0-9.0	7.50	48-55	51.5
8	9.0-14.0	11.50	56-63	38.5
>8	>14.0	>14.0	>63	>63

Tablo 4. Doğu Akdeniz'e ait modal dalga periyotları.

$H_{1/3}$ (m)	Doğu	Akdeniz
	T_m (Kış)	T_m (Yıllık)
1	4.4	4.0
2	5.1	4.4
3	7.6	6.3
4	8.7	7.3
5	10.0	9.0



Şekil 5. Karadeniz Dalga Spektrumu (K1ş), $H_{1/3} = 2.4\text{m}$.



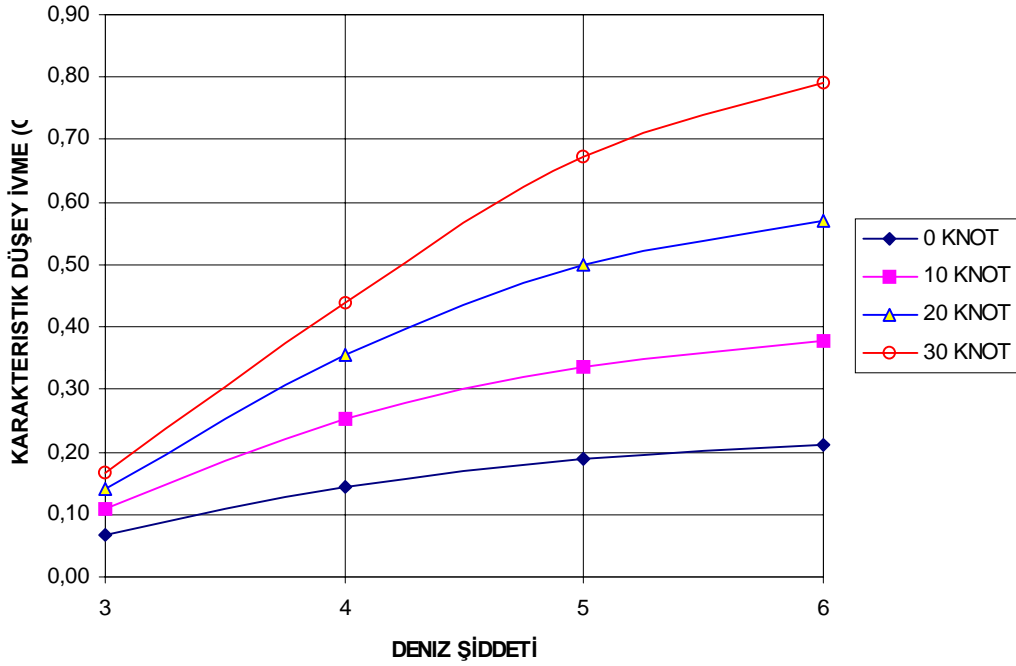
Şekil 6. Doğu Akdeniz Dalga Spektrumu (K1ş), $H_{1/3} = 2.4\text{m}$.

4. KARIŞIK DENİZLERDEKİ HAREKETLER

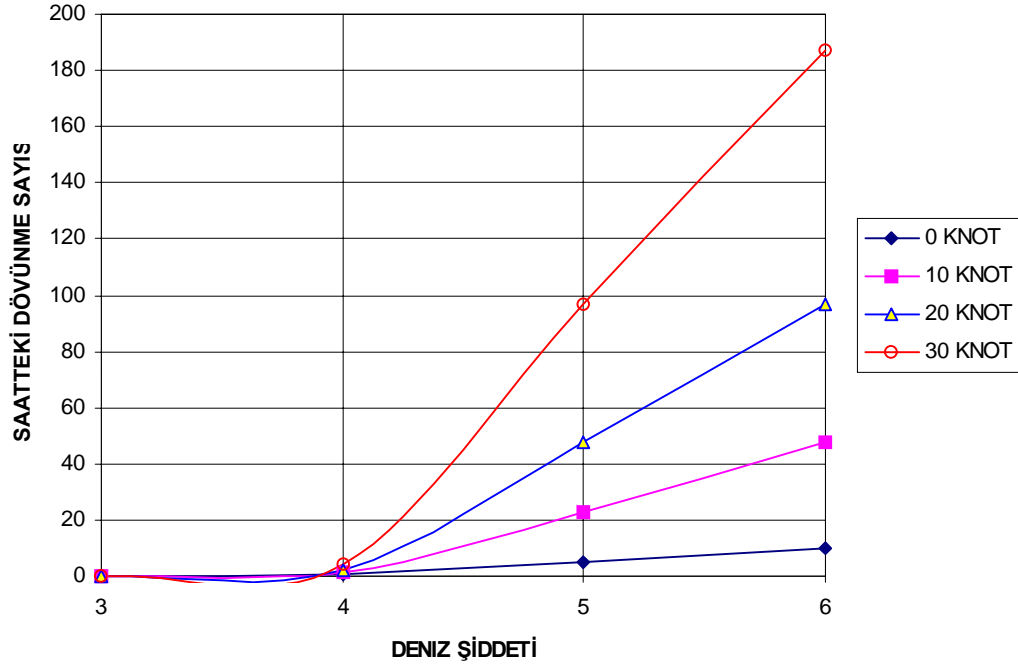
Teknenin hareket gerçekleştireceği deniz sahalarına ilişkin dalga spektrumlarının çıkarılması ve düzenli dalgalar içindeki transfer fonksiyonlarının belirlenmesi ile değişik deniz saha ve şiddetlerindeki hareketlerin belirlenmesi mümkün olmaktadır. Bu amaçla lineer süperpozisyon ilkesinden yararlanılmaktadır. Yani

$$S_z = S_\zeta |RAO|^2$$

Burada S_ζ dalga spektrumu, S_z hareket spektrumu ve RAO ilgili harekete ait transfer fonksiyonudur. Bu şekilde elde edilen hareket spektrumu yardımıyla geminin karışık denizlerdeki hareketlerine ait tüm istatistik verileri çıkarmak mümkün olmaktadır. Tipik bir suüstü savaş gemisine ait değişik deniz şiddetlerinde değişik hızlar için hesaplanan düşey ivme ve satteki dövünme sayıları Şekil 7 ve 8'de görülmektedir.



Şekil 7. Baştan gelen dalgalarda tipik karakteristik düşey ivme değerleri.



Şekil 8. Baştan gelen dalgalarda tipik dövünme sayıları.

5. DENİZCİLİK KRİTERLERİ

Bir su üstü savaş gemisinin denizcilik performansını belirlemek üzere geminin hareket kabiliyetinin kısıntıya uğrayacağı sınırların belirlenmesi gereklidir. Denizcilik kriterleri olarak bilinen bu sınırların aşılması halinde hareketin sürdürülemeyeceği ve hız kesme veya rota değiştirme gibi tedbirler alınması gerekeceği kabul edilmektedir. Gemiye oluşturan tekne, makina, personel, komuta-kontrol, savaş sistemleri gibi alt sistemler farklı sınır değerlere sahip olacaklardır. Genelde bir suüstü savaş gemisinin hareket kabiliyetini olumsuz etkileyecek temel denizcilik tepkileri şunlardır:

- Aşırı yalpa hareketi
- Aşırı baş kık vurma hareketi
- Güverteye su basması ve serpinti oluşumu
- Baş dövünmesi ve buna bağlı gerilme ve titreşimler
- Düşey ve yatay düzlemdeki yüksek ivmeler

Yalpa hareketi gemideki silah-sensör sistemlerinin ve her türlü donanım ve ekipman ile personelin verimini önemli ölçüde etkiler ve ekstrem durumlarda geminin alabora olmasına

neden olabilir. Bu olumsuz etkilerden dolayı yalpa hareketinin arttığı durumlarda bunu önlemek için rota değiştirmek ve dalgaları baş veya baş omuzluktan alma yoluna gitmek zorunlu olabilir. Bunun yanı sıra dizaynda bazı pasif veya aktif yalpa söndürücü donanım öngörülebilir.

Tablo 5. Yalpa kriterleri

Kaynak	Kriter (karakteristik)
ABD Donanması (NAVSEA)	8 derece
ABD Donanması (NAVSEA-Helikopter)	5 derece
İngiliz Donanması (ARE)	8 derece

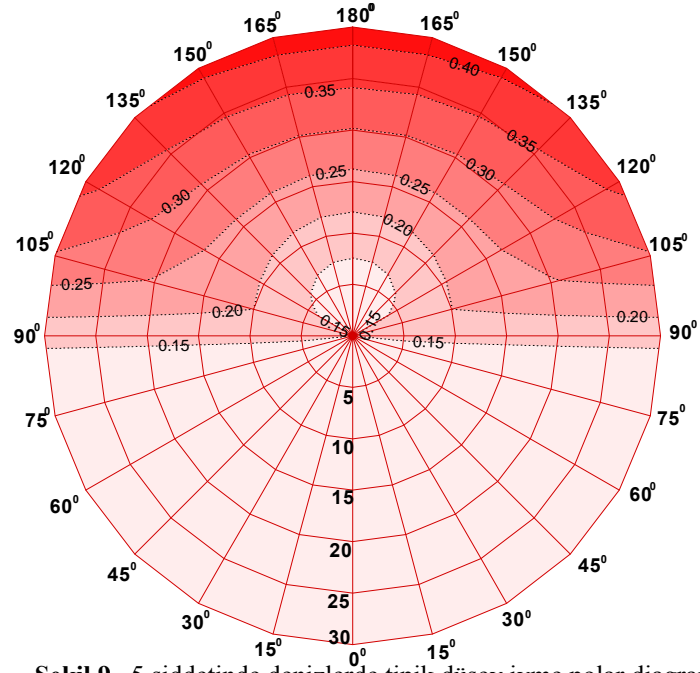
Güverteye su basması özellikle baştan veya baş omuzluktan gelen dalgaların etkisi altında güvertenin tamamının veya bir kısmının sular altında kalması ve buna eşlik eden serpinti olayıdır. Güverteye su basması güverte üzerindeki silah-sensör sistemlerini ve diğer donanımı olumsuz olarak etkiler, personelin güvertede görev yapmasını önler ve hayati tehlikeler yaratabilir. Güverte su basmasına eşlik eden serpinti olayı vizibilitayı ve görüş sahasını olumsuz olarak etkiler. Tekne başının dövünmesi de hız kesmeyi veya rota değiştirmeyi zorunlu kılan önemli bir etkidir. Personelin verim ve konsantrasyonunu etkileyen temel faktörler düşey ve yanal ivmelerdir. Bu tür hareketlere ait kriterler ilgili NATO STANAG dökümanlarında bulunmaktadır⁽³⁾.

6. KISINTILI HAREKAT SAHALARININ BELİRLENMESİ

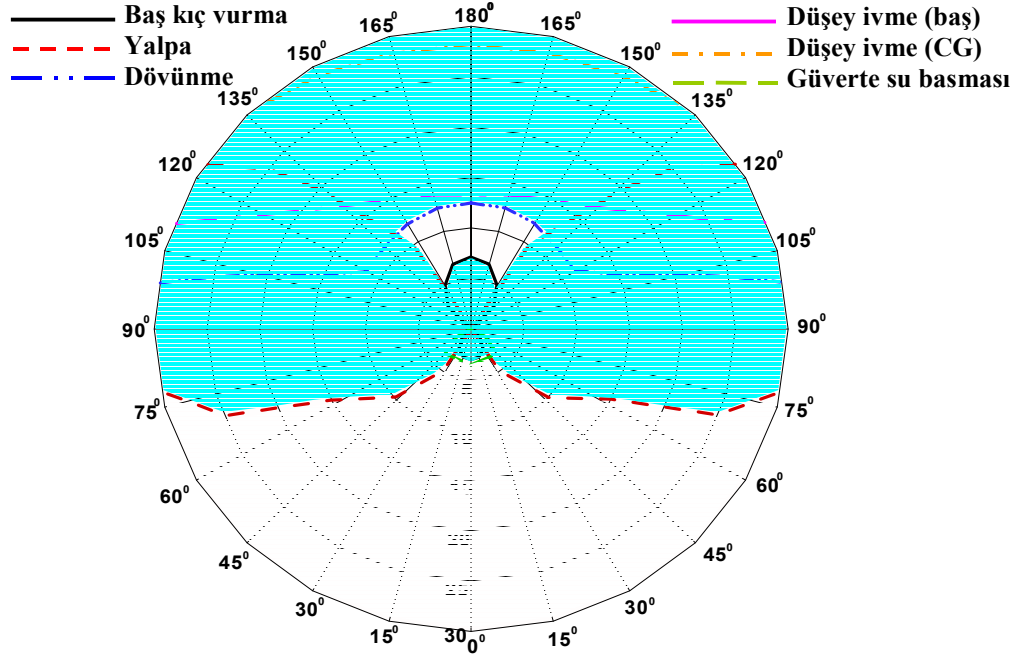
Değişik deniz saha ve şiddetlerinde farklı dalga yönleri ve tekne hızları için hesaplanan hareketlerin hangi dalga yönlerinde ve tekne hızlarında tanımlanan kriterleri aştığını belirleyebilmek üzere bu hareketlerin **Şekil 9**'da tipik bir örneği gösterilen polar diyagramlar şeklinde hazırlanması gerekir. Teknenin denizcilik performansını etkileyeceği düşünülen tüm hareketler için hazırlanan bu polar diyagramlar üzerinde denizcilik kriterlerinin markalanması ile hangi hız ve dalga yönlerinde hareket kısıntısı oluşabileceği ortaya çıkacaktır. Bu tür diyagramlara bir örnek **Şekil 10**'da görülmektedir.

SONUÇLAR

Suüstü savaş gemilerinin hareket kabiliyetini etkileyen temel unsurlardan biri dalgalı denizlerdeki denizcilik performansıdır. Bu nedenle denizcilik performans analizi bir suüstü savaş gemisi dizaynının ayrılmaz parçasıdır. Bu analiz hem geminin tanımlanmış deniz sahalarındaki hareket kabiliyetini değerlendirmek, hem de alternatif dizaynları karşılaştırmak açısından yararlıdır.



Şekil 9. 5 şiddetinde denizlerde tipik düşey ivme polar diagramı



Şekil 10. 5 şiddetinde denizlerde tipik hareket kısıtları

Suüstü savaş gemilerinin denizcilik performansı için başarılı sayısal yöntemler mevcut olup bu çalışmada bu tür bir prosedür sunulmuştur. Ancak unutulmamalıdır ki bu analiz sağlanan verilerin güvenilirliği ile sınırlı hassasiyete sahiptir. Bir denizcilik performans analizi çok sayıda güvenilir veriye gerek duyar ki bu verilerin bir kısmında belirsizlikler olması çok zaman kaçınılmazdır. Örneđin

- Denizcilik performans analizi genellikle ön dizayn aşamsında gerçekleşmektedir. Bu aşamada teknenin dizaynı henüz bitmediğinden ağırlık dağılımı özelliklerinde ciddi değişimler görülebilmektedir.
- Deniz sahalarının temsilinde güvenilir dalga istatistikleri bulmak çok kere olanaksızdır.
- Denizcilik kriterlerinde değişik kaynaklar tarafından çok farklı değerler önerilebilmektedir.
- Mevcut gemilerin denizcilik performansına ilişkin bilgiler operatörlerin subjektif değerlendirmeleri nedeniyle güvenilir olamamaktadır.

KAYNAKLAR

1. NATO Standardization Agreement 4194
Standardized Wave and Wind Environments and Shipboard Reorting of Sea Conditions
1983
2. Salvesen N., Tuck E.O. and Faltinsen O.
Ship Motions and Sea Loads
Trans. SNAME, Vol. 78, 1970.
3. NATO Standardization Agreement 4154
General Criteria and Common procedures for Seakeeping Performance Assessment
1986.