

mühendis makina ve ünce

Ayda bir yayımlanır

www.mmo.org.tr/muhendismakinaguncel

ISSN: 2564-7296
E-ISSN: 2667-7547



tmmob
makina
mühendisleri
odası

- ▶ **Tel Örgülü Anten Yapılarında Rüzgar Yüklerinin Gözenekli Ortam Modelleme Tekniği Kullanılarak Değişkenlere Bağlı İncelenmesi**
- ▶ **Malzeme Testlerinde Yeni Boyut Sanal Ortamda Malzeme Testleri**
- ▶ **Akustik Sönüm (TRIM) Malzemelerin Modellenmesi**
- ▶ **Fikstür Tasarımı Deneysel ve Modal Analiz Sonuçlarının Karşılaştırılması**
- ▶ **Sistem Dinamiği Çözümleriyle Fiziksel Prototiplerin Azaltılması**
- ▶ **Analiz Doğrulama Çalışmalarında Saha Ölçüm Teknikleri**

ANALİZ-SİMÜLASYON-TEST ÖZEL SAYISI

NİSAN
2024-4

TEL ÖRGÜLÜ ANTEN YAPILARINDA RÜZGAR YÜKLERİNİN GÖZENEKLİ ORTAM MODELLEME TEKNİĞİ KULLANILARAK DEĞİŞKENLERE BAĞLI İNCELENMESİ

Can Osso¹

1. GİRİŞ

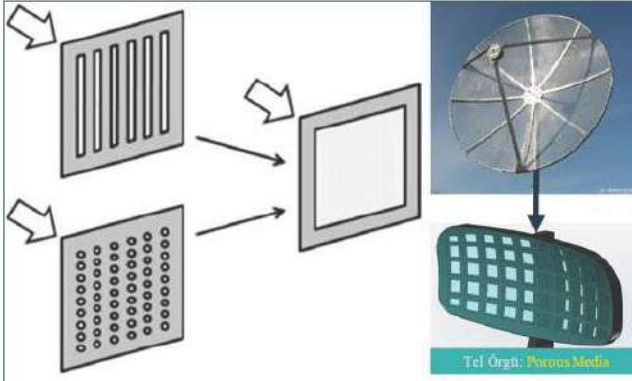
Gözenekli yapıların modellenmesi, CAD programlarında ek bellek gereksinimi doğurduğu gibi irdeleme işlemlerinde de oldukça fazla hesaplama yükü gerektirmektedir. Ancak basınç direnci ve ısı transferi karakteristikleri bilinen bir yapı, tel örgülerin, gözeneklerin ya da kanatçıkların modellenmesine gerek duyulmadan oldukça düşük bir hesaplama maliyetiyle Fluent, CFX, Star CCM+, CRADLE-CFD gibi yazılımlarda yeterli duyarlılıkta modellenebilmektedir. Bu çalışma kapsamında CRADLE-CFD yazılımı kullanılmıştır.

Bu çalışma kapsamında tel örgülü anten yapısı üzerinde,

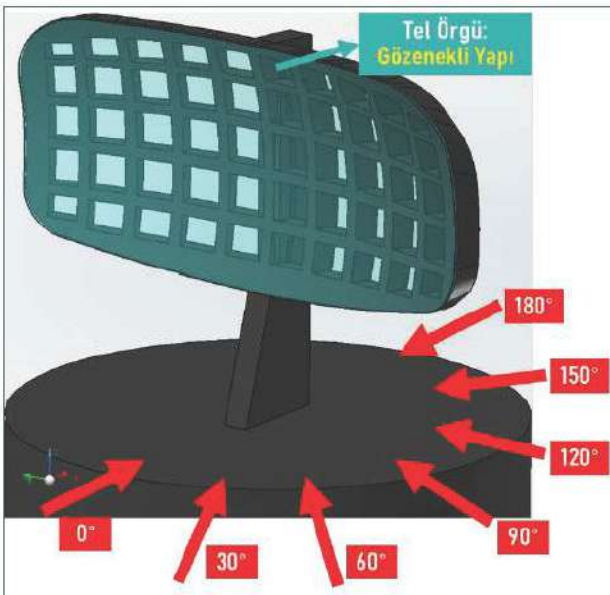
farklı yanal rüzgâr açılarında oluşan basınç alanının platform ve zeminle olan etkileşimi araştırılmıştır. İlgili incelemeler, tek bir anten tasarımı üzerinden gerçekleştirilmiştir.

Basınç direnç katsayısı, öncelikle rüzgâr atak açısının ve yanal rüzgâr açısının 0° olduğu açılarda literatürdeki verilere göre doğrulanmıştır. Sonrasında 0° değerinden farklı olan lokal atak açısı ve yanal açı değerlerine göre basınç direnç katsayısı değerleri, literatürdeki verilere göre hesaplanarak CRADLE-CFD programına girdi olarak sağlanmıştır. Çalışmanın sonunda, farklı yüksekliklerdeki ve yanal rüzgâr açılarındaki aerodinamik davranışa göre tel örgülü antenlerin yerleşimiyle ilgili önerilerde bulunulmuştur.

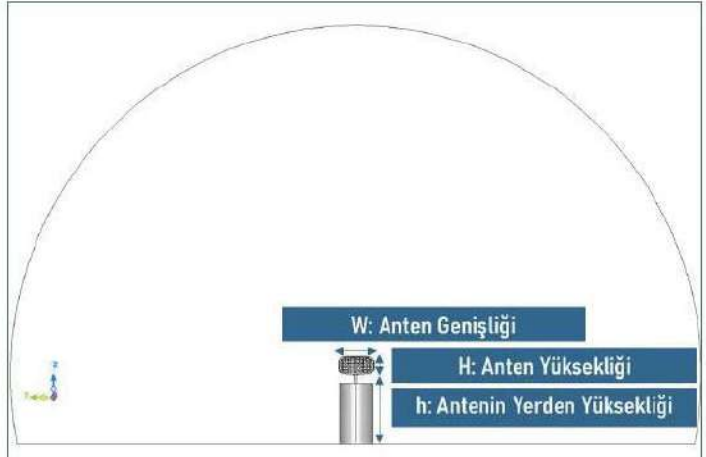
¹ Makine Yüksek Mühendisi, Uzman CFD Mühendisi - cosso@bias.com.tr



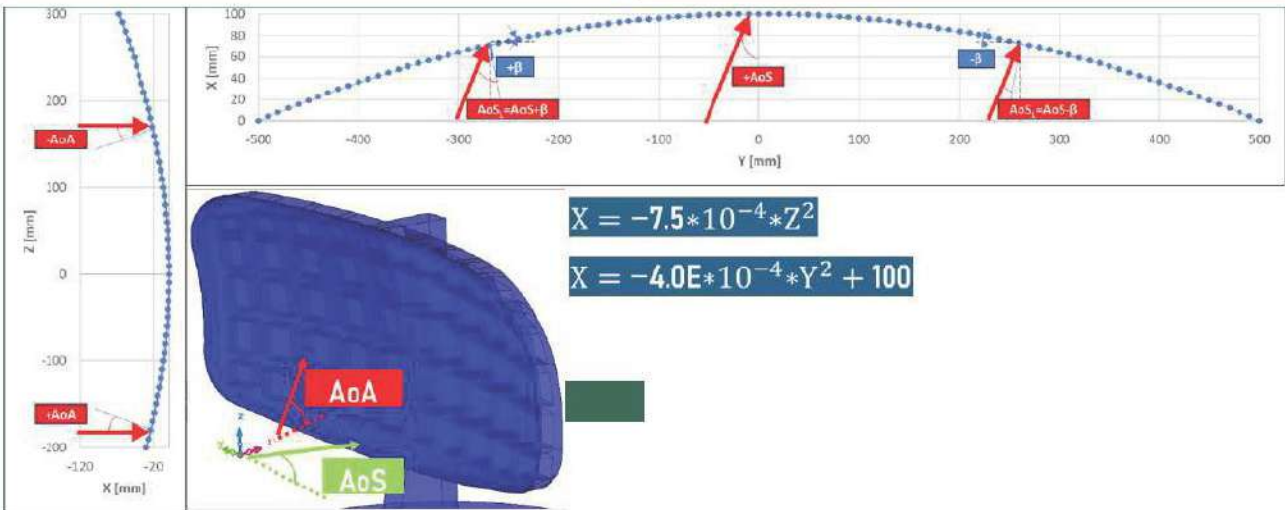
Şekil 1. Tel Örgülü Anten Yapılarında Gözenekli Ortam Modelleme Tekniği



Şekil 2. Anten Yapısına Etkiyen Yanal Rüzgâr Açılırları



Şekil 3. Anten Zemin Etkileşiminde Etkin Değişkenler

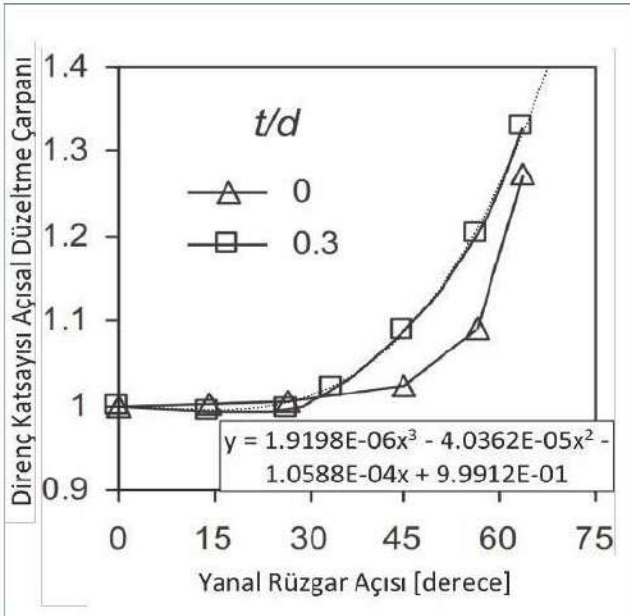


Şekil 4. Anten Geometrisini Oluşturan Eğri Denklemleri

2. TEL ÖRGÜLÜ ANTENLERDE GÖZENEKLİ ORTAM MODELLEMESİ

Şekil 1’de tel örgülü anten yapılarında Gözenekli Ortam (Porous Media) modelleme tekniği gösterilmiştir. Buna göre tel örgülerin oluşturduğu gözenekli yapının modellenmesine gerek duyulmadan basınç direnç katsayılarının anten eğriliğine uygun olarak programa tanıtılmasıyla HAD çözümleri gerçekleştirilmektedir.

Rüzgâr, anten yapısına 0-180° aralığındaki yanal açılarda (AoS) etkiyerek farklı basınç alanları oluşturmaktadır (Şekil 2). Bu nedenle anten üzerindeki kuvvet ve momentler değişmektedir. Ayrıca anten etrafında oluşan basınç alanı, farklı platform yüksekliklerine göre de çeşitlenmekte ve anten etrafındaki farklı yapıları da etkilemektedir. Bu ne-

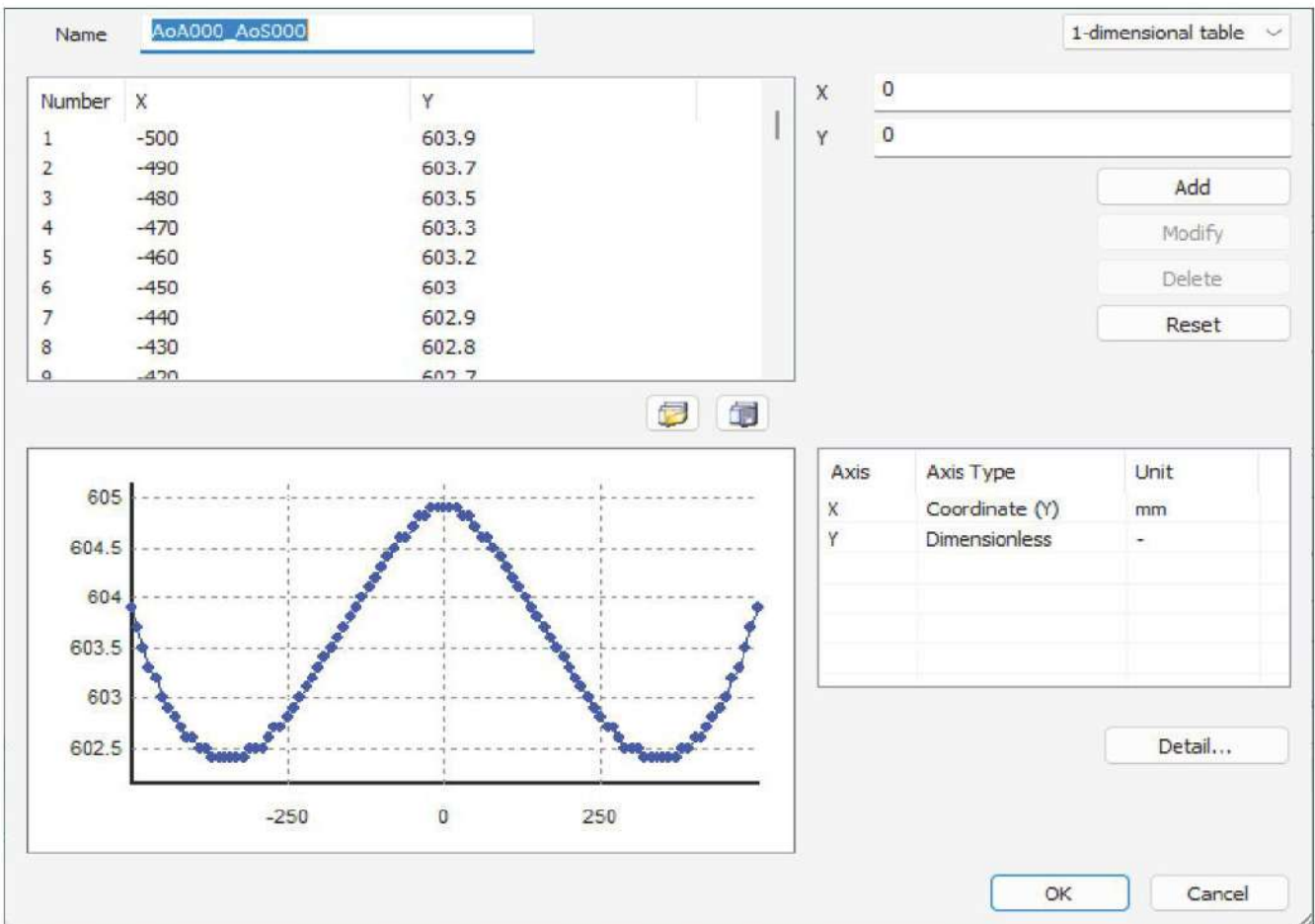


Şekil 5. Yanal Rüzgâr Açısına Göre Direnç Katsayısı Çarpanı [3]

denlerden dolayı platform yüksekliğinin etkisi, Şekil 3'teki gösterildiği şekilde, belirli değişkenlerin farklı durumlarda gösterdiği durum irdelenerek araştırılmıştır.

3. GEOMETRİYE UYGUN DİRENÇ KATSAYISININ TÜRETİLMESİ

Basınç direnç katsayısı (CC), öncelikle AoA (rüzgâr atak açısı) ve AoS'in (yanal rüzgâr açısı) 0° olduğu açılarda İdel'chik'e göre [1] hesaplanmıştır. Sonrasında Şekil 4'te görülen anten eğriliğine bağlı olarak lokal AoA ve AoS değerleri çıkartılmış ve bu değerler temel alınarak Guo'ya göre [2] direnç katsayısı çarpanı hesaplanmıştır (Şekil 5). Bu çarpanın kullanılmasıyla anten eğriliğine bağlı olarak direnç katsayısı elde edilmiş ve Gözenekli Ortam modeli için CRADLE'a girdi olarak sağlanmıştır (Şekil 6).



Şekil 6. Farklı Rüzgâr Atak Açılarında ve Yanal Rüzgâr Açılarında Direnç Katsayılarının CRADLE'a Girilmesi

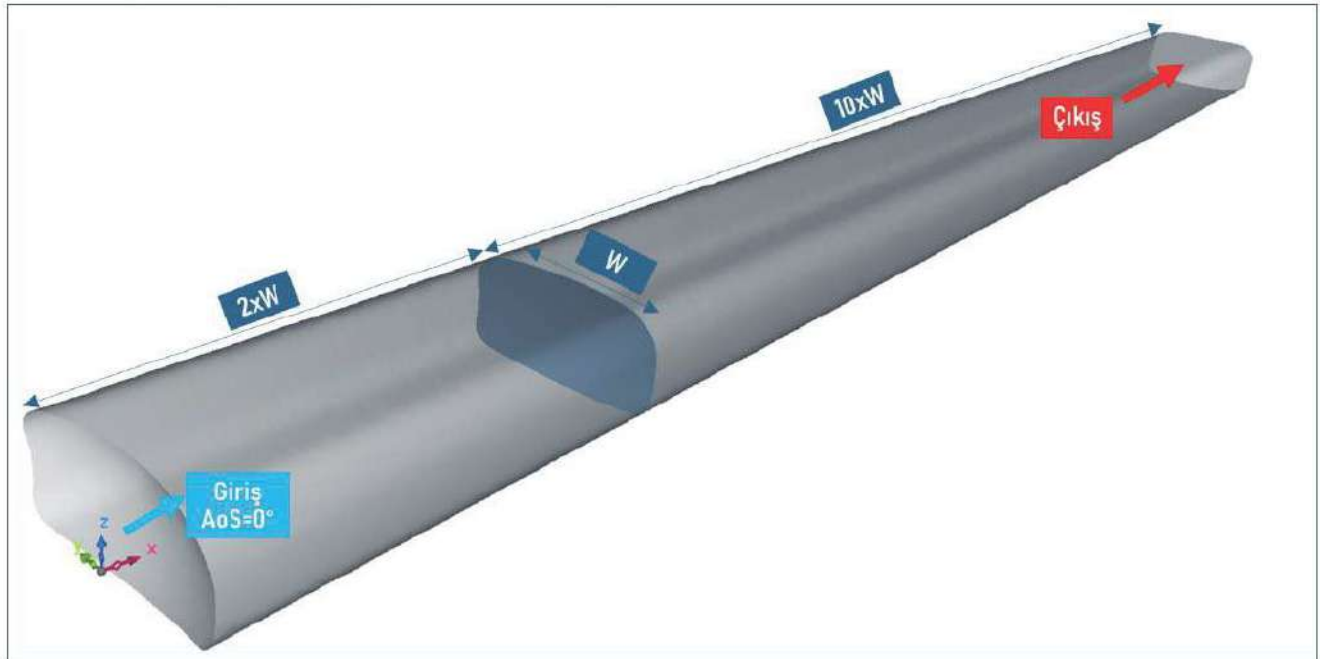
4. HAD (HESAPLAMALI AKIŞKANLAR DİNAMİĞİ) ANALİZLERİ

Dış atmosfer koşullarının 1 atm ve 20 °C olduğu HAD irdellemelerinde sıkıştırılamaz akış koşulları var olduğu için basınç bazlı çözücü tipi kullanılarak süreklilik ve momentum eşitlikleri çözülmüştür.

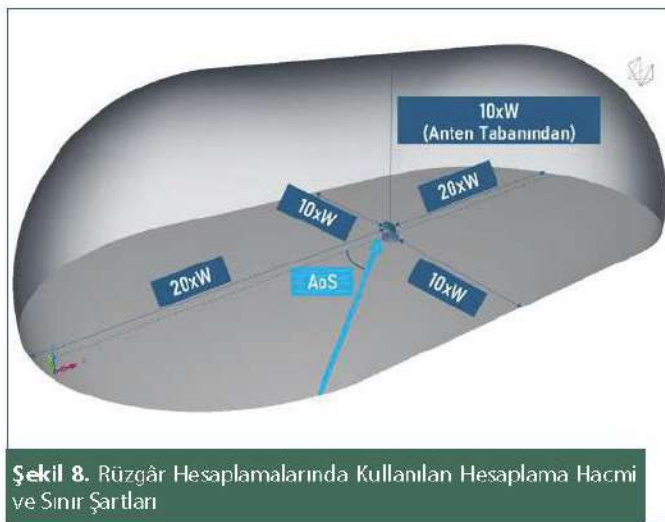
Dış akış sorunu olduğu için Realizable k-ε türbülans modeli kullanılmıştır. Standart k-ε türbülans modelinden farklı olarak türbülans katsayıları, türbülans kinetik enerjisi ve enerjinin kaybolması veya kullanılamaz hale gel-

mesine (disipasyonuna) bağlı olarak değişir. Böylece akış ayrılmasının fazla olduğu dış akış problemleri için daha doğru sonuç verir [3].

Tel örgünün doğrudan modellenmediği ve Gözenekli Ortam tekniğinin kullanıldığı bu irdellemelerde rüzgâr hızı 25 m/s olup hesaplama hacmi dış yüzeyleri doğrulama çalışmalarında serbest kayma koşulunda (Şekil 7), rüzgâr yükü hesaplamalarında ise atmosferik koşuldur (Şekil 8). Doğrulama çalışmalarında hesaplama hacmi çıkışına 0 Pa statik basınç tanımlanmıştır. Ek olarak rüzgâr yükü



Şekil 7. Ağ Bağımsızlık ve Doğrulama Çalışmalarında Kullanılan Hesaplama Hacmi Ve Sınır Şartları



Şekil 8. Rüzgâr Hesaplamalarında Kullanılan Hesaplama Hacmi ve Sınır Şartları

hesaplamalarında anten, platform ve zemin kaymama koşulundadır.

Anten yapısında oluşacak uç girdapları, basınç alanını değiştireceği için ağ bağımsızlık çalışmaları çevresel hesaplama hacmi olmadan gerçekleştirilmiştir (Şekil 7).

4.1 Doğrulama Çalışmaları

Doğrulama çalışmalarını gerçekleştirirken Tablo 1'deki ağ boyutları kullanılmış ve böylece ağ bağımsızlık irdemesi gerçekleştirilmiştir. Buna göre Bölüm-3'te belirtilen eşitliklerin anten yapısına uygulanmasıyla hesaplanan basınç katsayısı değerinin doğrulanması amaçlanmış olup ağ sayısı ve hata payı açısından en uygun sonuç 2 mm ağ boyutunda elde edilmiştir.

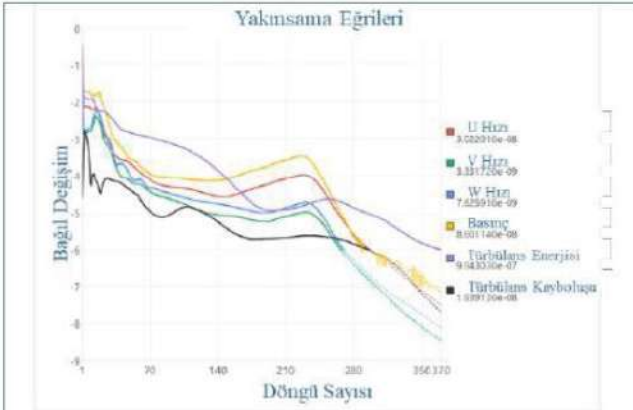
Tablo 1. Ağ Bağımsızlık Çalışmalarında Kullanılan Eleman Boyutları

Ağ Boyutu [mm]	Ağ Sayısı [-]	CC-Literatür [-]	CC-Hata [-]
32	65,950	4.5	50.9%
16	75,466	3.7	24.2%
8	118,223	3.2	5.8%
4	300,294	2.9	-2.5%
2	1,237,356	3.0	-1.0%
1	4,469,149	3.0	-1.1%

4.2 Rüzgâr Yükü Hesaplamaları

Doğrulama çalışmaları sonucunda rüzgâr yükü hesaplamalarında anten üzerinde 2 mm, hesaplama hacminin en dışında 256 mm ağ elemanı boyutları kullanılmıştır.

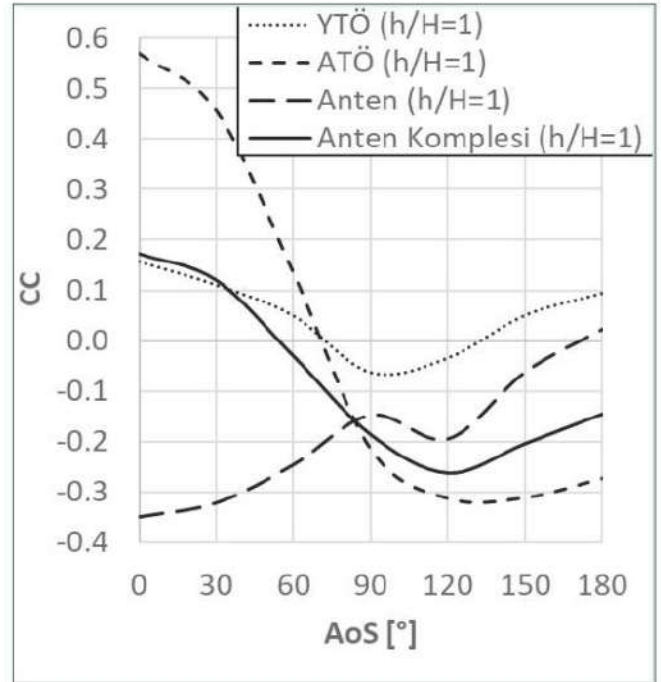
HAD çözümlerinde sayısal yakınsama olarak en yüksek 10-4 değeri hedeflenir. Bu çalışma kapsamındaki tüm irdelemelerde 10-6 sayısal yakınsama sağlanmıştır (Şekil 9). Hız ve basınç değerlerinde herhangi bir dalgalanma gözlenmediği için problem kararlı hale ulaşılmıştır (Şekil 10 ve Şekil 11).

**Şekil 9.** Rüzgâr Hesaplamalarındaki Yakınsama Değerleri**Şekil 10.** Rüzgâr Hesaplamalarındaki Hız Değerleri**Şekil 11.** Rüzgâr Hesaplamalarındaki Basınç Değerleri

5. ÇALIŞMADA ELDE EDİLEN SONUÇLAR

5.1 Anten – Yanal Rüzgâr Açısı Etkileşimi

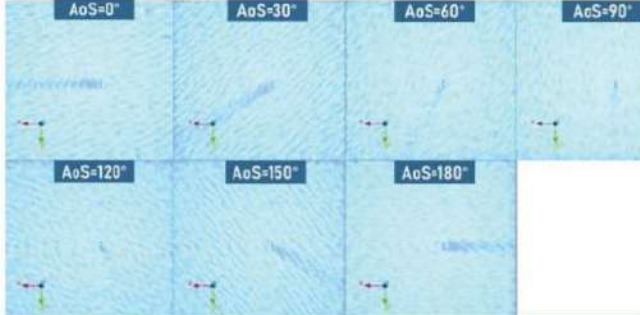
Tel örgünün anten üzerinde olmadığı (Yalnızca Tel Örgü-YTÖ) ve anten üzerinde olduğu (Anten Üzerindeki Tel Örgü-ATÖ) durumlarda 0°, 30°, 150° ve 180° rüzgâr açılarındaki dirençler daha fazladır (Şekil 12). Bu durum, art-iz kalınlıklarından da görülebilir (Şekil 13).

**Şekil 12.** Anten-Yanal Rüzgâr Açısı Etkileşimi

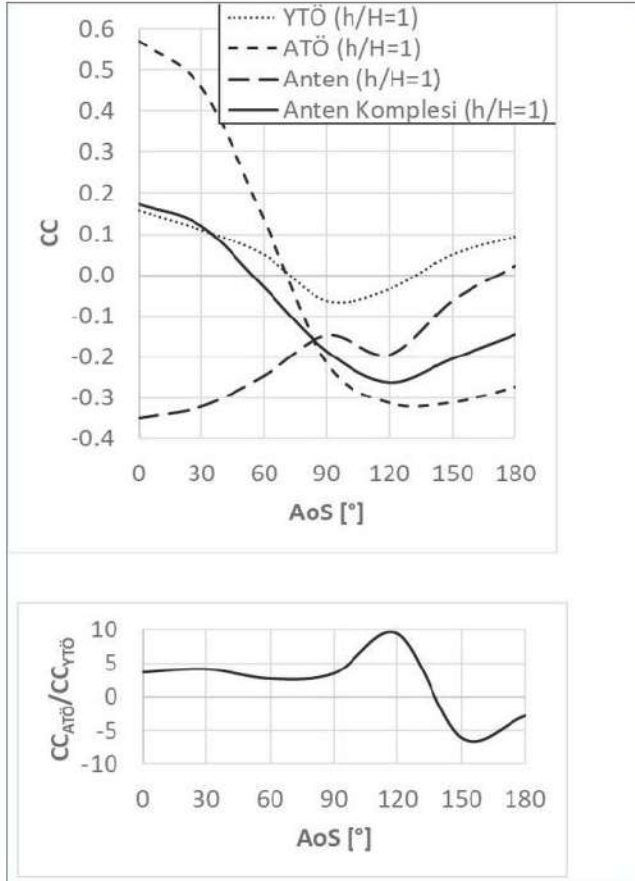
5.2 Anten – Tel Örgü Etkileşimi

Tel örgü, anten üzerine konumlandırıldığında basınç direnci beş kat artmaktadır. Rüzgâr açısı 120° iken bu artış

on kattır ve anten bütününde en yüksek direnç, 120°de oluşmuştur (Şekil 14).



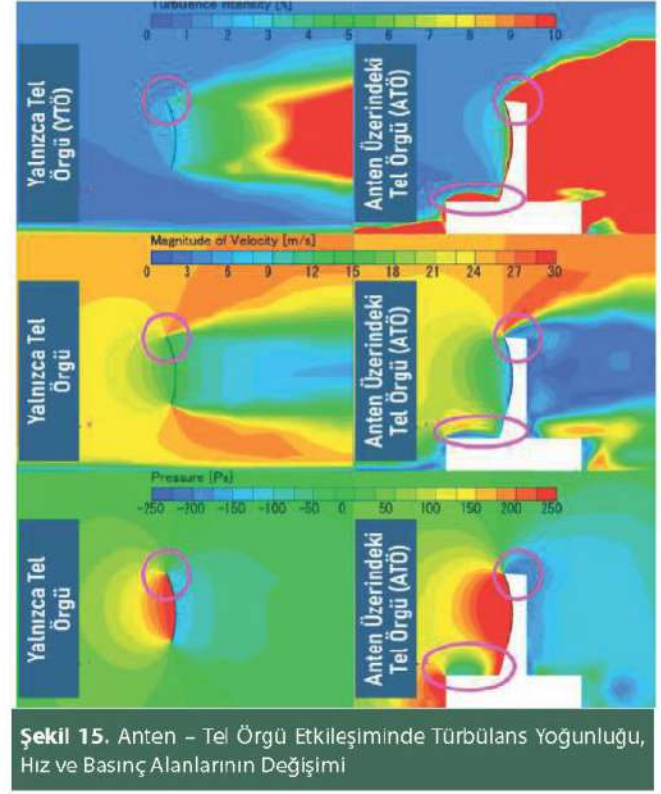
Şekil 13. Anten-Yanal Rüzgar Açısı Etkileşiminde Art-İz Kalınlıkları



Şekil 14. Anten-Tel Örgü Etkileşimi

ATÖ durumundaki artış, anten önündeki sınır tabaka kalınlaşmasından ve anten uç girdaplarından kaynaklanmaktadır. Ayrıca anten arkasındaki art-iz bölgesinden görüleceği üzere arka arkaya yerleştirilecek anten yapılarında türbülans yoğunluğu değerleri dikkate alınmalıdır (Şekil 15). Çünkü yüksek şiddette türbülans yoğunluğun-

daki hava, ek aerodinamik yükler oluşturacağı için art-iz bölgesi türbülans yoğunluğu değerinin orta şiddette (%5) olduğu bölgelerde anten yerleşiminin yapılması önerilir.

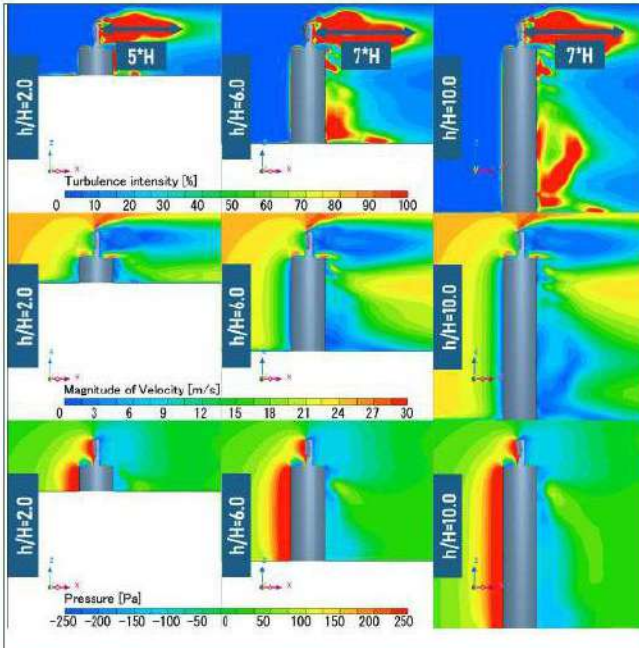


Şekil 15. Anten - Tel Örgü Etkileşiminde Türbülans Yoğunluğu, Hız ve Basınç Alanlarının Değişimi

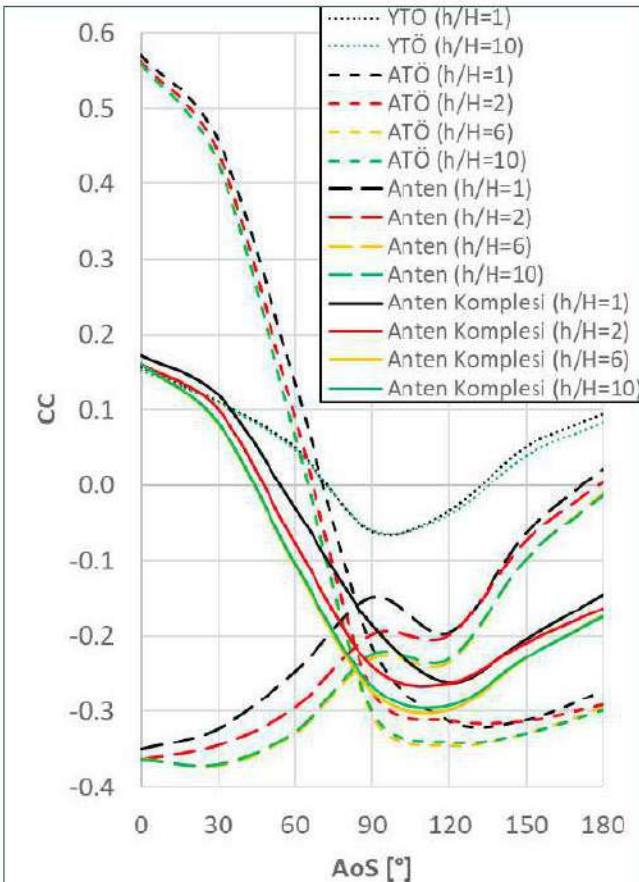
5.3 Anten - Zemin Etkileşimi

YTÖ durumunda basınç direnci, yerden yükseklikten bağımsızdır. Şekil 16'da görüleceği üzere anten zeminden tel örgü yüksekliğinin 6 katı kadar yükseğe konumlandırıldığında anten-zemin arasındaki sınır tabaka etkileşimi değişmediği için ATÖ durumunda $h/H=6$ 'dan sonra basınç direnci değerleri değişmemektedir.

$h/H=1$ 'de olduğu gibi anten bütününde en yüksek direnç, 120°de oluşmuştur (Şekil 17). Pozitif rüzgâr açılarında yerden yüksek, negatif rüzgâr açılarında yere yakın anten konumlandırılması basınç direnci açısından daha iyidir. Yerden yükseklik arttıkça anten arkasındaki art-iz bölgeleri uzadığı için art arda yerleştirilecek anten yapıları konumlandırılırken yerden yükseklik göz önünde bulundurulmalıdır.



Şekil 16. Anten-Zemin Etkileşiminde Türbülans Yoğunluğu, Hız ve Basınç Alanlarının Değişimi



Şekil 17. Anten-Zemin Etkileşimi

6. SONUÇ, DEĞERLENDİRME VE ÖNERİLER

Tel örgülü anten yapılarının Gözenekli Ortam tekniğiyle modellendiği bu çalışmada rüzgâr açısının ve zemin etkisinin antende oluşan basınç direncine etkisi araştırılmıştır.

Buna göre,

- Anten kompleksinde en yüksek direnç, 120°de oluşmaktadır.
- Arka arkaya yerleştirilecek anten yapılarında türbülans yoğunluğu değerleri dikkate alınmalıdır ve art-iz bölgesi türbülans yoğunluğu değerinin orta şiddette (%5) olduğu bölgelerde anten yerleşiminin yapılması önerilmektedir.
- YTÖ durumunda basınç direnci, yerden yükseklikten bağımsızdır.
- $h/H=6$ 'dan sonra basınç direnci değerleri değişmemekte olup pozitif rüzgâr açılarında yerden yüksek, negatif rüzgâr açılarında yere yakın anten konumlandırması basınç direnci açısından daha çok üstünlük sağlar.
- Yerden yükseklik arttıkça anten arkasındaki art-iz bölgeleri uzadığı için art arda yerleştirilecek anten yapıları konumlandırılırken yerden yükseklik göz önünde bulundurulmalıdır.

Bu çalışma, tek bir anten tasarımı üzerinden gerçekleştirildiği için anten en-boy oranı ve anten kamburluğu (derinlik/en) gibi değişkenlerin basınç direncine etkisinin araştırılması gelecek çalışmalar için önerilir.

KAYNAKÇA

1. **Idel'chik I. E.**, "Handbook Of Hydraulic Resistance – Coefficients Of Local Resistance And Of Friction – Syf: 327", Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem.
2. **Guo B. Y., Hou Q. F., Yu A. B., Li L. F., Guo J.** "Numerical Modelling Of The Gas Flow Through Perforated Plates", Syf: 403-408, Chemical Engineering Research And Design – 9-1.
3. **CRADLE – scFLOW User's Guide**, "Basics of CFD Analysis".