

YÜKSEK HIZLI DEPLASMAN TİPİ GEMİLERDE KARŞILAŞILAN SPREY PROBLEMİNİ AZALTMA AMAÇLI TAKINTI DİZAYNI

Cihad Çelik*, Devrim Bülent Danışman**

* İstanbul Teknik Üniversitesi, Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesi | celickiha@itu.edu.tr

** İstanbul Teknik Üniversitesi, Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesi | bulent.danisman@itu.edu.tr

ABSTRACT

In the current work, a research carried out for the appendage design of high-speed displacement ships to prevent the problem against the water spray at the stem. The pressure decreases on the waterline level immediately and this leads to water spray problems. It is possible to avoid this fact by using an appendage that is made of a NACA 6412 profile. The water spray is reduced by means of the profile. During the tests, profile is located to different heights, according to water level and spray occurrence is examined. The towing tank tests have been compared with Computational Fluid Dynamic (CFD) results.

ÖZET

Bu çalışmada yüksek hızlı deplasman gemilerinde karşılaşılan sprej probleminin çözümüne yönelik takıntı dizaynı yapılmıştır. Gemi baş bodoslamasında su hattındaki ani basınç değişiminden kaynaklanan bu problemin çözümü için üst tarafında alçak basınç oluşturacak NACA 6412 serisi hidrofoil kullanılarak sprej oluşumu önemli ölçüde düşürülmüştür. Takıntı, geminin bodoslamasına su hattına göre farklı yüksekliklere monte edilmiş ve sprej oluşumu incelenmiştir. Tüm deney sonuçlarına ek olarak HAD analizleri ile çalışmalar desteklenmiştir.

Anahtar kelimeler: Sprej oluşumu, NACA profilleri, HAD, Gemi baş dalgaları, Çekme deneyleri, CFD.

1. Giriş

Bu çalışmada kayıcı tekneler ve yüksek hızlı deplasman tipi teknelerde görülen ve gemi direnç bileşenleri içerisinde önemli bir yere sahip olan sprej olayı incelenmiş ve çözüme yönelik olarak bir takıntı dizayn edilmiştir. Sprej, ticari gemilerde sadece direnç açısından önemli iken askeri bir gemide gürültü açısından da büyük öneme sahiptir. Sprej olayı gemi form dizaynı aşamasında öngörülebilirse su hattı giriş açılarının yumuşatılması ve posta kesitlerinin iç bükey olarak tasarlanması ile önlenabilmektedir. Ancak dizayn kısıtları nedeniyle pek çok dizayner bu temel kuralları göz ardı etmekte ve sonuçta istenmeyen sprej olayı ortaya çıkmaktadır. Retrofit olarak tasarlanan sprej trizleri sorunu azaltabilse de motor yatlarında görsel açıdan tercih edilmemektedir. Askeri gemilerde ise sprej trizi hidrodinamik gürültüyü azaltamamaktadır.

Sprej konusunda öncü çalışmalardan biri Savitsky ve Breslin [1] tarafından yapılmıştır. Savitsky, çalışmasında kayıcı yüzeyler etrafında oluşan sprej olayını incelemiş ve kayıcı teknelerin direnç tahminleri için günümüzde de kullanılan formülasyonları bulmuştur.

Daha önce, yüksek hızlı teknelerde sprej oluşumunu engellemek için Seo, Choi [2] ve diğerleri tarafından deneyler gerçekleştirilmiştir. Sprej trizleri gövde boyunca farklı yerlerde

kullanılmıştır. Bu çalışmanın sonucunda, yüksek hızda ve dalgalı denizlerde teknelerin dalıp çıkma ve baş kış vurma hareketlerinin azaldığı gösterilmiştir. Salas [3] Sprey oluşumunu su hattı üzerine monte edilen spreylere çözümler üzerine bir çalışma yapmıştır. IACONO [4] ve Kohansal ve diğerleri [5] çalışmalarında kayıcı tekneler etrafında spreylere etkilerini de göz önüne alarak direnç hesaplayan sayısal yöntemler üzerine çalışmışlardır. Mizutani ve diğerleri [6] çalışmasında baştan gelen dalgalarda spreylere ek dirence olan etkisini dolgun gemiler için incelemiştir. Danışman ve Gören [7] çalışmalarında lineer olmayan serbest su yüzeyi sınır koşullarını dahil eden bir hesap algoritması geliştirmiş ve spreylere direncini düşürmek için form üzerinde yapılabilecek modifikasyonları bulmakta kullanmıştır.

Bu çalışmada çeşitli dizayn kısıtları nedeniyle baş tarafı dolgun olarak dizayn edilen yüksek hızlı bir tankerde görülen spreylere olayına çözüm aranmıştır. Çalışmaya konu olan gemi 22000 ton deplasmana sahip dizayn hızı 24 knot olan bir ikmal gemisidir. Geminin 1/42 ölçeğinde modeli yapılmış ve geminin baş tarafına NACA profili kesitli kanatçık tipi bir takıntı eklenerek spreylere olayı azaltılmaya çalışılmıştır.

Deneyde model gemi, ITTC test prosedürüne uygun olarak Atwood dinamometresi ile çekilmiştir. Deney esnasında, spreylere oluşum bölgeleri gözlemlenmiş ve gemi modelinin başında bulunan çizgiler yardımıyla ölçüm yapılmıştır. Gemi baş tarafında basınç gradyeninin ani değişimi sonucu ortaya çıkan spreylere oluşumunu azaltmak için uzunluğu 100mm olan NACA 6412 asimetrik hidrofoil su hattından farklı yüksekliklerde gemi baş bodoslamasına monte edilmiştir. Ayrıca, deney HAD analizleri ile desteklenmiştir. Çalışmanın sonucunda, spreylere oluşumunun azaldığı gözlemlenmiştir.

2. Spreylere Oluşumu

Su yüzeyindeki büyük bozulmaların cisimlerin suyu yaran ıslak yüzey alanlarının ön kenarının yakınında meydana geldiği yaygın bir bilgidir. Bu yüksek hızlı su yüzeyindeki bozulmalar genellikle spreylere oluşumuna neden olur. Düşük hızlarda, baş kısımdaki suyun şekli cisim yüzeyi ve komşu sıvı ile sürekli temas halinde olan bir dalga şeklini alır. Yüksek hızlarda ise su akışı bir dalga olarak yüzeye yapışmayı başaramaz ve buradan ayrılır, böylece yerel olarak havalandırılmış bir akış meydana getirir. Suyun ayrıldığı kenarın şekline bağlı olarak, bu havalandırma öncesinde veya sonrasında akışın iki parçaya bölünmesi söz konusudur. Oluşan formlardan biri, püskürterek dışa ve yukarıya doğru hareket ederken, diğeri akış alanının ana hattında kalır. Böyle güçlü bir reaksiyonun temel nedeni, serbest yüzeyin hemen yakınında hareketsiz bir hattın olmasıdır. Bu hareketsiz hat, akışın iki parçaya bölünmüş olduğu ve serbest akış hızının (V) önemli bir bileşenini oluşturan maksimum basıncın giderek arttığı cisim üzerindeki noktaların konumudur. Alçak hızlarda, bu durma hattının varlığı, serbest yüzeyin bölgesel olarak kabarmasına neden olur ve akışın cismin arkasına doğru bir dalga modeli oluşturmasına katkıda bulunur. Temas eden yüzey hızı arttıkça, durma hattının üzerindeki su tabakası dökülene kadar artan kuvvetle yukarıya ve dışa doğru hareket edecektir [1].

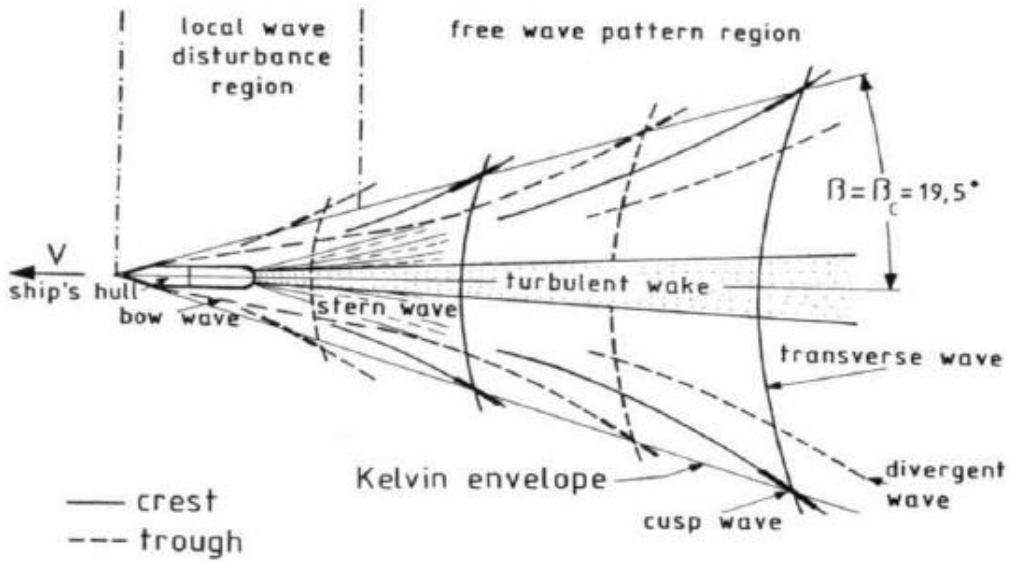
Sabit bir hızda ilerleyen geminin baş dalgası gemi baş formuna bağlıdır (Şekil 1). Narin baş yapısına sahip yüksek hızlı gemiler, birbiri üzerine binen düzenli dalgalar üretirken, yavaş hareket eden dolgun baş yapısına sahip gemiler, oldukça kararsız, türbülanslı baş dalgaları üretir. Bu iki alternatif akış rejimi, lineer olmayan dinamik serbest yüzeyi sınır koşulları ile açıklanmaktadır. [7-8].



Şekil 1. Dolgun ve narin gemilerde oluşan baş dalgaları [9].

Gemiler, kolaylıkla gözlemlenen farklı yüzey dalga modelleri oluştururlar. Bu dalgaların, geminin direncini ciddi derecede arttırdığını gösteren çalışmalar mevcuttur. Ayrıca bu dalgaların, gemiden ayrıldıktan sonra geriye doğru döndüğü ve serbest su yüzeyi ile etkileşime girdikten sonra belirgin sıçramalar, damlacıklar ve kabarcıklara neden olduğu açıktır.

William Froude, 140 yıl önce deneylerinde gemi modellerini gözlemleyerek gemi dalgaları üzerine bilimsel çalışmalar yürütmüştür. Şekil 2’de görüldüğü gibi, geminin başına yakın iki ayrı dalga sistemi, biri gemi hareketine dik yönde enine dalgalar, diğeri geminin hareketine paralel olan boyuna dalgalar William Froude tarafından tanımlanmış ve hala kullanılmaktadır [9].



Şekil 2. Enine ve boyuna dalgalar

3. Takımtı Dizaynı ve Deneysel Çalışma

Bu çalışma kapsamında yapılan deneyler İTÜ Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesi bünyesinde bulunan Ata Nutku Gemi Model Deney Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. 160m x 6m x 4.5m boyutlarındaki laboratuvarında 5 m boya kadar olan gemi modelleri ve çeşitli su yapıları için direnç, iz ve sevk deneyleri yapılabilmektedir. Şekil 3 laboratuvardan bir kesit göstermektedir.



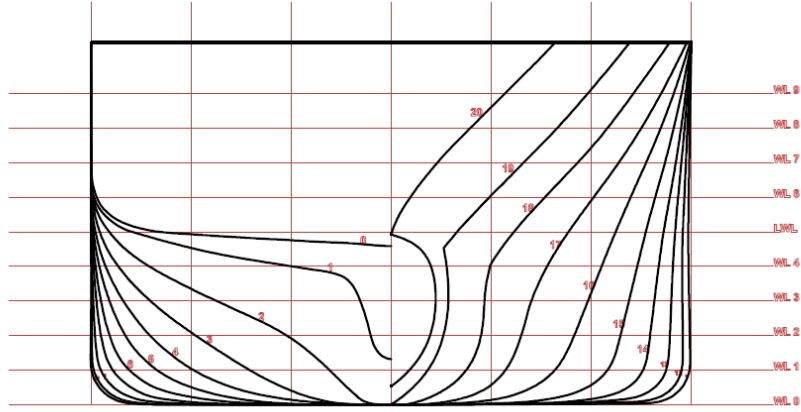
Şekil 3. Ata Nutku Gemi Model Deney Laboratuvarı

Çekme deneylerinde gemi direnci Atwood dinamometresi yardımıyla ölçülmüştür. Dizayn hızını içeren bir hız seti belirleyerek direnç eğrisi çıkarılmıştır.

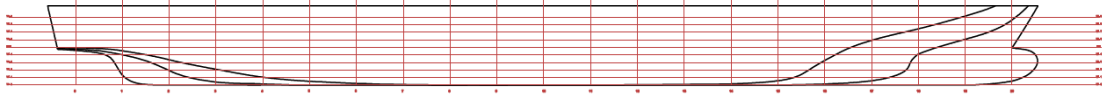
Bu çalışmada ele alınan ikmal gemisinin ve ölçekli modelin ana boyutları ve form özellikleri Tablo 1’de sunulmaktadır. Model kesitleri Şekil 4. - Şekil 6. görülebilir.

Tablo 1. Gemi ve model ana boyutları ve form özellikleri.

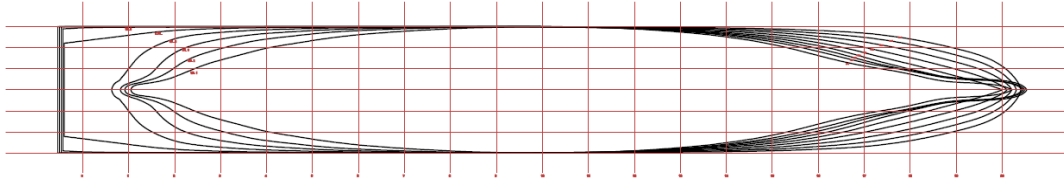
Model Adı		Ölçek	
		Model	Gemi
Dikmeler arası boy	L _{BP} (m)	4.282	179.83
Su hattı boyu	L _{WL} (m)	4.368	183.44
Islak su hattı boyu	L _{WS} (m)	4.483	188.30
Genişlik	B (m)	0.581	24.40
Draft (Mastori)	T (m)	0.167	7.000
Deplasman	Δ (ton)	0.290	21991.94
Islak yüzey alanı	A _{WS} (m ²)	3.117	5498.60
Yumrubaş kesit alanı	A _B (m ²)	0.009	16.24
Ayna kış alanı	A _T (m ²)	0.002	3.11
Blok katsayısı	C _B	0.699	0.699
Prizmatik katsayı	C _P	0.704	0.704
Orta kesit alan katsayısı	C _M	0.993	0.993
Su hattı alan katayısı	C _{WP}	0.863	0.863
Boyuna hacim merkezi	LCB (m) (+ fore)	-0.080	-3.345
Boyuna yüzme merkezi	LCF (m) (+ fore)	-0.291	-12.227
Servis hızı	V _S	1.91	24 kn



Şekil 4. İkmal Gemisi en kesitleri



Şekil 5. İkmal Gemisi batokları



Şekil 6. İkmal Gemisi su hatları



Şekil 7. Hazır hale getirilmiş İkmal Gemisi modeli

3.1 Takıntı dizaynı

Bu çalışmada geminin baş kısmındaki basınç farkını azaltmak ve serpintiyi önlemek için NACA profilin kullanımına karar verilmiştir. NACA profillerinin üst kısmında düşük basınç bölgesi oluşur. Farklı asimetric NACA profillerinin C_L ve C_D değerleri, aynı uzunlukta (100mm) ve 0 derece hücum açısında incelenmiştir. Karşılaştırma değerleri Tablo 2’de verilmiştir. Deney için en uygun profillerden birinin NACA 6412 olduğuna karar verilmiştir. Değerler, 500000 Reynold sayısında karşılaştırılmıştır.

Tablo 2. NACA Profillerinin karşılaştırılması

PROFİL	Açı	C_L	C_D	$C_D p$	C_M	Top X_{tr}	Bot X_{tr}
NACA 1412	0	0.119	0.00729	0.00156	-0.0249	0.6357	0.6315
NACA 2412	0	0.2399	0.00753	0.00162	-0.0516	0.628	0.59
NACA 4412	0	0.4735	0.00876	0.00188	-0.1011	0.5972	0.3355
NACA 6412	0	0.6318	0.00966	0.00228	-0.1341	0.5726	0.1909
NACA 22112	0	0.0761	0.00764	0.00169	0.0062	0.4549	0.7473
NACA 23012	0	0.1206	0.00777	0.00174	-0.0061	0.4485	0.7372
NACA 24112	0	0.1007	0.00812	0.00181	0.0064	0.3912	0.7304
NACA 25112	0	0.1167	0.00795	0.0018	0.0025	0.446	0.7231

NACA 6412 profilinin üst kısmındaki düşük basınç bölgesini belirlemek için HAD analizi yapılmıştır. Tüm deneylerde profil (c) uzunluğu 100 mm olarak alınmıştır. NACA profilinin HAD analizi için ANSYS Fluent yazılımı [10] kullanılmıştır.

Analiz için giriş şartları aşağıdaki gibidir;

- Akış hızı = Model hızı = 1.91 m/s
- Takıntı uzunluğu (c) = 0.1 m
- Sıcaklık = 16 °C
- Suyun yoğunluğu = 998.9461 kg/m³
- Kinematik viskozite = 1.1093E-06 m²/s
- NACA 6412 Reynold Sayısı = 149961

Re = 100000 ve Re = 200000 için NACA6412 profilinin C_L ve C_D değerleri, HAD hesaplamaları ile karşılaştırılmak için kullanılmıştır (Tablo 3). Şekil 8’de HAD analizinin sonucu,

Tablo 4’de ise Deney sonuçları ile karşılaştırılması yer almaktadır.

Tablo 3. NACA 6412 Profillerinin farklı Reynold sayılarındaki C_L & C_D değerleri

Reynold Sayısı = 100000						
Açı	C_L	C_D	$C_D p$	C_M	Top X_{tr}	Bot X_{tr}
0	0.6018	0.01705	0.0074	-0.1347	0.6507	0.2625
Reynold Sayısı = 200000						
Açı	C_L	C_D	$C_D p$	C_M	Top X_{tr}	Bot X_{tr}
0	0.6286	0.01246	0.00398	-0.1347	0.6507	0.2625
Reynold Sayısı = 500000						
Açı	C_L	C_D	$C_D p$	C_M	Top X_{tr}	Bot X_{tr}
0	0.6318	0.00966	0.00228	-0.1341	0.5726	0.1909

Viskoz Model;

- k – omega SST (k - w SST)

Giriş koşulları;

- Velocity inlet
- Turbulence ratio: %2
- Turbulence length: 2

Çıkış koşulları;

- Pressure Outlet

- Turbulence ratio: %2

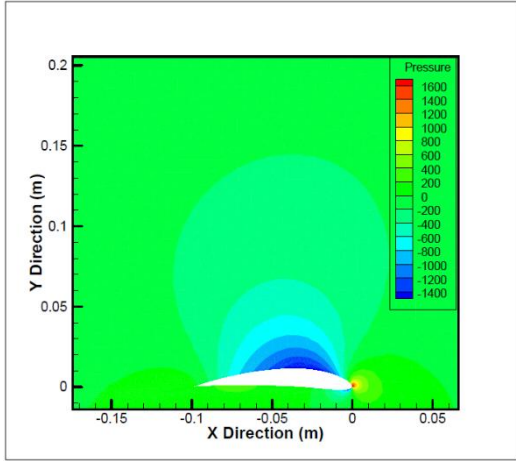
- Turbulence length: 2

Hesaplama parametreleri;

- Hücre sayısı: 178206
- İterasyon sayısı: 3000

Sonuçlar;

- Kuvvet X (N) = 3.516
- Kuvvet Y (N) = 93.46



Şekil 8. NACA 6412 HAD Analiz sonucu

Tablo 4. HAD ve deney sonuçlarının karşılaştırılması

	HAD	DENEY	HATA (%)
C_L	0.519	0.6018	13.8
C_D	0.0195	0.011705	14.5

Deneylerde, profilin boyu sabit tutulmuş olup 100 milimetredir. Buna ek olarak, NACA6412 profilinin basınç dağılımı dikkate alındığında, hidrofil üzerindeki minimum basınç noktası ile akım ayrıldığı ön kenar arasındaki mesafe 30 mm'dir.

3.2 Sprey görüntüleme ve model direnci

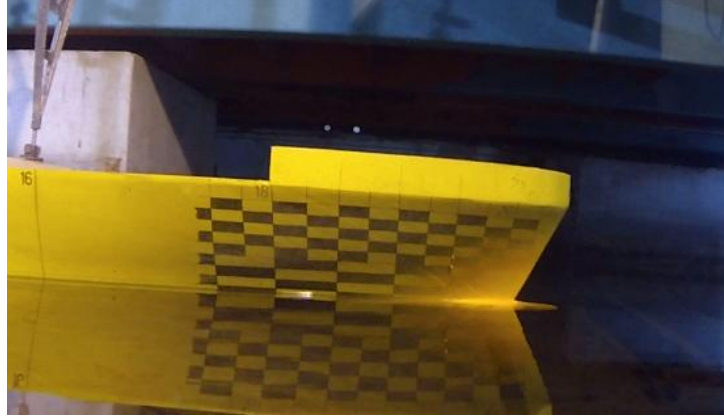
Bu bölümde, gemi modelinin üç testinde de sprej oluşumu ve direnç dikkate alınarak sonuçlar elde edilmiştir.

3.2.1 Takıntısız gövde

Öncelikle, takıntısız model gemi, ITTC test prosedürünü [11] dikkate alarak Atwood dinamometresine bağlanmış ve deney için düzenlenmiştir (Şekil 9).

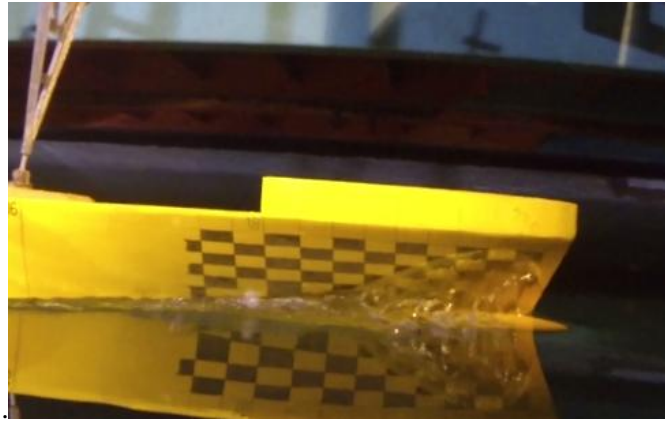
Deney koşullarında, deney arabası ve model parametreleri aşağıdaki gibidir;

- Suyun sıcaklığı = 16 °C
- Suyun özkütlesi = 998.9461 kg/m³
- Kinematik viskozite = 1.1093E-06 m²/s
- Yerçekimi ivmesi (g) = 9.81 kg/m³
- Gemi model direnci = 34.335 N



Şekil 9. Takıntısız model deneyden önce

Model, 3.5 kg'lık direnç değerine erişmek için hızlandırılmış ve Atwood dinamometresini dengeye getiren hız yaklaşık 1.96 m/s olarak okunmuştur. Modelin ulaştığı dizayn hızında spreyn oluşumu kamera yardımıyla kaydedilmiştir. Ardından spreyn maksimum noktası model üzerindeki ızgaralar vasıtasıyla belirlenmiştir. Her bir ızgaranın dikey mesafesi 2 santimetredir; Sonuç olarak spreyn maksimum noktası 16 santimetre olarak ölçülmüştür (Şekil 10).



Şekil 10. Takıntısız gövdedeki spreyn tepe noktası

3.2.2 Takıntılı gövde (10 mm)

Takıntı iki aşamalı olarak su hattının 10 ve 20 milimetre yukarisına monte edildikten sonra model, shaft ekseninin geçtiği yerden Atwood dinamometresine sabitlenmiştir. Deneye başlanmadan model görüntülenmiş ve bu görüntü Şekil 11'de verilmiştir.

Deney sırasında havuz ve model parametreleri aşağıdaki gibidir;

- Suyun sıcaklığı = 16 °C
- Suyun özkütlesi = 998.9461 kg/m³
- Kinematik viskozite = 1.1093E-06 m²/s
- Yerçekimi ivmesi (g) = 9.81 kg/m³
- Gemi model direnci = 34.335 N



Şekil 11. 1. Takıntılı model, çekme deneyi öncesi görünüm. (Su hattından 10 mm yükseklik)

Atwood dinamometresine 3.5 kg ağırlık asılmıştır ve model bu direnç değerine ulaşana kadar hızlandırılmıştır. İlgili direnç değeri için karşılık gelen hız değeri yaklaşık 1,95 m / s olarak okunmuştur. Model direncine karşılık gelen hıza ulaşıldıktan sonra, model üzerinde sprej oluşumu kamerayla kaydedilmiştir. Daha sonra, kayıtlar incelendiğinde sprej oluşum uç noktası su hattından dikey mesafede 13 santimetre olarak ölçülmüştür.



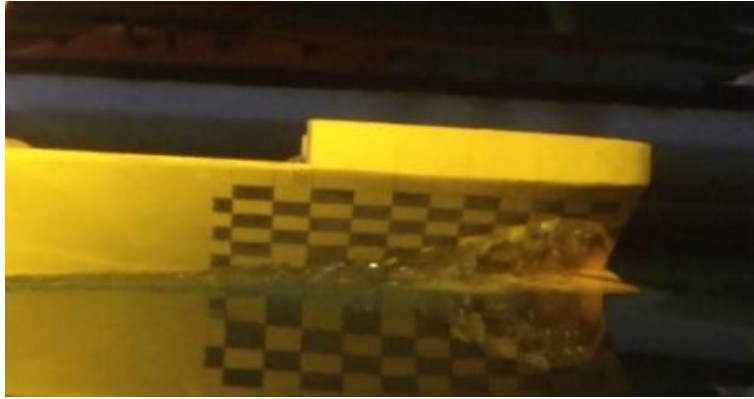
Şekil 12. Takıntılı gövdedeki sprej tepe noktası (Su hattından 10 mm yükseklik)

3.2.3 Takıntılı Gövde (20 mm)

Model, Atwood dinamometresi ile 1.95 m / s hız için karşılık gelen 3.5 kgf' luk dirence erişmesi için hızlandırılmıştır. Sprey oluşumu, ulaşılan tasarım hızında bir kamera yardımıyla kaydedilmiştir. Ardından spreyn maksimum noktası model başındaki çizgiler yardımıyla belirlenmiştir. Su hattından, dikey mesafe bir önceki deneyle aynı (13 santimetre) sonuçlar elde edilmiştir (Şekil 13 - Şekil 14).



Şekil 13. Takıntılı model, çekme deneyi öncesi görünüm. (Su hattından 20 mm yükseklik)



Şekil 14. Takıntılı gövdedeki spreyn tepe noktası (Su hattından 20 mm yükseklik)

3.3 Deney sonuçlarının karşılaştırılması

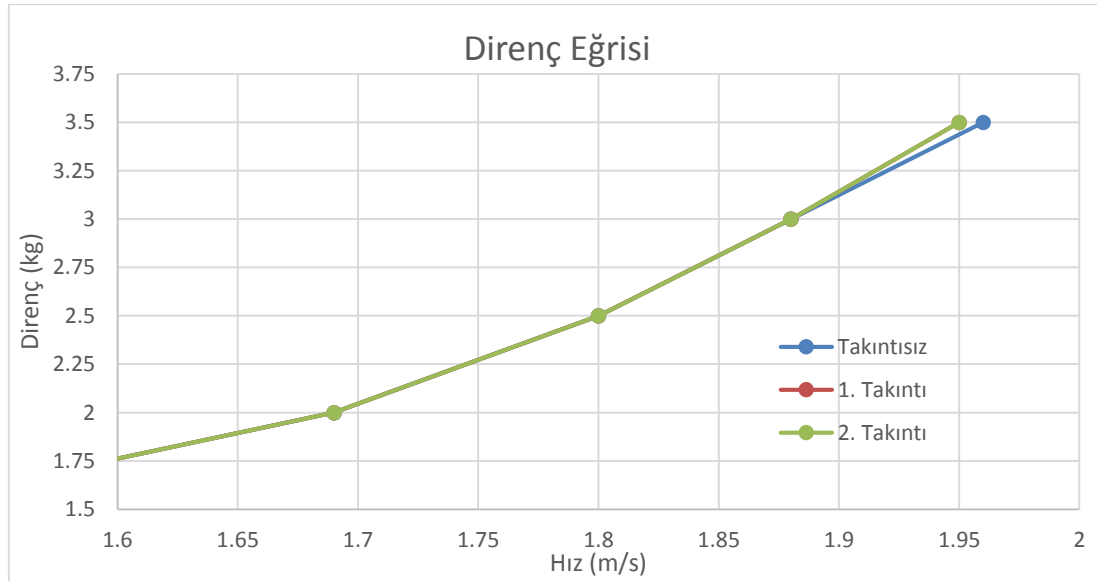
Bu bölümde deney sonuçları bir araya getirilmiş, sprey oluşumu ve direnç değerleri karşılaştırılmıştır. Takıntısız ve takıntının değişik konumları için deney görüntüleri Şekil 15’de, dirençlerin karşılaştırılması Tablo 5 ve Şekil 16’da verilmiştir.



Şekil 15. Spreyin tepe noktalarının karşılaştırılması

Tablo 5. Direnç değerlerinin karşılaştırılması

Direnç RTm [kg]	Takıntısız		1. Takıntı		2. Takıntı	
	Vm(m/s)	Fn	Vm(m/s)	Fn	Vm(m/s)	Fn
0.2	0.5	0.076394	0.5	0.076394	0.5	0.076394
0.3	0.62	0.094728	0.62	0.094728	0.62	0.094728
0.4	0.73	0.111535	0.73	0.111535	0.73	0.111535
0.5	0.84	0.128342	0.84	0.128342	0.84	0.128342
0.6	0.96	0.146676	0.96	0.146676	0.96	0.146676
0.7	1.03	0.157371	1.03	0.157371	1.03	0.157371
0.85	1.15	0.175706	1.15	0.175706	1.15	0.175706
1.05	1.26	0.192513	1.26	0.192513	1.26	0.192513
1.3	1.39	0.212375	1.39	0.212375	1.39	0.212375
1.55	1.52	0.232238	1.52	0.232238	1.52	0.232238
2	1.69	0.258211	1.69	0.258211	1.69	0.258211
2.5	1.8	0.275018	1.8	0.275018	1.8	0.275018
3	1.88	0.287241	1.88	0.287241	1.88	0.287241
3.5	1.96	0.299464	1.95	0.297936	1.95	0.297936

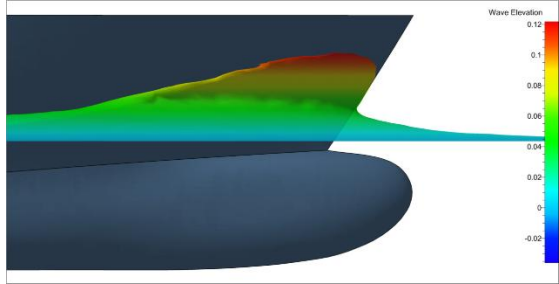
**Şekil 16.** Direnç değerlerinin karşılaştırılması

Çalışmanın sonucunda sprej oluşumunun takıntının yüksekliğine bağlı olarak azalıp azalmadığı incelenmiştir. Sonuçlar karşılaştırıldığında, Takıntının su hattından 10 milimetre yukarıya monte edilmesinden sonra sprej tepe noktasının model ölçeğinde yaklaşık 30 milimetre azaldığı görülmüştür. Takıntı su hattından 20 milimetre yüksekliğe sprejin daha da azalacağı öngörülerek monte edilmiştir. Aynı uzunluğa sahip farklı yüksekliklere koyulan takıntıların spreji aynı derecede azalttığı sadece baş dalga deformasyonunun değiştiği görülmüştür. Modelin takıntılı hali takıntısız gövdeye kıyasla direnç için yaklaşık% 0.51 artışa neden olmuştur.

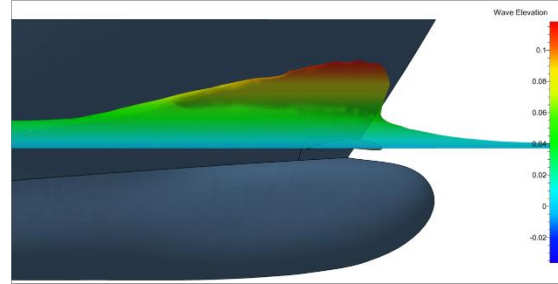
4. HAD hesaplamaları

Deneysel çalışmaya paralel olarak HAD çalışmaları da yapılmıştır. HAD çalışmalarında, sonuçları pek çok deneysel çalışma ile teyit edilmiş ticari bir yazılım kullanılmıştır [12]. Yazılım gemi etrafındaki akışı hesaplamak için özel olarak geliştirilmiştir ve pek çok gemi türü, yatlar, yüksek hızlı tekneler için tekne etrafındaki akışı serbest su yüzeyini de dikkate alarak çift fazlı olarak hesaplayabilmektedir. Yazılım, grid oluşturma, akış çözücü ve sonuç görüntüleme paketlerini içermesi ile hesap öncesi ve sonrası diğer yazılımlara olan ihtiyacı ortadan kaldırmıştır.

Hesaplamalı akışkan analizi, takıntısız gövde modeli ve su hattından 10 mm yükseğe monte edilmiş takıntılı gövde için yapılmıştır. HAD analizi, deney sonuçları ile benzer şekilde sprej oluşumunda azalmayı göstermiştir. Ayrıca analizin direnç sonuçları deneysel değerlerle tutarlılık göstermiştir. HAD sonuçlarındaki toplam direnç artışı yaklaşık %0.73 olarak hesaplanmıştır. Toplam trim değişim değerleri Tablo 6'da görülebilir.



Şekil 17. Takıntısız modelin HAD analizi



Şekil 18. 1. Takıntılı modelin HAD analizi

Tablo 6. HAD Analiz sonuçları

	Birim	Takıntısız	1. Takıntılı
V (Servis hızı)	m/s	1.96	1.96
Rt (Toplam direnç)	Newton	34.15	34.4
Sinkage	Radians	0.0088	0.0088
Trim	m	0.0245	0.23

5. Sonuç ve Değerlendirme

Bu çalışmada, NACA 6412 hidrofoilin yüksek hızlı deplasman tipi gemilerdeki sprej oluşumuna azaltıcı etkisi, deneysel ve hesaplamalı çalışmalarla incelenmiştir.

İlk olarak, gemi modeli, ITTC deney prosedürüne göre takıntısız olarak test edilmiştir ve sprej oluşumu kayıt altına alınarak incelenmiştir. Model deneyleri sırasında sprej oluşumunun güverteye ulaştığı, bunun direnç ve hidrodinamik gürültü açısından büyük bir problem olacağı tespit edilmiştir. Sprej problemini azaltmak için, aynı uzunluğa (100 milimetre) sahip iki ayrı takıntı, geminin başına sırasıyla su hattından yukarıya 10 milimetre ve 20 milimetre olacak şekilde monte edilmiştir. Ayrıca, tüm deneyler HAD analizleri ile desteklenmiştir. HAD analizi ve model deneylerinden sonra, sprej tepe noktasının dikey mesafede yaklaşık 30 mm azaldığı gözlemlenirken, direnç değerinde % 0.51-0.73 oranında artış gözlemlenmiştir.

Takıntının yüksekliğine konumunun sprej azaltıcı etkinliğine etkisini görmek için yükseklik artırılarak deneyler tekrarlanmış ancak gözlemlerde ayırt edici bir fark görülememiştir. Gelecekte yapılacak çalışmalarda takıntının en etkin konumunu, boyutlarını ve hücum açısını bulabilmek için parametrik optimizasyon çalışması yapılması yararlı olacaktır.

Kaynaklar:

- [1] Savitsky, D., & Breslin, J. P. (1958). On The Main Sprej Generated By Planning Surfaces. New Jersey: Experimental Towing Tank Stevens Institute of Technology.
- [2] Seo, J. (2016). Model tests on resistance and seakeeping performance of wave- piercing high-speed vessel with spray rails. *International Journal of Naval Architecture and Ocean Engineering*, 8, 442-455
- [3] Salas, M., & Tampier, G. (2013, January 12). Assessment of appendage effect on forward resistance. *Ciencia y tecnología de buques*, 7(13).
- [4] Iacono, M. (2014). Hydrodynamics of Planing Hull by HAD. (Master Thesis). University Of Naples "Federico I I"/Department Of Industrial Engineering, Nepal.
- [5] Kohansal, A. R., Ghassemi, H., & Ghaisi, M. (2009). Hydrodynamic characteristics of high speed planing hulls, including trim effects. *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences*, 155-170. doi:10.3906/muh-0910-59
- [6] Mizutani, K., Ibata, S., Aoyama, Y., & Ikeda, Y. (2015). A Role of Spray on the Added Resistance. *Proceedings of the Twenty-fifth (2015) International Ocean and Polar Engineering Conference* (pp. 1025-1030). Hawaii: International Society of Offshore and Polar Engineers (ISOPE).
- [7] Danişman, D. B., & Gören, Ö. (2005). Nonlinear Wave Resistance Computations as a Design Tool in Hull Form Improvement Studies. *International Congress of International Maritime Association of the Mediterranean*. Lisbon.
- [8] Francis, N., Gerard, D., Hua, L., Chi, Y. (2013). Ship Bow Waves. *Journal of Hydrodynamic*. 25(4), 491-501 doi: 10.1016/S1001-6058(11)60388-1
- [9] Landrini, M., Cologrossi, A., Greco, M., Tulin, M.P. (2012). The fluid mechanics of splashing bow waves on ships: A hybrid BEM–SPH analysis. *Ocean Engineering*. 53, 111-127.
- [10] Horn, R. and P. G. Vicente (1998). Comprehensive analysis of turbulent flows around an NACA 0012 profile, including dynamic stall effects: *International Journal of Computer Applications in Technology* 11(3-5): 230-251.
- [11] ITTC 2017, 28th International Towing Tank Conference. Quality System manual
- [12] Malin, Steinar (2013). Application of CFD to seakeeping: Master Thesis in Norwegian University of Science and Technology Department of Marine Technology.