



# RÜZGAR ÖLÇÜMLERİNDE KARARSIZLIK ANALİZİ

**Faruk TUNA**

*Danışman: Yard.Doç.Dr. Ferhat BİNGÖL*  
*İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü*

29 Eylül 2017

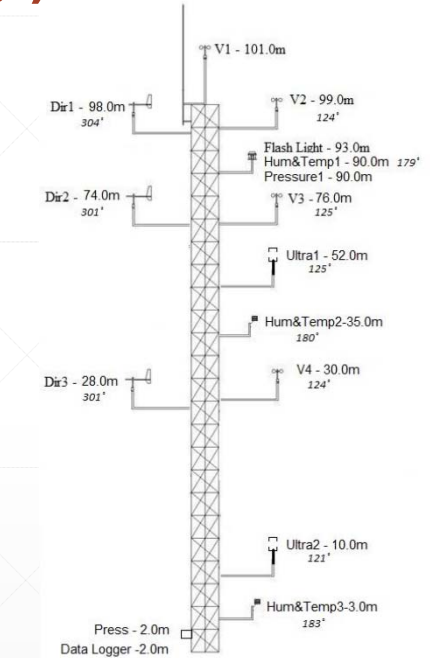
\* Bu çalışma 215M384 no' lu TÜBİTAK çalışması ve ERANET NEWA projesi tarafından desteklenmektedir.

# Hakkımda

- 1991: Radoviş, Makedonya
- 2009-2014: Ege Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü, Lisans Eğitimi
- 2015-: İYTE, Enerji Mühendisliği Yüksek Lisans Programı

# İYTE-100m (Yarımada Yüksek Rüzgar Ölçüm Direği)

- New European Wind Atlas projesi çerçevesinde Ekim 2015' de başladı ve Ekim 2018' e kadar sürecek.
- Türkiye, Danimarka, Almanya, İsveç, Latvia, İspanya, Portekiz ve Belçika'nın ortaklaşa geliştirdiği projede tüm Avrupa için AÇIK KAYNAK KODLU bir rüzgar atlası geliştirilecek.
- Türkiye'de proje yürütücüsü İYTE-Yrd.Doç.Dr.Ferhat BİNGÖL' dür.
- Projenin yerel ayağında kararsızlık analizi yapılacaktır.



# HEDEF ve MOTİVASYON

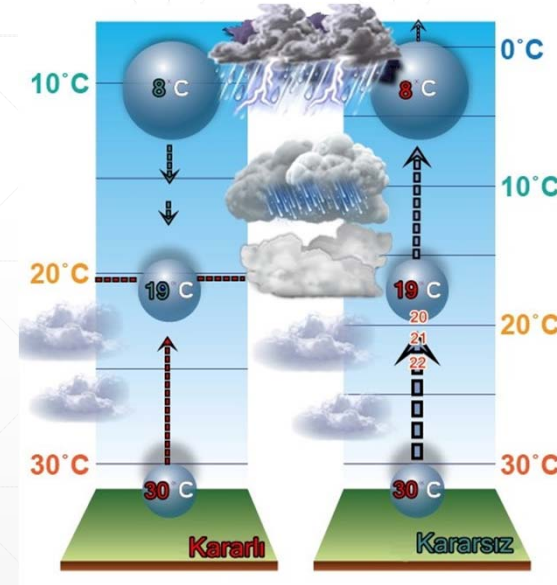
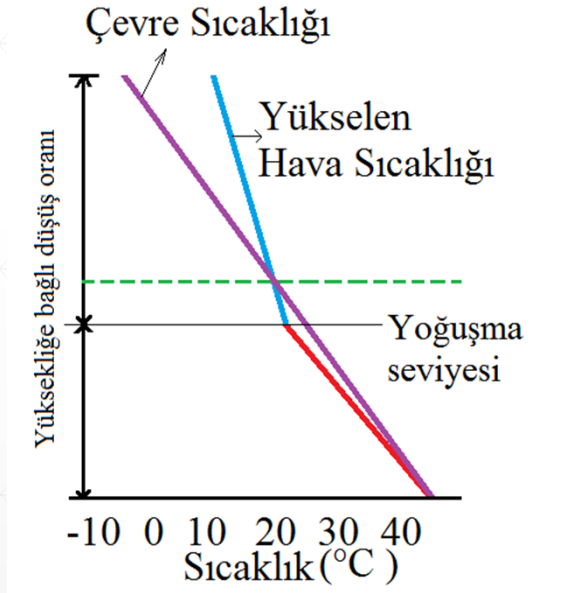
- Binlerce sayıdaki eski ölçüm direklerinden kararlılık analizi yapabilecek bir modelin oluşturulması ve bunun ölçüm verileriyle sınanması.
  - ✓ Konumu bilinen bir yerden alınmış ölçüm veri setleri
  - ✓ Geçerliliği ya da doğruluğunu sınamak adına referans değerler
  - ✓ Önerilen model ile analizi

# ÖLÇÜMLERDEKİ ÖNEMLİ HUSUSLAR

- Sürekliliği yüksek ya da bir başka deyişle veri kayıplarının düşük olduğu ölçümler
- Rüzgar yönünün dikkate alınması
- Dikey hızların ölçülmesi
- Farklı yüksekliklerden sıcaklık ve nem değerlerinin ölçülmesi
- Ölçümü yapılan arazinin detaylı bilgisi (konum, pürüzlülük, yükseklik vs.)

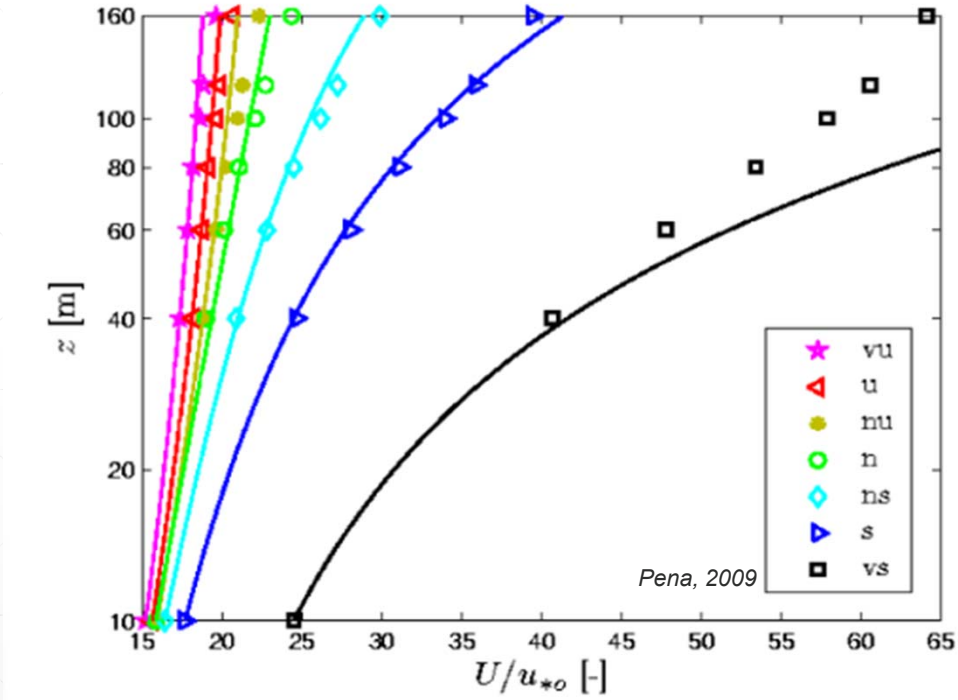
# KARARSIZLIK NEDİR?

En basit şekilde hava kütlesinin bulunduğu konumda kalma eğilimidir.





# $\psi(z/L)$ Monin-Obukhov Parametresi



Høvsøre test merkezinde düşük pürüzlülük ve yükselti eğrileri içeren düz bir zemin üstünde ölçülmüştür.

- vu: Çok Kararsız,
- u: Kararsız,
- nu: Yaklaşık Kararsız,
- n: nötral,
- ns: Yaklaşık Kararlı,
- s: Kararlı ve
- vs: Çok Kararlı

anlamına gelmektedir.

Türkiye gibi kompleks arazilerde bu sapma daha büyük boyutlardadır.

# İKİ FARKLI YAKLAŞIM

Ortalama  
Değerler  
Yöntemi

$$L = -\frac{\rho c_p u_*^3}{\kappa g H_V}$$

Anlık Ölçüm  
Yöntemi (3 Boyutlu  
Ölçüm Cihazları İle)

$$L = -\frac{\theta u_*^3}{\kappa g (u' \theta'_V)_0}$$

$$\psi_m = \int_0^{z/L} \frac{1 - \phi_m(\xi)}{\xi} d\xi$$

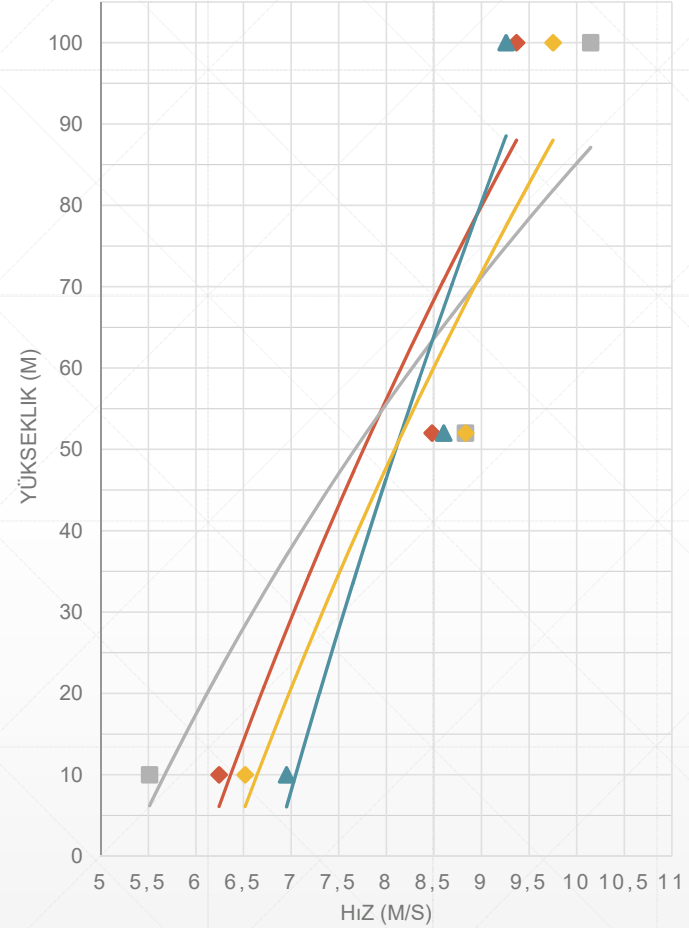
$$u(z) = \frac{u_*}{\kappa} \left[ \ln \left( \frac{z-d}{z_0} \right) - \psi(z/L) \right]$$



# İlk Analiz Sonuçları-1

İYTE-100m direğinden 10m ve 52m' den alınan ölçümler ile elde edilen hız profiline farklı durumlar ve tüm veriler için incelediğimizde:

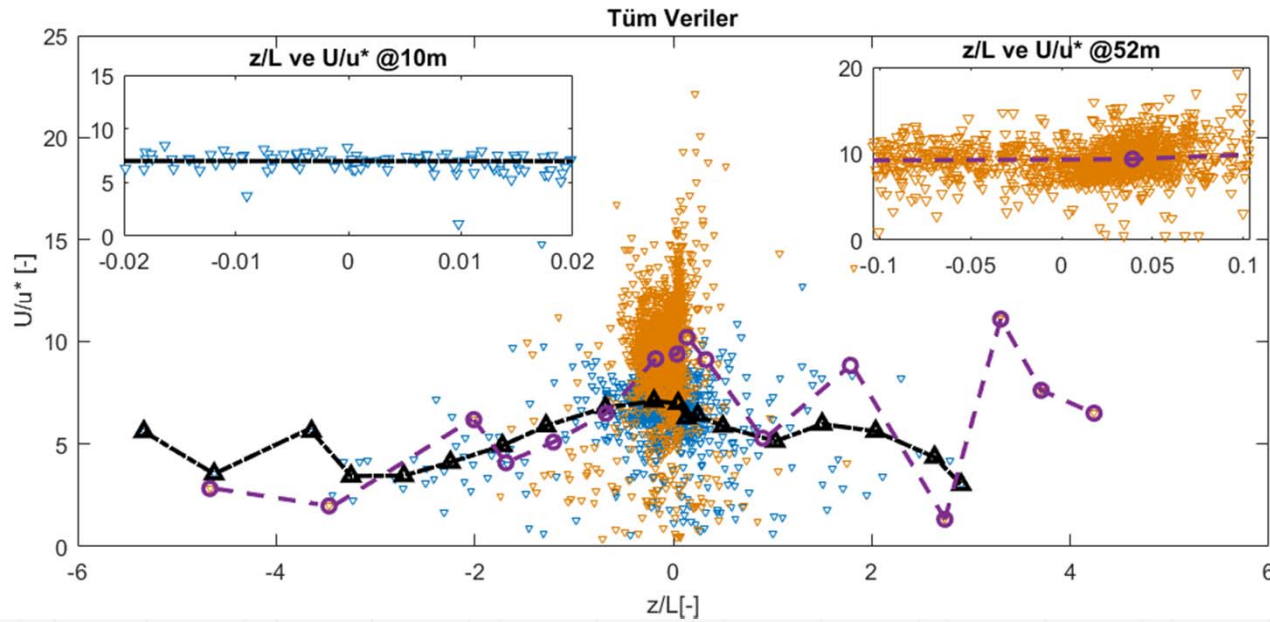
	$z_0$ (m)	$u^*_{@10m}$	$u^*_{@52m}$	$u(100)_{@10m}$	$u(100)_{@52m}$
tüm veri	0.101	1.2188	1.2187	9.3683	9.3677
nötral	0.097	1.2616	1.2616	9.7520	9.7520
kararlı	0.646	1.8074	1.8075	10.1472	10.1473
kararsız	0.010	0.8994	0.8994	9.2581	9.2585



- ◆ tüm data
- ▲ kararsız kısım
- kararlı kısım
- ◆ nötral kısım
- Log. (tüm data)
- Log. (kararlı kısım)
- Log. (kararsız kısım)
- Log. (nötral kısım)

# İlk Analiz Sonuçları-2

Ölçüm değerlerinin dağılım karakteristiğine baktığımızda:



- z/L: Boyutsuz Obukhov yüksekliği, stabilite parametresi
- U/u\*: Boyutsuz hız parametresi

# SONUÇLAR

- 10m ve 52m' de hız profili belirlemek için yapılan 2 yaklaşımda yerden yükseldikçe hız değerlerindeki farkın azaldığı gözlenmiştir.
- Nötral şartlarda hız değerlerinde doğrusal bir değişim gözlenmektedir.
- Kararlı bölgedeki hız değişimi pozitif yönlüdür.
- Kararsız bölgede ise negatif yönde bir değişim söz konusudur.
- z/L ile U/u\* grafiğine bakıldığında ise kararlı ve kararsız bölgedeki değişimlerin doğrusal yaklaşımla hiçbir ilgisi olmadığı ve çok beklenmedik bir karakteristik sergilediği görülür.
- 10m ' de ki boyutsuz hız değerlerinin %4.8' i nötral bölgede iken 52m'de bu oran %57.5' e ulaşmaktadır. Buda herhangi bir analiz yaparken yapacağımız yaklaşımın ne kadar yanlış olacağı konusunda fikir vermektedir.

# TEŐEKKÜRLER

---