

DÖNÜ KARARLI MERMİ ÜZERİNDEKİ AERODİNAMİK VE AKUSTİK ETKİLERİN İNCELENMESİ

Ömer DUMAN¹
İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa,
İstanbul

Baha ZAFER²
İstanbul Teknik Üniversitesi,
İstanbul

ÖZET

Sürekli gelişmeye devam eden mermiler günümüzde çeşitli boyut ve şekil özellikleri ile kullanılmaya devam etmektedir. Mermilerin bu gelişim sürecinde idealleştirmelerin yapılabilmesi için menzil, akustik iz gibi faktörlerin hesaplanmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Menzil bilgisine ulaşmak için merminin üzerine etkiyen aerodinamik kuvvetlerin bulunması gerekmektedir. Aerodinamik kuvvetlere ve akustik verilere ulaşmak için deneysel yöntemler ve Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) yöntemleri kullanılmaktadır. Bu çalışmada HAD kullanılarak Dönü kararlı “M910 [TPDS-T] mermisi için 0° ve 3° sapma (yaw) açılarında ve üç farklı mach sayısında sürükleme ve normal kuvveti katsayıları hesaplanmıştır. Alınan sonuçlar deneysel verilerle[DeSpirito and Heavey,2006] kıyaslandı ve doğrulama çalışması yapıldı. Daha sonra dönen ve dönmeyen mermi için HAD yöntemi ile akustik veriler elde edildi ve dönmenin akustik ize etkisi incelenmiştir.

GİRİŞ

Mermiler; ateşli silahlarda hedefe zarar vermek amacıyla namludan hedefe yönlendirilen cisimlerdir. Silah mekanizması içerisinde, barutun patlaması sonucu enerji kazanıp harekete geçen mermi, namludan çıktıktan sonra mermi yüzeyinin hava ile olan etkileşimi sebebi ile çeşitli aerodinamik kuvvet ve momentler oluşur. Meydana gelen bu aerodinamik etkiler de merminin menzil, hız, hedeften sapma miktarı gibi performans unsurlarını önemli ölçüde etkilemektedir. [Tiryaki,2009]

Her geçen gün daha etkili olması istenen ateşli silahların beklentileri karşılayabilmesi adına yapılacak çalışmalarda mermi performansını belirleyen unsurlarda yapılacak iyileştirmeler şüphesiz önemli bir yere sahiptir. Bu nedenle silahların performansının artırılabilmesi için mermi performansını düşürmeye yönelik oluşan aerodinamik etkileri üzerinde iyileştirme çalışması yapılmalıdır. Yalnızca mermi geometrisine ve havanın akış koşullarına (hava akış hızı, hava sıcaklığı, hava yoğunluğu, havanın viskozitesi) bağlı olarak değişen aerodinamik etkiler üzerinde iyileştirme yapılabilmesi için, merminin sahadaki kullanım koşullarına uygun olarak belirlenen havanın akış koşullarında geometri üzerindeki aerodinamik kuvvet ve moment değerlerinin elde edilmesi gerekmektedir. İstenen değerlerin elde edilebilmesi için geçmişte sadece deneysel metotlar kullanılabilmekteydi fakat deneylerde kullanılacak rüzgar tünellerinin maliyetlerinin yüksek olması sebebiyle bu tür akış deneylerinin yapılabilme olanakları kısıtlıdır. Günümüzde ise gelişen bilgisayar kapasiteleri ve Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) yöntemleri sayesinde yapılan bilgisayar modellemeleri deneysel sonuçlara yakın sonuçlar verebilmektedir.

¹Lisans Öğrencisi, Makine Müh. Böl., E-posta: omerduman@ogr.iu.edu.tr

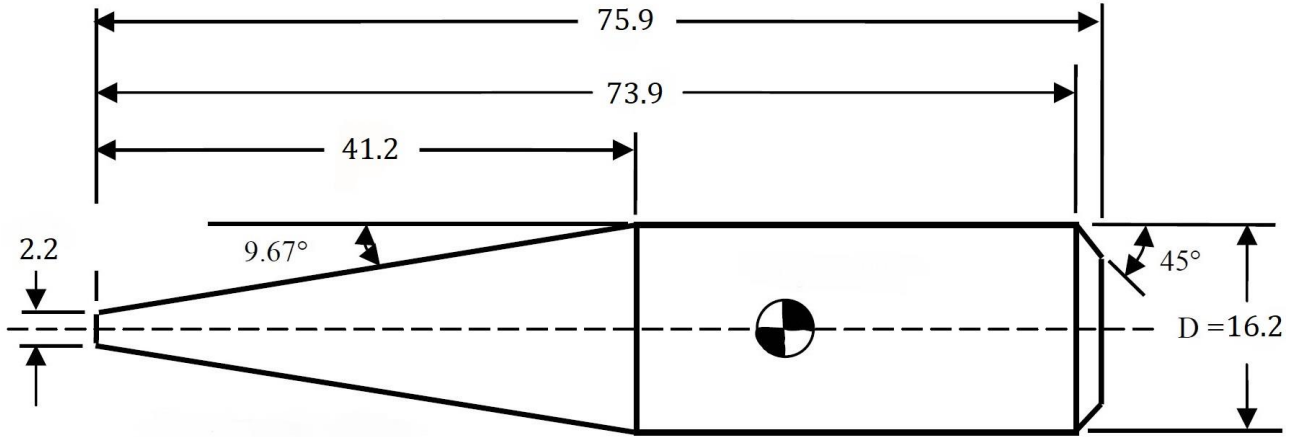
²Doç. Dr.,Uçak Müh. Böl., E-posta: zaferba@itu.edu.tr

Bu çalışma, silahlardaki bahsi geçen performans unsurlarını etkileyen aerodinamik kuvvet ve momentleri gözlemlemenin yanında, herhangi bir operasyonel faaliyet esnasında silahı kullanan personelin yerinin saptanmasına sebep olabilecek akustik oluşumların incelenmesi amacıyla yapılmıştır. Bu doğrultuda dönü kararlı “M910 [TPDS-T](target practice, discarding sabot-traced) mermisi için Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) kullanılarak 0° ve 3° sapma (yaw) açılarında üç farklı mach sayısı için sayısal sonuçlara ulaşılmıştır. Bu noktada elde edilen verilerin deneysel olarak doğrulanması gerektiği için analiz sonuçları, [Plostins, McCoy and Wagoner, 1991] tarafından gerçekleştirilen deneysel çalışmanın sonuçlarına ait sürüklenme ve normal kuvveti katsayıları ile kıyaslandı ve doğrulama çalışması yapıldı. Hazırlanan sayısal modelin deneysel veriler ile uyumlu olduğundan emin olunduktan sonra aynı modelde dönen ve dönmeyen mermiler için akustik veriler oluşturuldu. Elde edilen bu akustik veriler ile de dönmenin akustik oluşumlara etkisi belirlendi.

YÖNTEM

Geometri

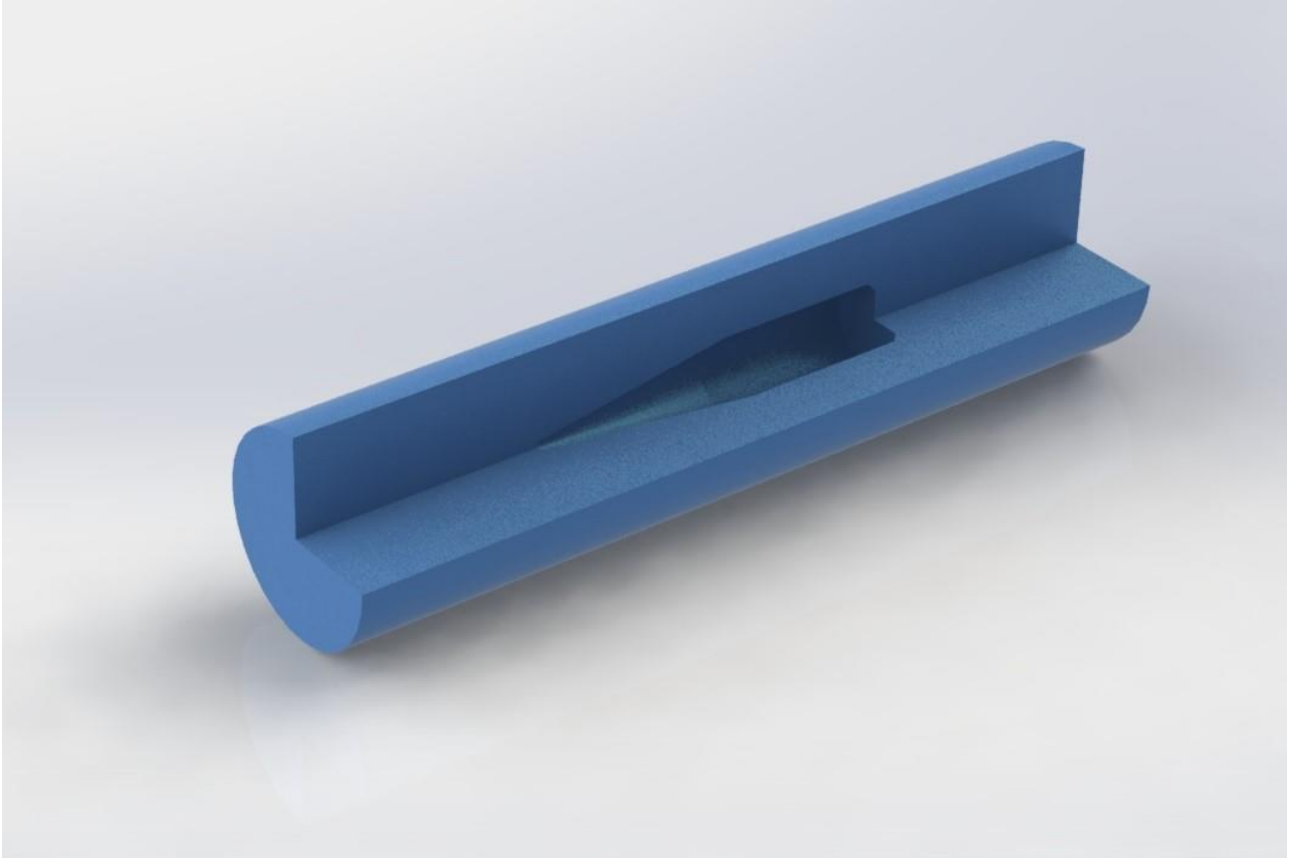
Dönü kararlı “M910 [TPDS-T](Target Practice, Discarding Sabot-Traced) mermisinin teknik çizimi [DeSpirito and Heavey,2006] Şekil 1’de verilmiştir.



Tüm Ölçülerin Birimi mm Cinsindendir

Şekil 1: M910 [TPDS-T](target practice, discarding sabot-traced)

Üzerinde çalıştığımız M910 [TPDS-T] mermisi dönü kararlı yapıya sahip olduğu için analiz sırasında mermi yüzeyinin, deneysel sınır koşullarına uygun dönü hızında ve akış eksenini doğrultusunda döndürülmesi gerekmektedir. Bunu sağlayabilmek için akış alanı içerisinde ikincil dönen bir akış alanı oluşturulmuştur. Şekil 2’de verilen ve Solidworks programında mermi gövdesi boşaltılarak silindir şeklinde hazırlanan dönme alanı, 40 mm çapında ve 175.9 mm uzunluğunda olarak tasarlanarak oluşan dönmenin mermi yüzeyine olabildiğince yakın olması amaçlanmıştır.



Şekil 2: Dönen akış alanı

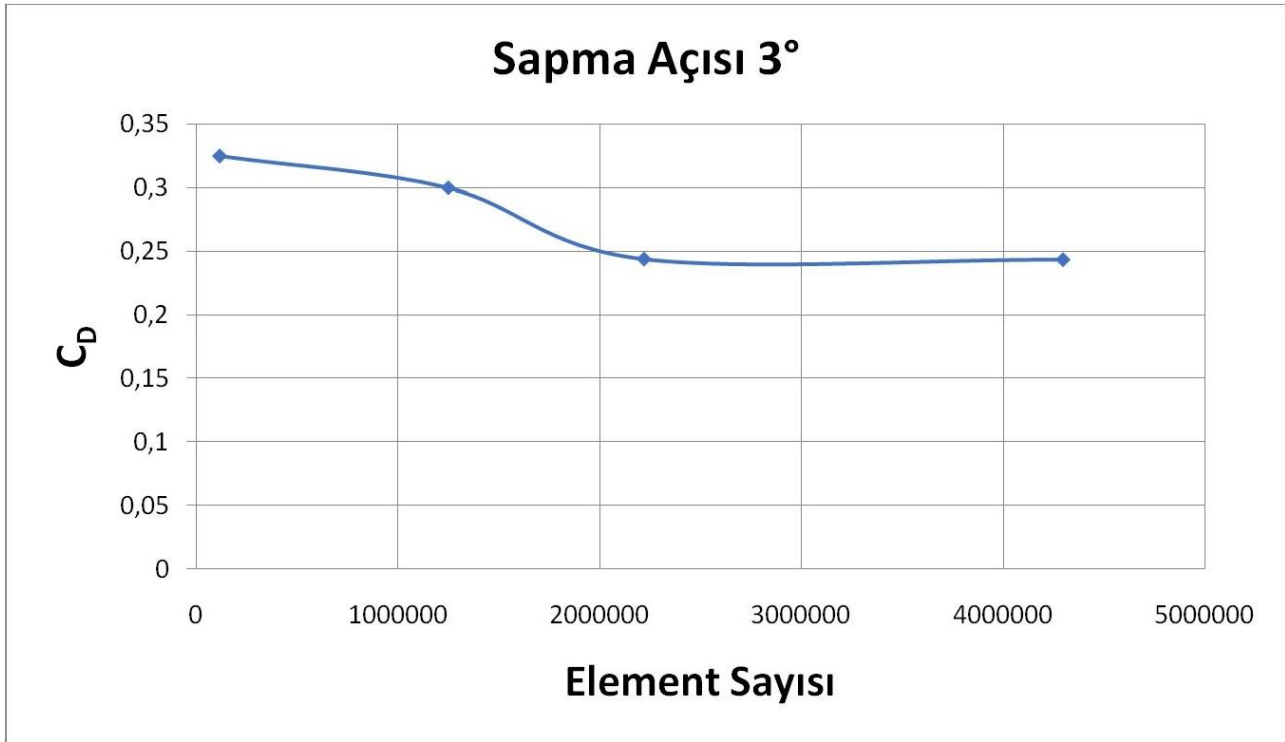
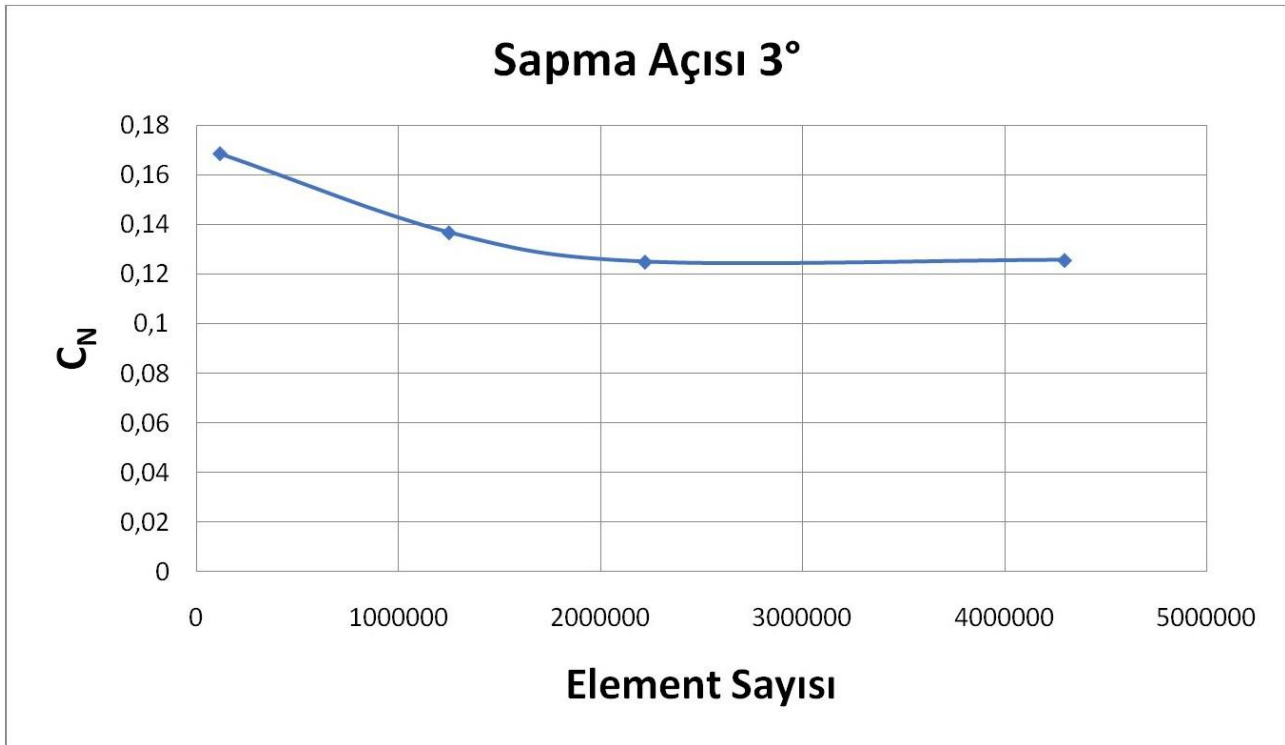
Dönen akış alanı hazırlandıktan sonra Ansys Design Modeler programına eklenerek dönen hacmin çevresini kaplayacak olan akış alanı oluşturulmuştur.

Sayısal Ağ Yapısı Oluşturulması Ve Sayısal Ağdan Bağımsızlık Çalışması

Tamamlanan akış alanından sonra Ansys Meshing programı kullanılarak akış alanı yapısal olmayan elemanlara bölünmüştür. Dönen ve dönmeyen akış alanları arasında uyumsuzluk olmaması adına temas eden yüzeylere aynı büyüklükte face meshing uygulanarak bu yüzeylerdeki element boyutlarının aynı olması sağlandı.

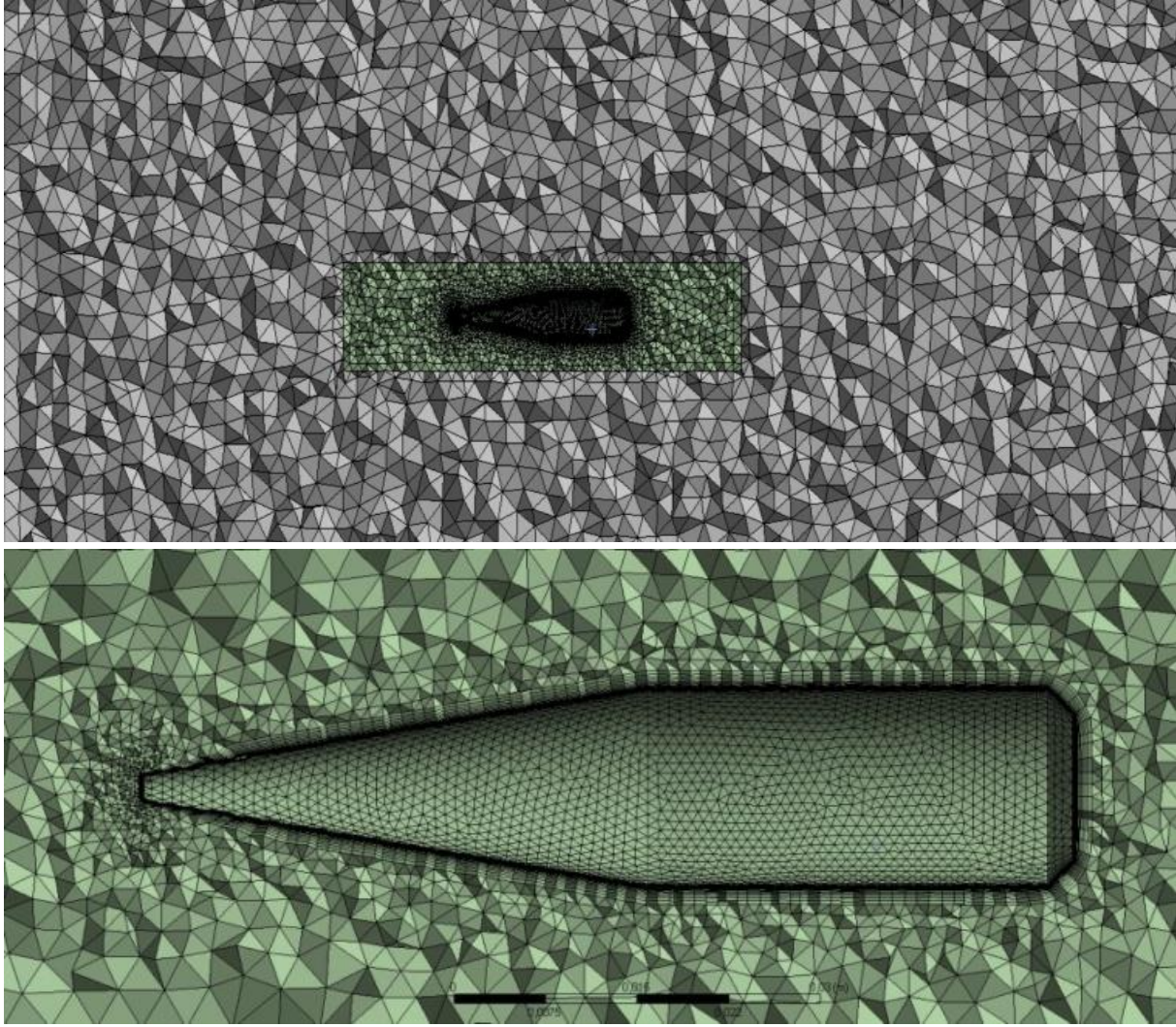
Yapılacak olan analizlerde sayısal ağ yapısı oluştururken amaç, analiz sonucunda elde edilen verilerin deneysel veriler ile uyumlu olmasını sağlamaktır. Fakat bunu sağlamak amacıyla oluşturulacak olan sayısal ağ yapılarında element sıklığının gereğinden fazla olması halinde; kullanılacak olan bilgisayarın kapasitesinin yetersiz kalmasına ve çok uzun analiz sürelerine neden olmaktadır. Bu tür sorunlarla karşılaşmamak ve verimli bir çalışma gerçekleştirebilmek amacıyla sayısal ağdan bağımsızlık çalışması yapılmıştır.

Yapılan ağdan bağımsızlık çalışması için farklı element sıklığına sahip dört ayrı sayısal ağ oluşturulmuştur. Element sayıları sırasıyla; 118.102, 1.251.219, 2.221.139 ve 4.297.341 olan bu sayısal ağ yapıları; k-omega standart türbülans modelinde, akış hızı 0.6 mach ve sapma açısı 3° için hesaplanmıştır. Sonuçlar Şekil 3'te verilmiştir.

a) Sürüklenme katsayısı (C_D)b) Normal kuvveti katsayısı (C_N)

Şekil 3: Sapma açısı 3° için element sayısına bağlı sayısal değerler

Sayısal ağdan bağımsızlık çalışmasının sonuçlarına baktığımızda element sayısı 2.221.139 olan sayısal ağ ve element sayısı 4.297.341 olan sayısal ağ için sonuçların birbirine çok yaklaştığı görülmüştür. Element sayısının artması analiz süresini arttıracığı için kabul edilebilir sonuç aralığında daha az element sayısına sahip sayısal ağın seçimi daha uygun olduğu için çalışmada 2.221.139 elemente sahip sayısal ağ yapısı kullanılmıştır. Hesaplamalarda kullanılan ağ yapısı Şekil 4' de verilmiştir.



Şekil 4:Geometri ağ yapısı

Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği Yöntemi ve Sınır Koşulları

M910 [TPDS-T] mermisi için yapılan sayısal çalışmada elde edilecek verilerin kontrolü için gereken deneysel veriler [DeSpirito and Heavey,2006]'den alınacaktır. Yapılan analizlerde, verilerin alındığı deneylerin tekrarlanabilmesi için gerçekleştirildiği koşulların yani deneysel sınır koşullarının bilinmesi gerekmektedir. Bu sınır koşulları Tablo 1'de verilmiştir.

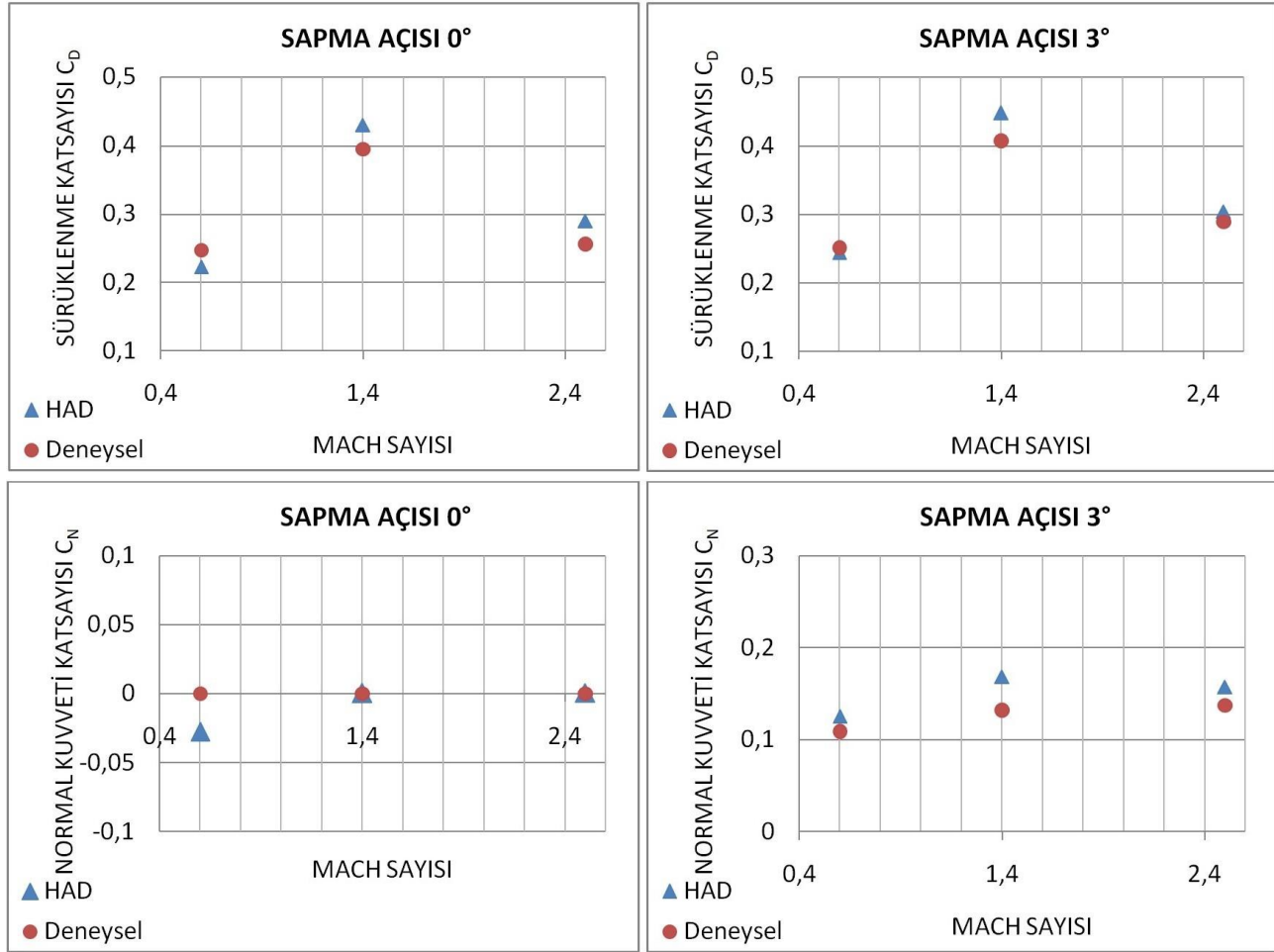
Tablo 1:DeneySEL Sınır Koşulları

Mach Sayısı	U_{∞} (m/s)	Reynolds Sayısı (m^{-1})	Toplam Basınç (kPa)	Dönü Hızı (rad/s)
0.6	204.1	1.40×10^7	129.2	2147
1.4	476.3	3.26×10^7	322.4	5009
2.5	850.5	5.83×10^7	1731.2	8944

M910 mermisinin aerodinamik analizlerinde, ticari HAD programı ANSYS FLUENT kullanılmıştır. Analizler, verilen sınır koşullarında sapma(yaw) açısı 0° ve 3° için gerçekleştirilmiştir. Zamandan bağımsız olarak yapılan hesaplamaların çözülmesinde 2 denklemlilik k- ω standart türbülans modeli kullanılmıştır. Akustik verilerin hesaplanmasında ise 'Broadband Noise Source' modeli kullanılmıştır.

UYGULAMALAR

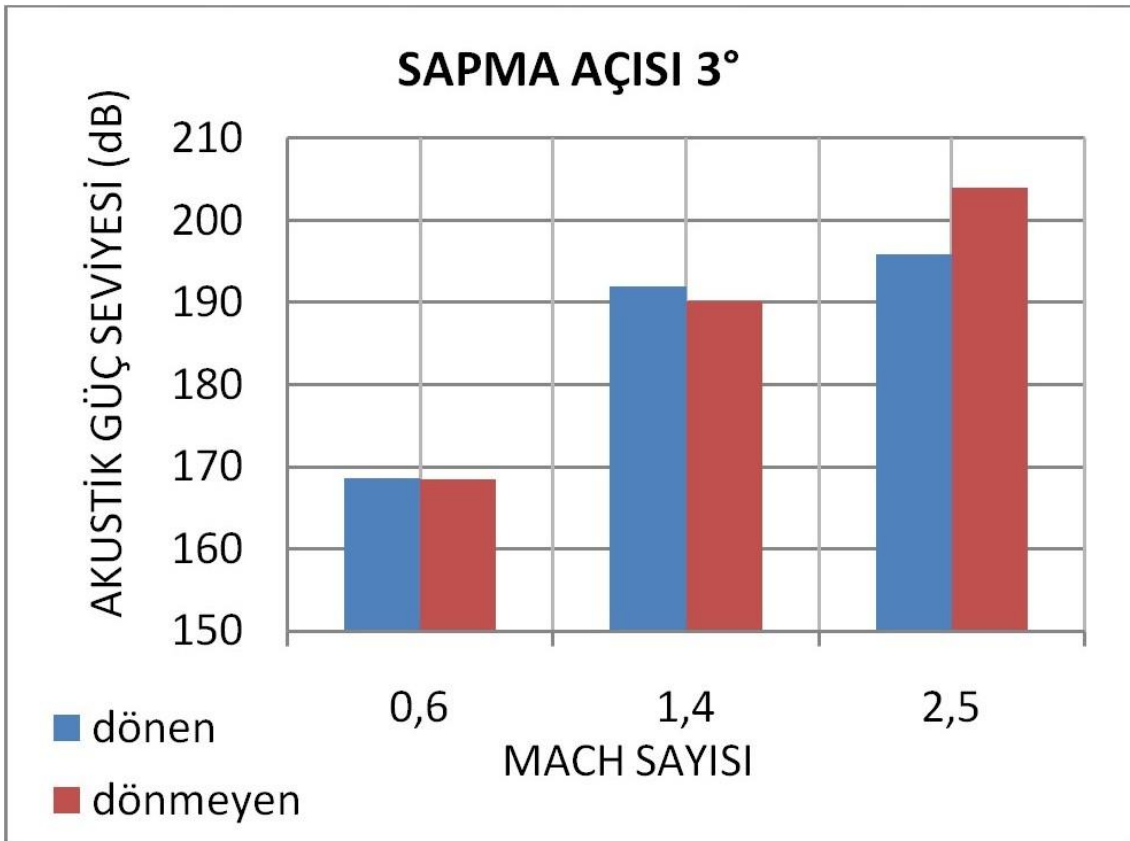
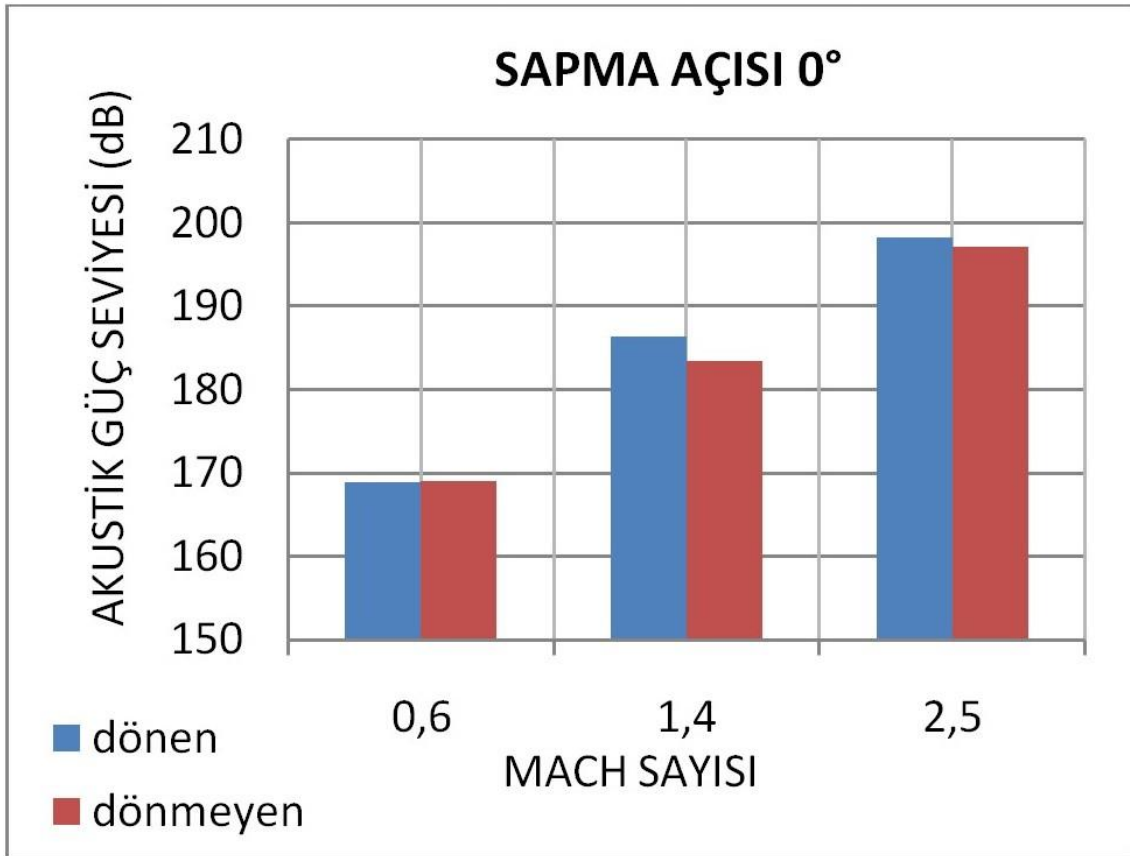
Belirtilen çözüm yaklaşımlarına uygun olarak yapılan HAD analizlerinden elde edilen normal (C_N) ve sürüklenme (C_D) katsayıları Şekil 5'te grafikler üzerinde gösterilmiştir. Grafikler incelendiğinde sürüklenme katsayısının en yüksek değeri 1,4 Mach durumunda hesaplanmıştır. Ayrıca mermiye 3° sapma açısı verilmesi durumunda normal (C_N) ve sürüklenme (C_D) katsayılarında artış gözlenmiştir.



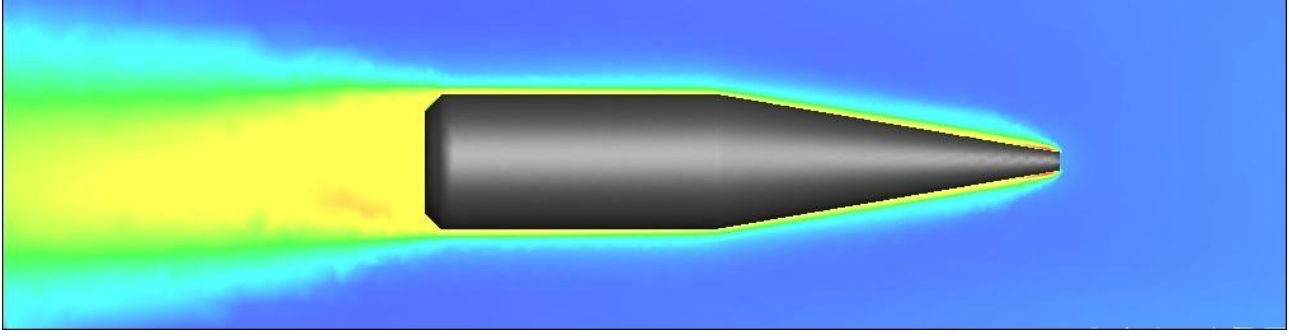
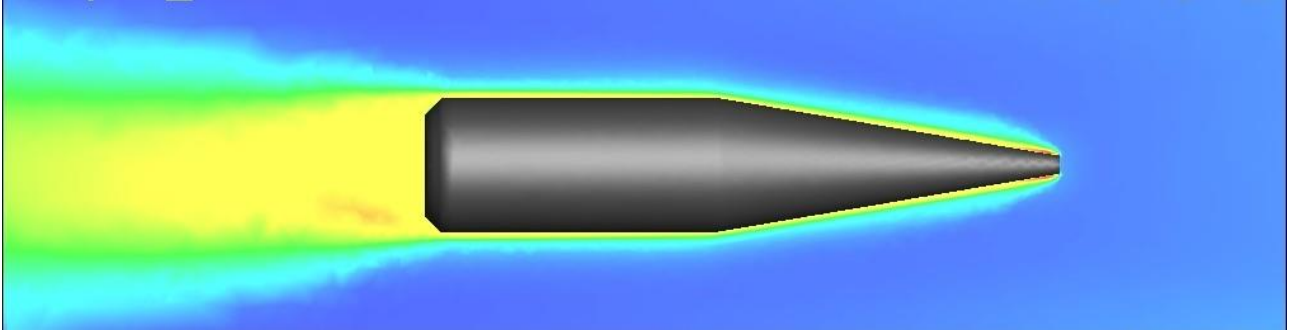
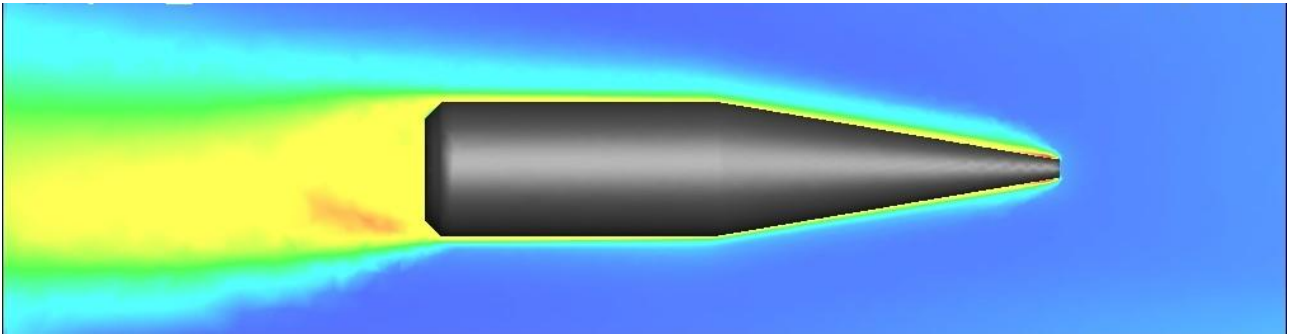
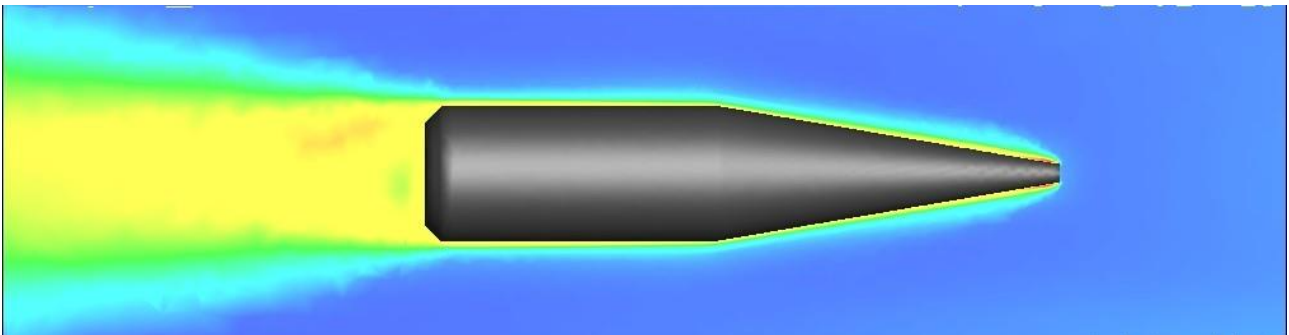
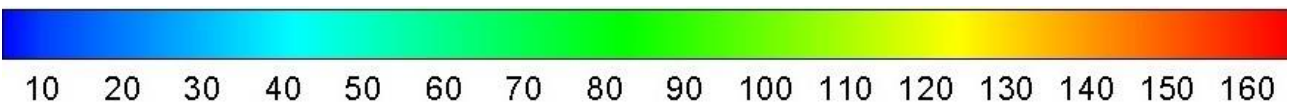
Şekil 5: Normal(C_N)ve Sürüklenme(C_D) Katsayılarının Mach Sayısı İle Değişimi

Dönü kararlı M910 [TPDS-T](target practice, discarding sabot-traced) için deneysel veriler ile yapılan doğrulama çalışması sonrası aynı geometri ve ağ yapısı kullanarak merminin dönü hızı sıfırlanıp HAD analizleri yapılmıştır. Yapılan analizlerde, dönü hızı dışındaki sınır koşulları sabit tutulmuştur. Her iki durum için elde edilen akustik veriler Şekil 6'da gösterilmektedir. Grafiklere göre Mach sayısı arttıkça Akustik Güç Seviyesi (dB) de artmaktadır. Akustik Güç Seviyesini (dB) dönme durumuna göre kıyasladığımızda ise 0,6 mach için her iki sapma açısında da dönmenin etkisinin yok sayılabilecek seviyede olduğu görülmektedir. Fakat akış süpersonik faza geçtikten sonra Akustik Güç Seviyesindeki (dB) farklar belirginleşmiştir. Özellikle transonik bölgeye yakın olan 1,4 mach'ta dönü verilmiş mermi daha fazla akustik ize sahiptir.

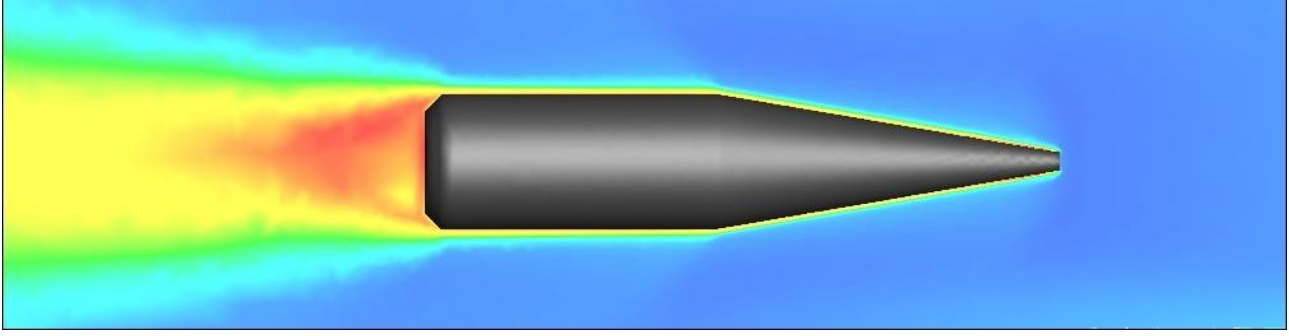
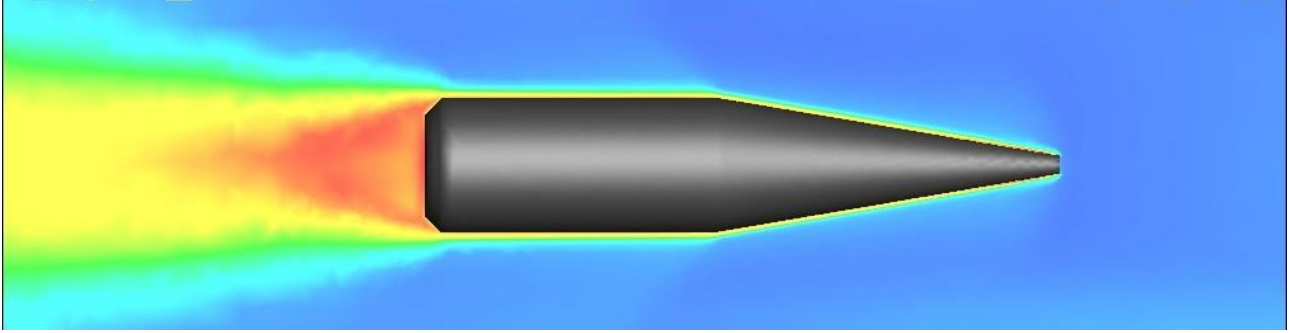
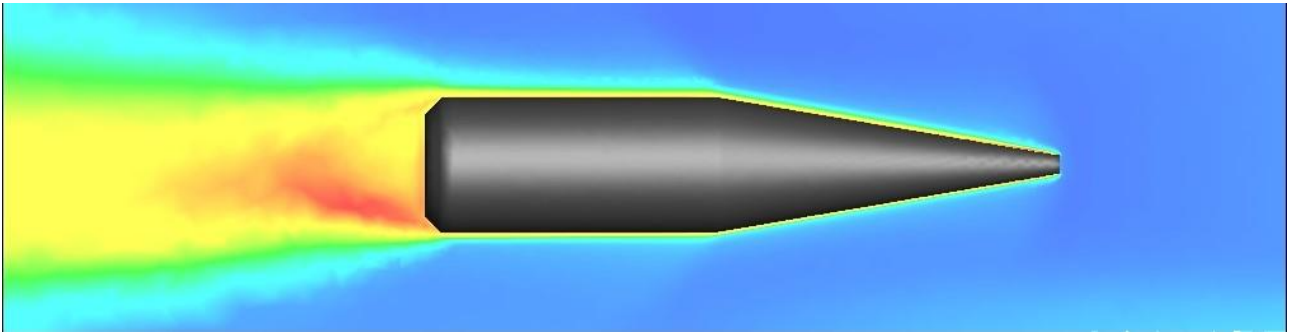
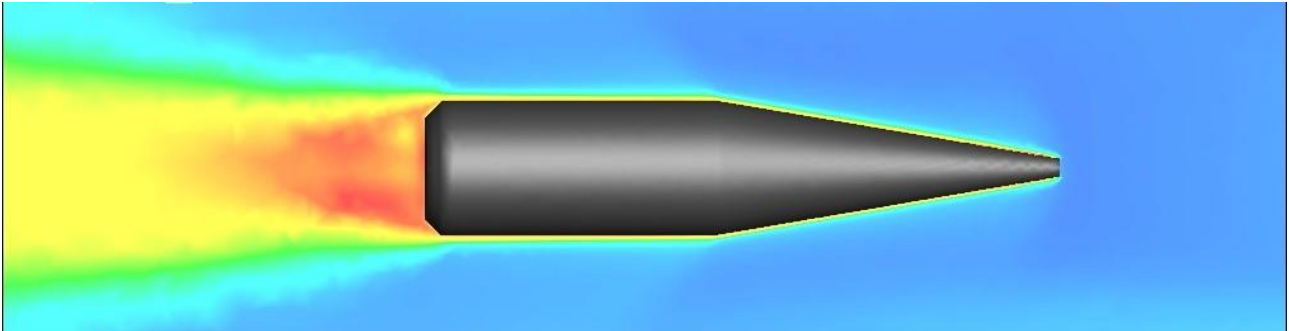
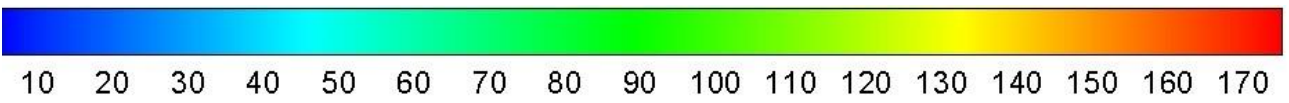
Sayısal olarak elde edilen Akustik Güç Seviyelerinin (dB) geometri üzerindeki dağılımları Şekil 7 – Şekil 9'da verilmiştir.



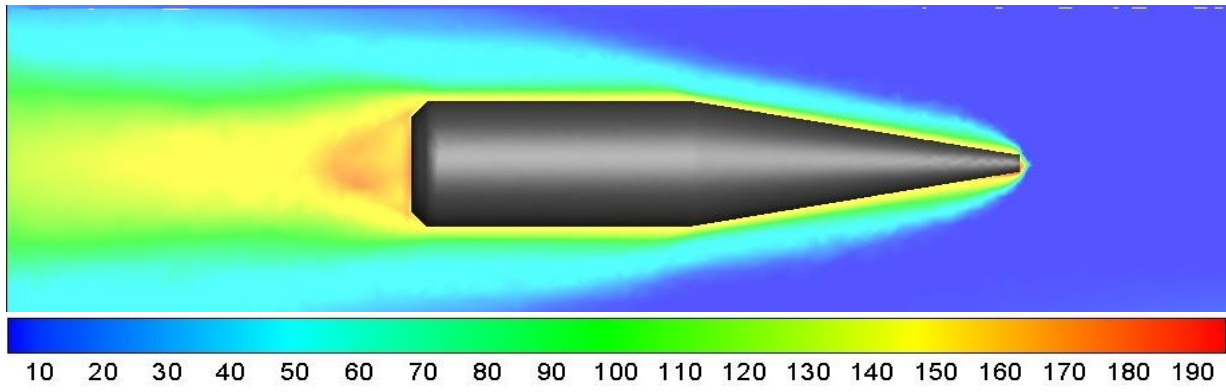
Şekil 6: Akustik Güç Seviyesinin Mach Sayısı, Sapma Açısı ve Dönü Durumu ile değişimi

a) Sapma açısı 0° için dönme uygulanmışb) Sapma açısı 0° için dönme uygulanmamışc) Sapma açısı 3° için dönme uygulanmışd) Sapma açısı 3° için dönme uygulanmamış

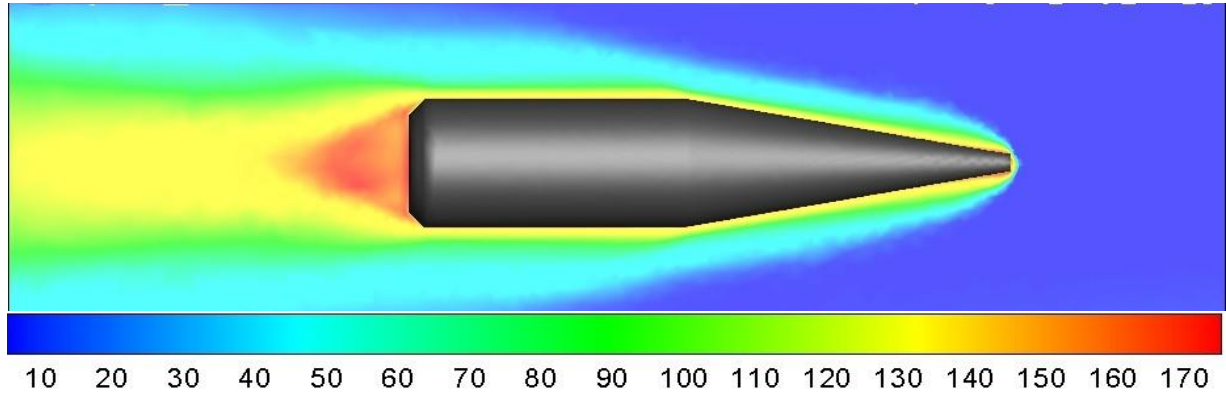
Şekil 7: 0,6 Mach'ta sapma açısı ve dönme durumunun Akustik Güç Seviyesi (dB) üzerine etkisi

a) Sapma açısı 0° için dönme uygulanmışb) Sapma açısı 0° için dönme uygulanmamışc) Sapma açısı 3° için dönme uygulanmışd) Sapma açısı 3° için dönme uygulanmamış

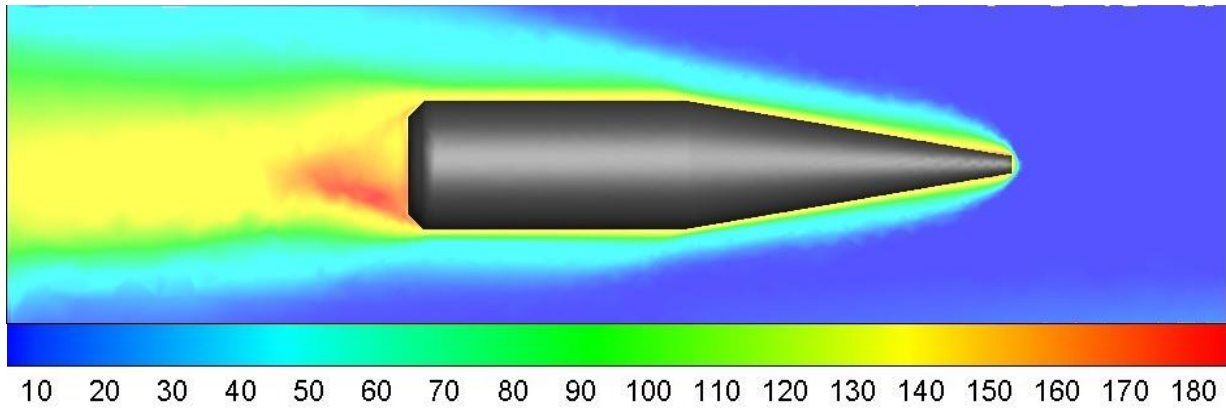
Şekil 8: 1,4 Mach'ta sapma açısı ve dönme durumunun Akustik Güç Seviyesi (dB) üzerine etkisi



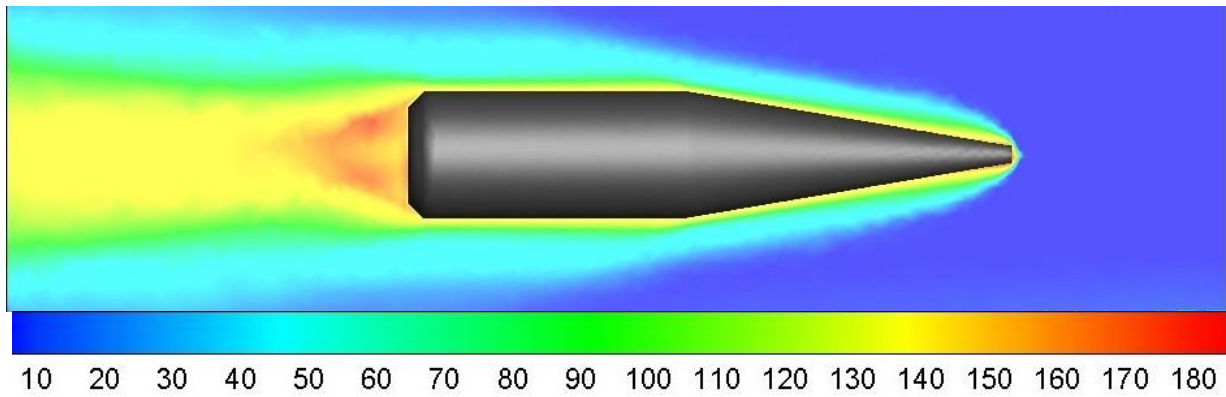
a) Sapma açısı 0° için dönme uygulanmış



b) Sapma açısı 0° için dönme uygulanmamış



c) Sapma açısı 3° için dönme uygulanmış



d) Sapma açısı 3° için dönme uygulanmamış

Şekil 9: 2,5 Mach'ta sapma açısı ve dönme durumunun Akustik Güç Seviyesi (dB) üzerine etkisi

SONUÇ

Bu çalışmada ANSYS FLUENT programı kullanılarak M910 [TPDS-T](target practice, discarding sabot-traced) mermisi için, akustik veri elde etmek amacıyla hesaplamalı akışkanlar dinamiği analizleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan çalışmanın deney koşulları ile benzeşiminin sağlanabilmesi ve sonuçların kıyaslanabilmesi amacı ile [DeSpirito and Heavey,2006]'den alınan veriler kullanılmıştır. Analizlerde 2.221.139 elemente sahip sayısal ağ kullanılmış olup hesaplamaların çözümlenmesinde 2 denklemlili k- ω standart türbülans modeli kullanılmıştır. Akustik verilerin hesaplanmasında ise 'Broadband Noise Source' modeli kullanılmıştır.

Analizler belirtilen çözümleme modellerine uygun olarak gerçekleştirilip Normal (C_N) ve Sürüklenme (C_D) katsayıları elde edilmiştir. Bu sayısal sonuçlar deneysel verilerle kıyaslandığında hata payının kabul edilebilir olduğu görülmüş ve Buna dayanarak deneysel verisi bulunmayan ve HAD yöntemi ile elde edilen akustik sonuçlar üretilmiştir.

Eğer bu akustik sonuçları incelediğimizde, dönmenin akustik güç seviyesine olan etkisinin akış süpersonik olduktan sonra belirginleştiği gözlemlenmiştir. Dönmenin gözlemlenen bu etkisi; sapma açısı 3° ve akış hızının 2,5 mach olduğu koşul dışında akustik güç seviyesini arttırmaya yöneliktir.

Kaynaklar

DeSpirito, J., & Heavey, K. (2004, August). CFD computation of magnus moment and roll-damping moment of a spinning projectile. In *AIAA atmospheric flight mechanics conference and exhibit* (p. 4713).

KABAK, M. T. D., & TİRYAKİ, E. Y. *Dönü-kararlı mermilerin aerodinamik katsayıları, kararlılık özellikleri ve yörünge hesaplamaları* (Doctoral dissertation, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Mühendisliği Anabilim Dalı).

Plostins, P., McCoy, R. L., & Wagoner, B. A. (1991). *Aeroballistic performance of the 25mm M910 TPDS-T range limited training projectile*. ARMY BALLISTIC RESEARCH LAB ABERDEEN PROVING GROUND MD.