

Rüzgar Türbinlerinde Atmosferik Buzlanma ve Güç Eğrisi Üzerindeki Etkisi

İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü
Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü
Erdem Demir



Buzlanma

- ▶ Buzlanma Nedir?
- ▶ Buzlanma mekanizması
- ▶ Buzlanma çeşitleri
 - ▶ Kar tipi buzlanma
 - ▶ Şeffaf buzlanma
 - ▶ Karışık buzlanma
- ▶ Şekillerine göre buzlanma

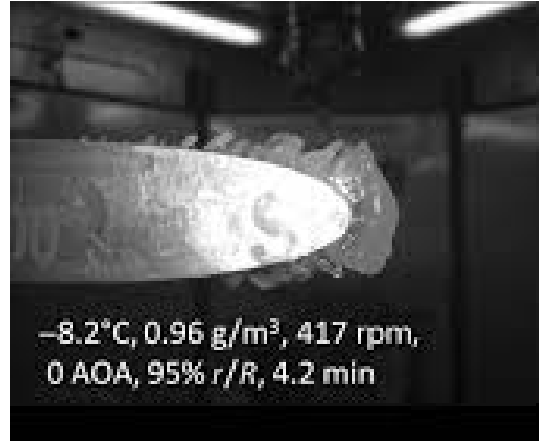
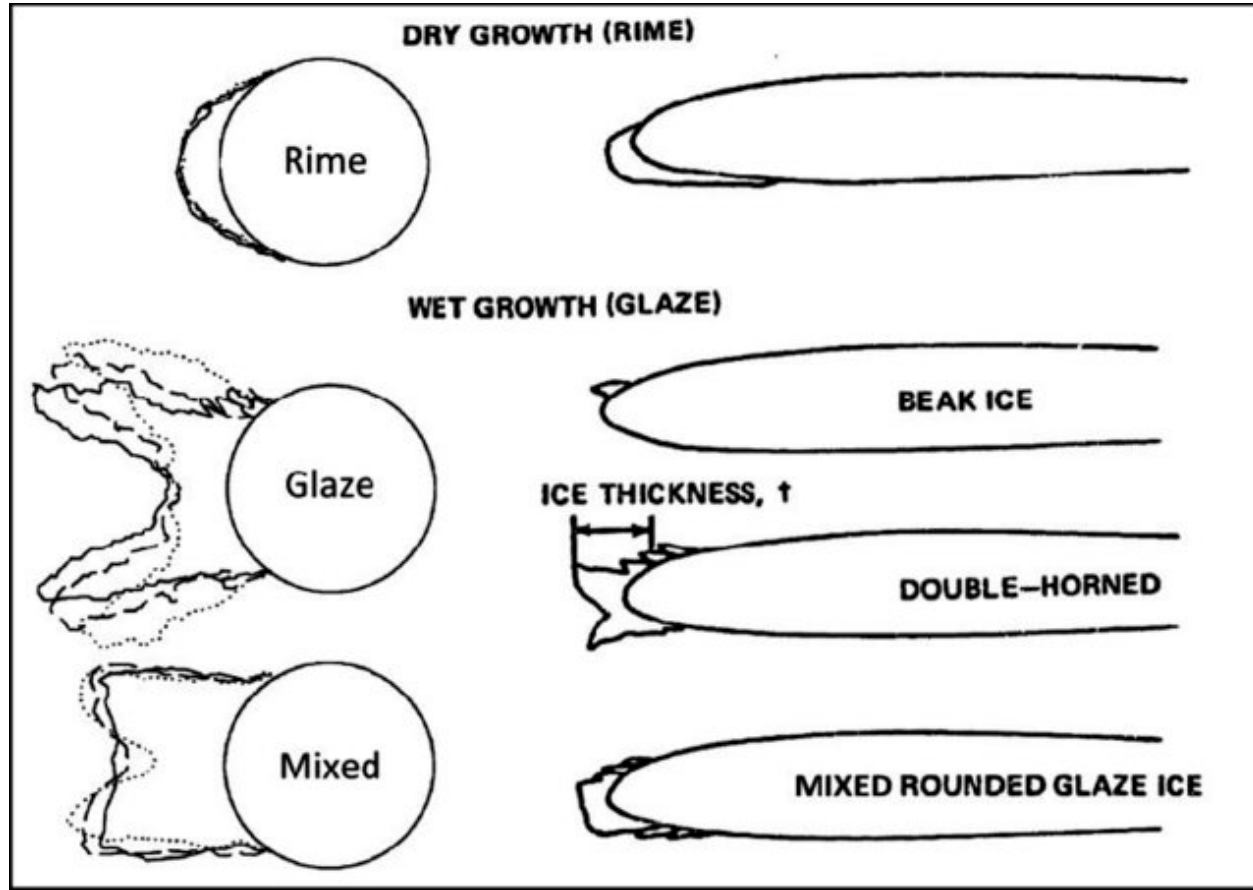


Figure 1 - Palacios, J. L., Han, Y., Brouwers, E. W., & Smith, E. C. (2012). Icing environment rotor test stand liquid water content measurement procedures and ice shape correlation. *Journal of the American Helicopter Society*, 57(2), 29-40.



Figure 2 - Bravo Jimenez, I. (2018). Detection and removal of wind turbine ice: Method review and a CFD simulation test.

Buzlanmanın Kanat ve Türbin Üzerindeki Etkisi



► Şekillerine göre buzlanma

Figure 4 - Han, Y. (2011). *Theoretical and experimental study of scaling methods for rotor blade ice accretion testing* (Doctoral dissertation, Pennsylvania State University).

Buzlanmanın
kanat üzerindeki
aerodinamik
etkisi

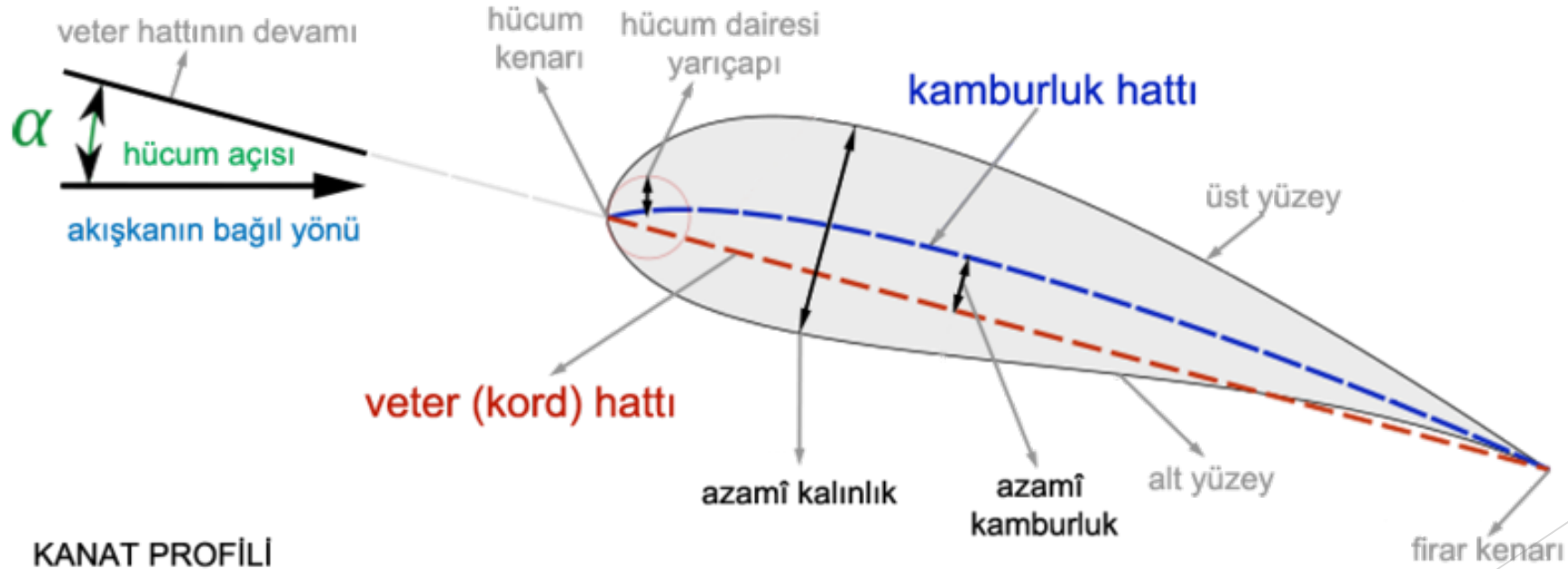
Buzlanmanın
kontrol aygıtları
üzerindeki etkisi

Buzlanmanın Kanat ve Türbin
Üzerindeki Etkisi



Buzlanmanın Kanat ve Türbin Üzerindeki Etkisi

- Buzlanmanın kanat üzerindeki aerodinamik etkisi



KANAT PROFİLİ

Figure 3 - Kanat Profili https://www.wikiwand.com/tr/Kanat_profili

Buzlanmanın Kanat ve Türbin Üzerindeki Etkisi

Buzlanmanın kontrol aygıtları üzerindeki etkisi



Buzlanmada Atmosferik Parametrelerin Etkisi

- ▶ Hucüm açısı
- ▶ Rüzgar Hızı
- ▶ Kanat veteri uzunluğu
- ▶ Sıcaklık
- ▶ Ortalama hacim çapı ve sıvı su içeriği
- ▶ Bağlı nem



Buzlanma ve Güç Eğrisi Üzerindeki Etkisi

NREL 5MW türbin üzerinde Blade Element Momentum simülasyonu ile sadece sıcaklık göz önüne alınarak güç eğrisindeki değişim incelendi.

Buzlanmanın olmadığı ve -20C altında buzlanmanın görüldüğü durumlar modellenmiştir.



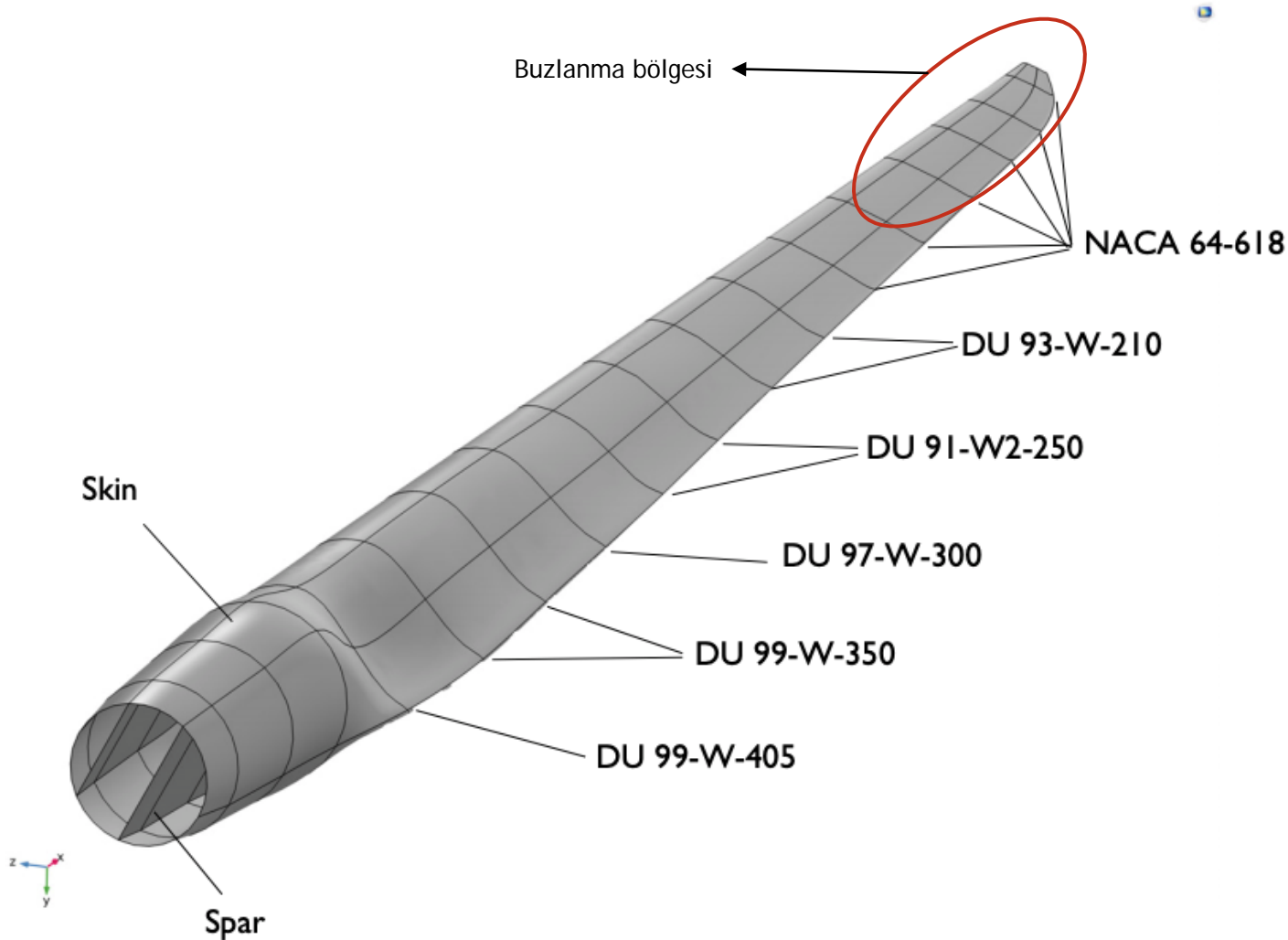
Buzlanma ve Güç Eğrisi Üzerindeki Etkisi

- NREL 5MW Türbinin buzlanma ve normal koşullardaki aerodinamik özellikleri

Yarıçap Pozisyonu[m]	Kanat Profil Tipi	
	Normal Şartlar	Buzlanma Durumu
0	Circular Foil 0.5	Circular Foil 0.5
1.36	Circular Foil 0.5	Circular Foil 0.5
4.10	Circular Foil 0.5	Circular Foil 0.5
6.83	Circular Foil 0.35	Circular Foil 0.35
10.25	DU99W405LM	DU99W405LM
14.35	DU99W350LM	DU99W350LM
18.45	DU99W350LM	DU99W350LM
22.55	DU97300LM	DU97300LM
26.65	DU91W2250LM	DU91W2250LM
30.75	DU91W2250LM	DU91W2250LM
34.85	DU93W210LM	DU93W210LM
38.95	DU93W210LM	DU93W210LM
43.05	NACA64618	NACA64618
47.15	NACA64618	NACA64618
51.25	NACA64618	NACA64618ICE
54.67	NACA64618	NACA64618ICE
57.4	NACA64618	NACA64618ICE
60.13	NACA64618	NACA64618ICE
61.50	NACA64618	NACA64618ICE

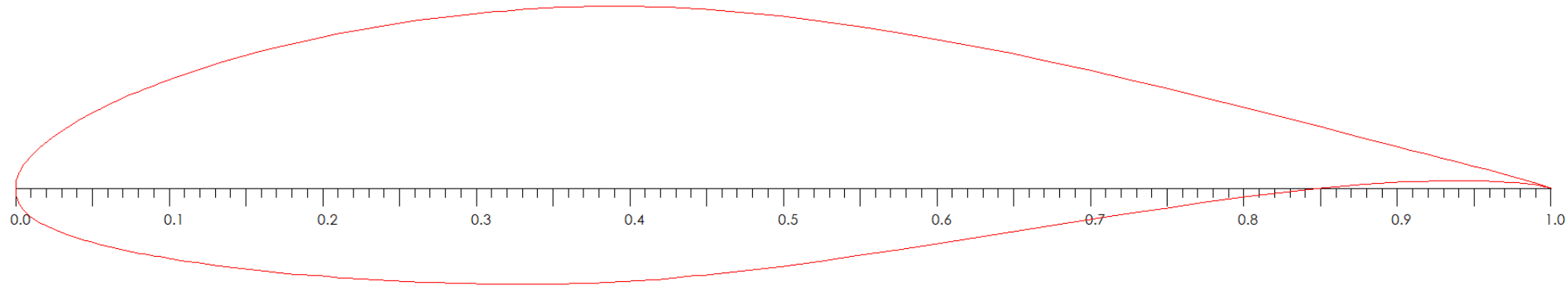


Buzlanma ve Güç Eğrisi Üzerindeki Etkisi

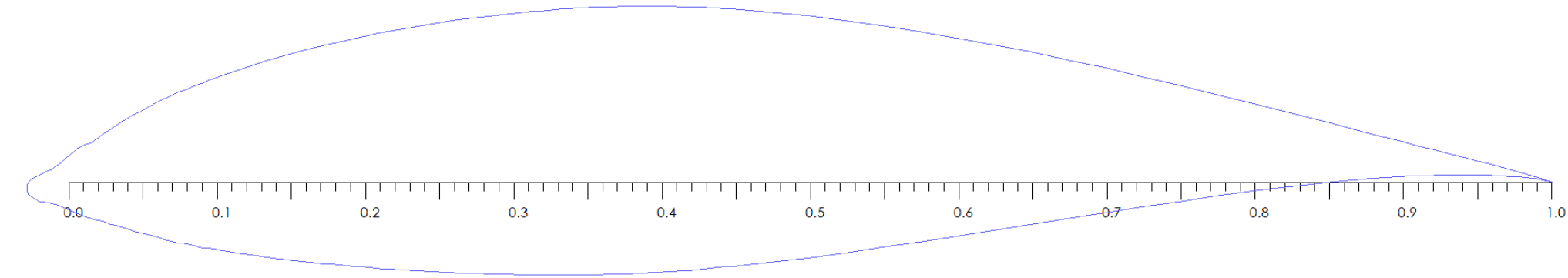


- NREL 5MW Türbinin kanat kesit profilleri

Buzlanma ve Güç Eğrisi Üzerindeki Etkisi



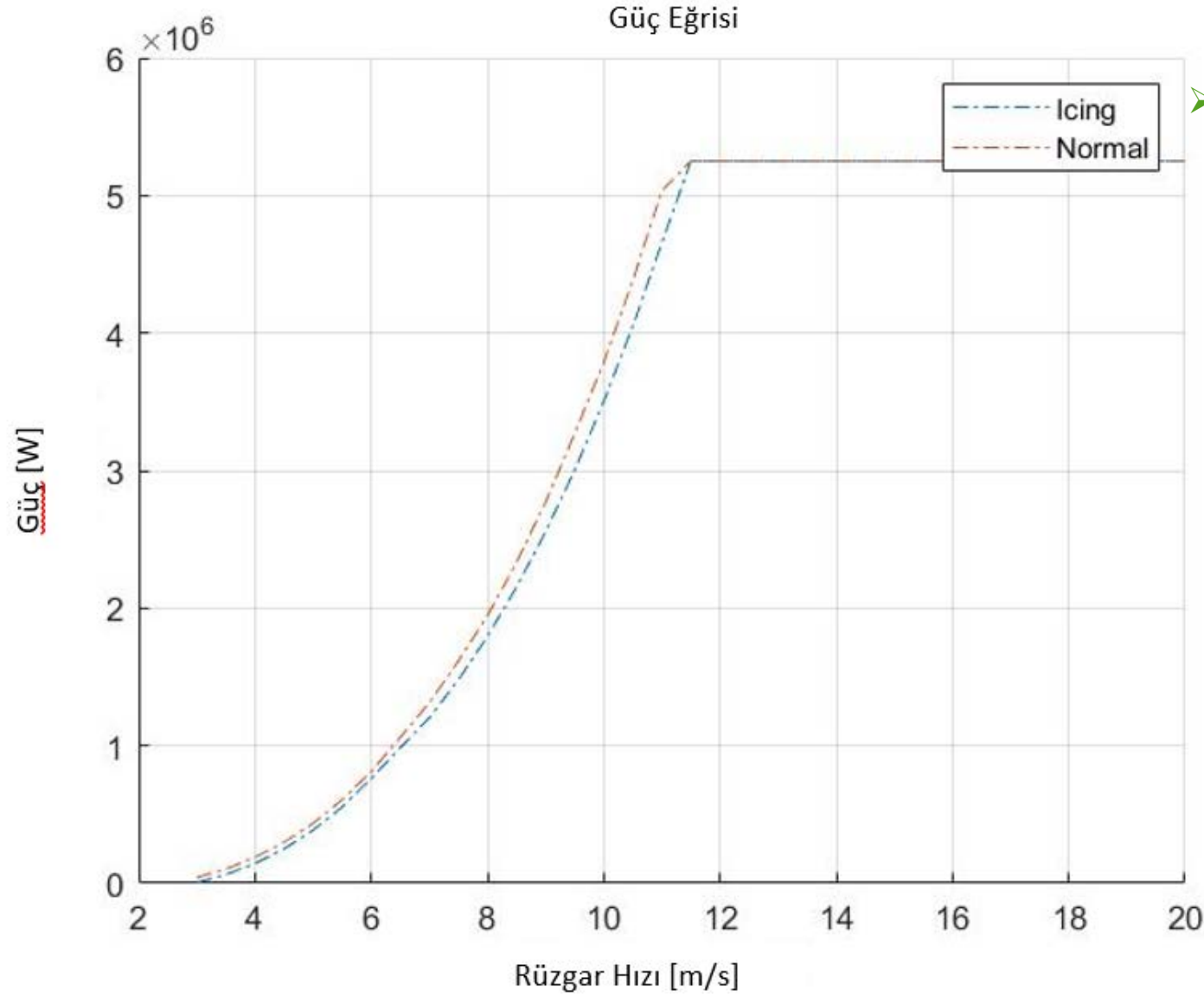
► NACA64618 Profili Normal Koşullar Altında



► NACA64618 Profili Buzlanma Altında

Buzlanma ve Güç Eğrisi Üzerindeki Etkisi

- Güç eğrilerinin karşılaştırılması



➤ 6.0 m/s ile 11.0 m/s arasında güç eğrisinde ortalama %8lik düşüş gözlenmektedir.

Sonuç

- ▶ Kanadın aerodinamik özelliklerinin deęiřmesi
- ▶ Türbinlerin ağır buz yükü altında erken yaşlanması ve ekonomik ömürlerinin kısalması
- ▶ Türbinlerin ağır buzlanma durumunda tamamen kapatılması ve üretime etkisi
- ▶ Buz fırlatma ve güvenlik sorunları
- ▶ Buzlanmaya bağlı olarak güç eğrisindeki belirsizlik hesapları



Yapılacaklar

- ▶ Sonuçların CFD hesaplamaları modellerin geliştirilmesi
- ▶ Farklı atmosferik koşulların buzlanma üzerindeki etkilerinin incelenmesi
- ▶ Farklı buzlanma tiplerinin ve şekillerinin güç eğrisi üzerindeki etkilerinin incelenmesi
- ▶ Buzlanmanın modellenip mevcut güç eğrisinin buzlanma modeliyle güncellenmesi ve buna bağlı olarak ortaya çıkan belirsizliğin azaltılması



ZAMAN
AYIRDIĞINIZ İÇİN
TEŞEKKÜRLER

