

# TEKİL KAZIK TEMELLİ AÇIK DENİZ RÜZGAR TÜRBİNLERİNİN AVRUPA'DAKİ GELİŐİMİ

Baran KAYA, Elif OĐUZ

Orta DoĐu Teknik Üniversitesi, İnŐaat MühendisliĐi  
Hidrolik Laboratuvarı

# İçerik

- Yenilenebilir ve sürdürülebilir enerji
- Rüzgar enerjisi
  - Karada kurulum
  - Açık denizde kurulum
- Açık deniz rüzgar türbinleri ve destek yapısı tipleri
  - Tekil Kazık Temel
- Avrupa'daki tekil kazık temelli açık deniz rüzgar türbinleri
- Türkiye
  - Açık deniz rüzgar enerjisi potansiyeli
  - Uygun bölgeler

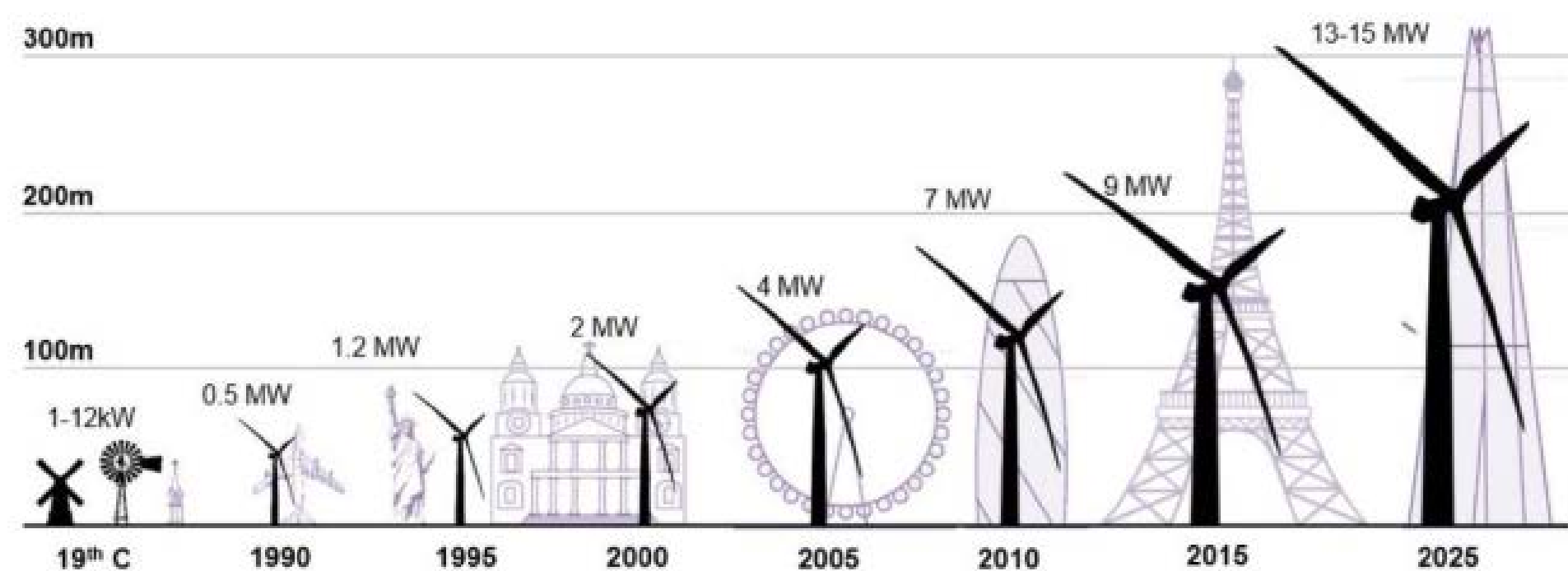


# Fosil Yakıtlar → Yenilenebilir Kaynaklar

- Kyoto Protokolü, 1997 (2005)
- Paris Anlaşması, 2015



# Rüzgar Enerjisi

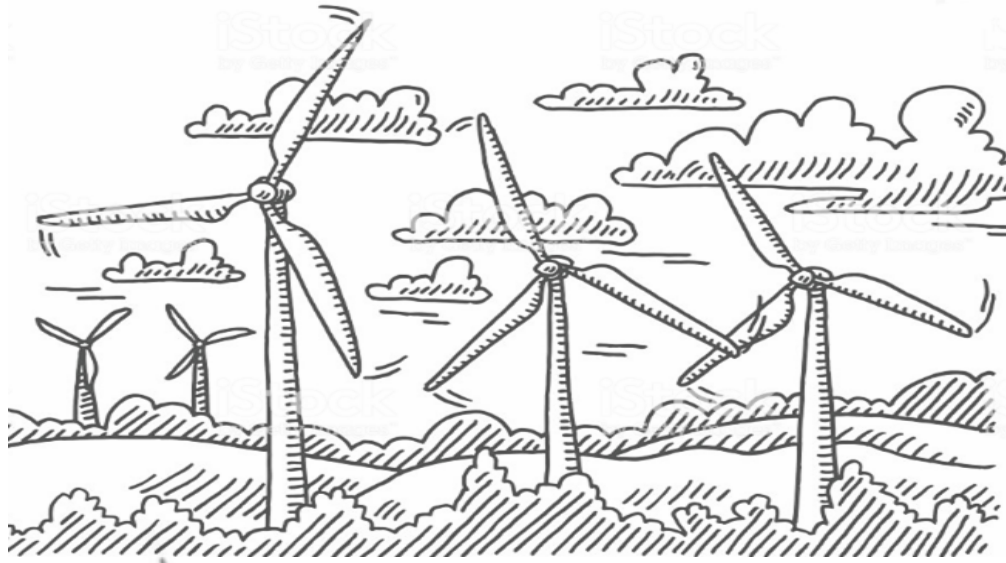


## Karada kurulumun temel dezavantajları:

- Büyük bileşenleri taşıma zorluğu
- Görsel kirlilik
- Gürültü kirliliği
- Rüzgarın süreksizliği



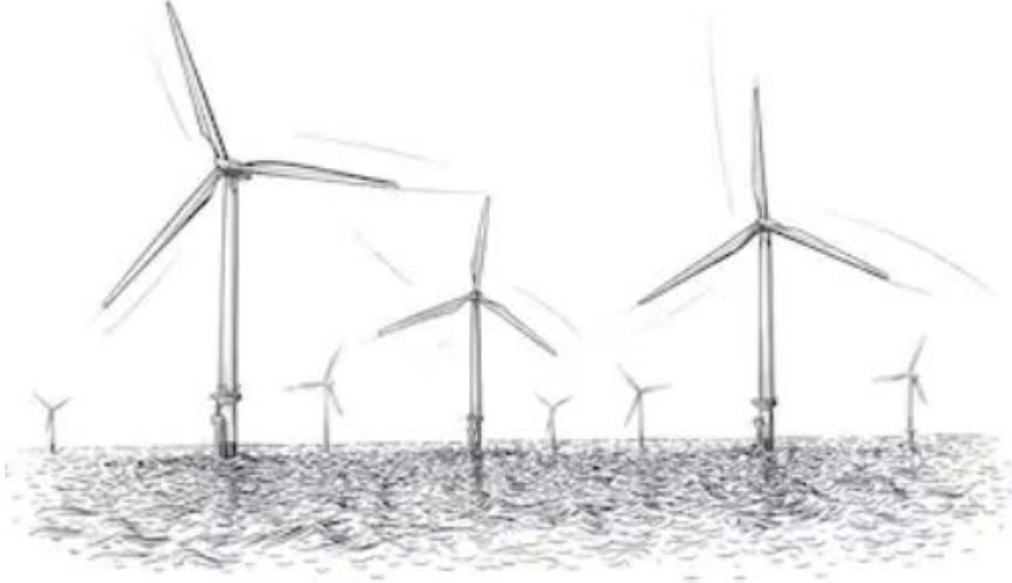




Karada kurulum



Açık denize yönelim



# Açık Deniz Rüzgar Enerjisi

## Avantajlar

- Yüksek rüzgar kalitesi ve karaya kıyasla daha yüksek rüzgar hızı, dolayısıyla daha fazla enerji üretim imkanı

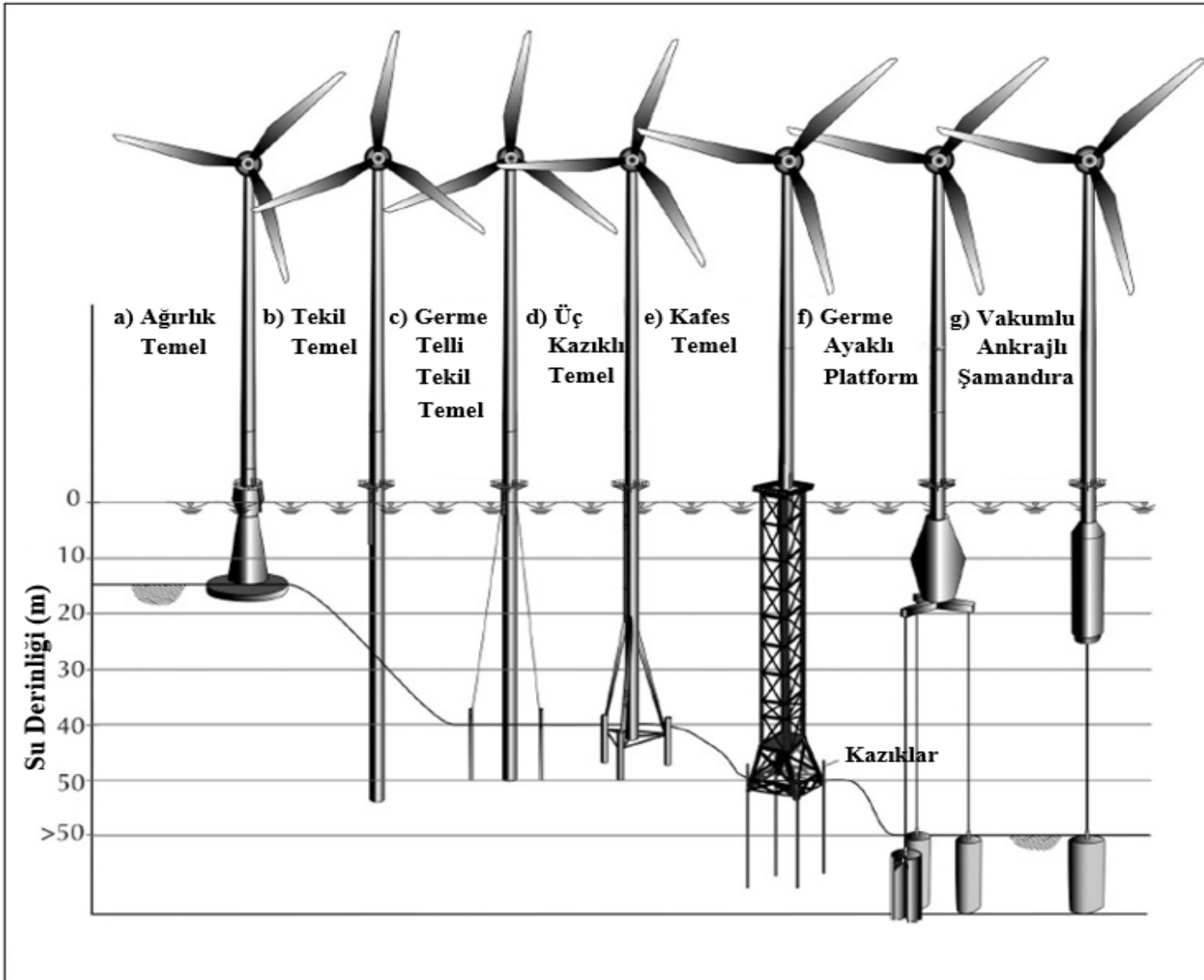
$$E \propto (U_{\text{rüzgar}})^3$$

- Görsel kirlilik ve gürültü gibi olumsuz etkileri yoktur.

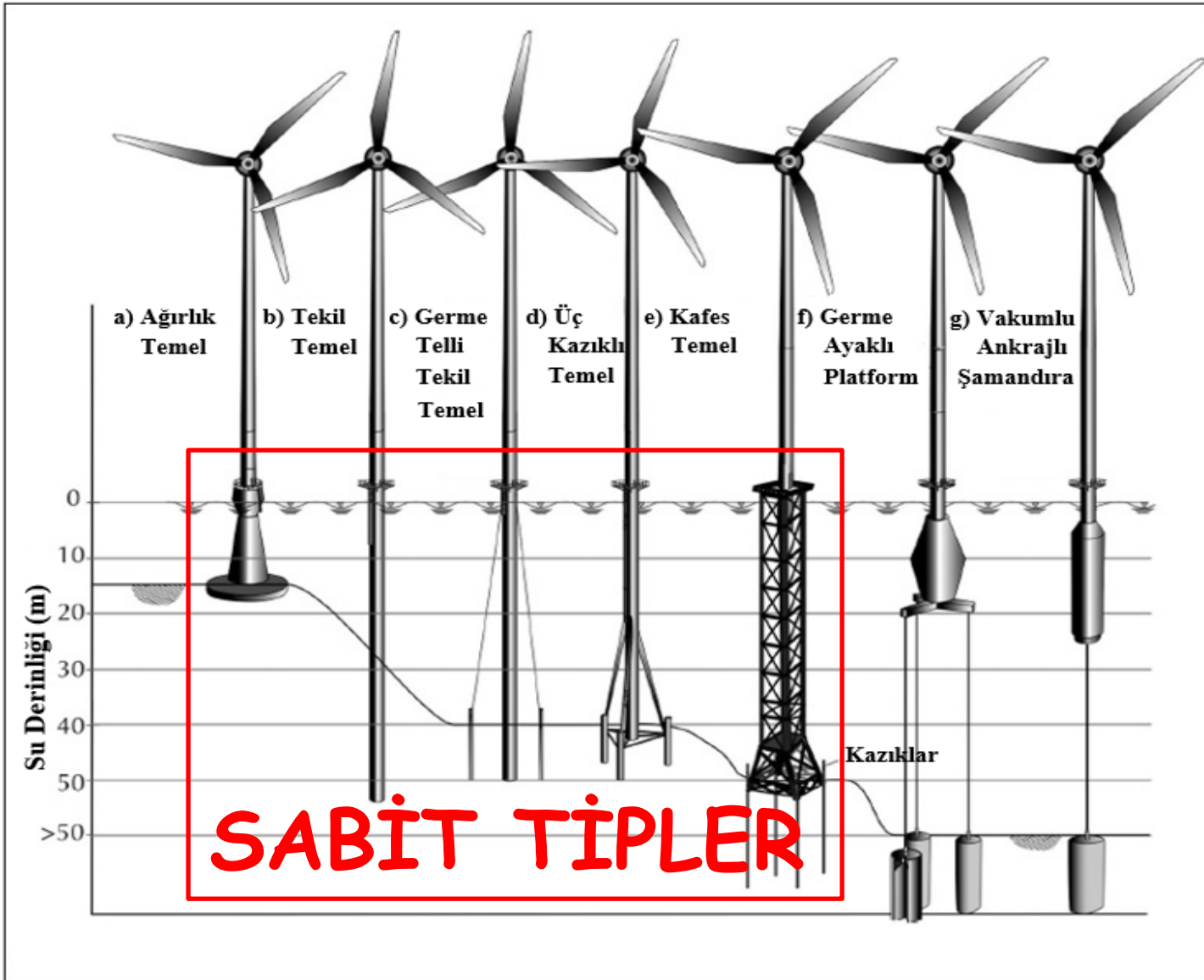


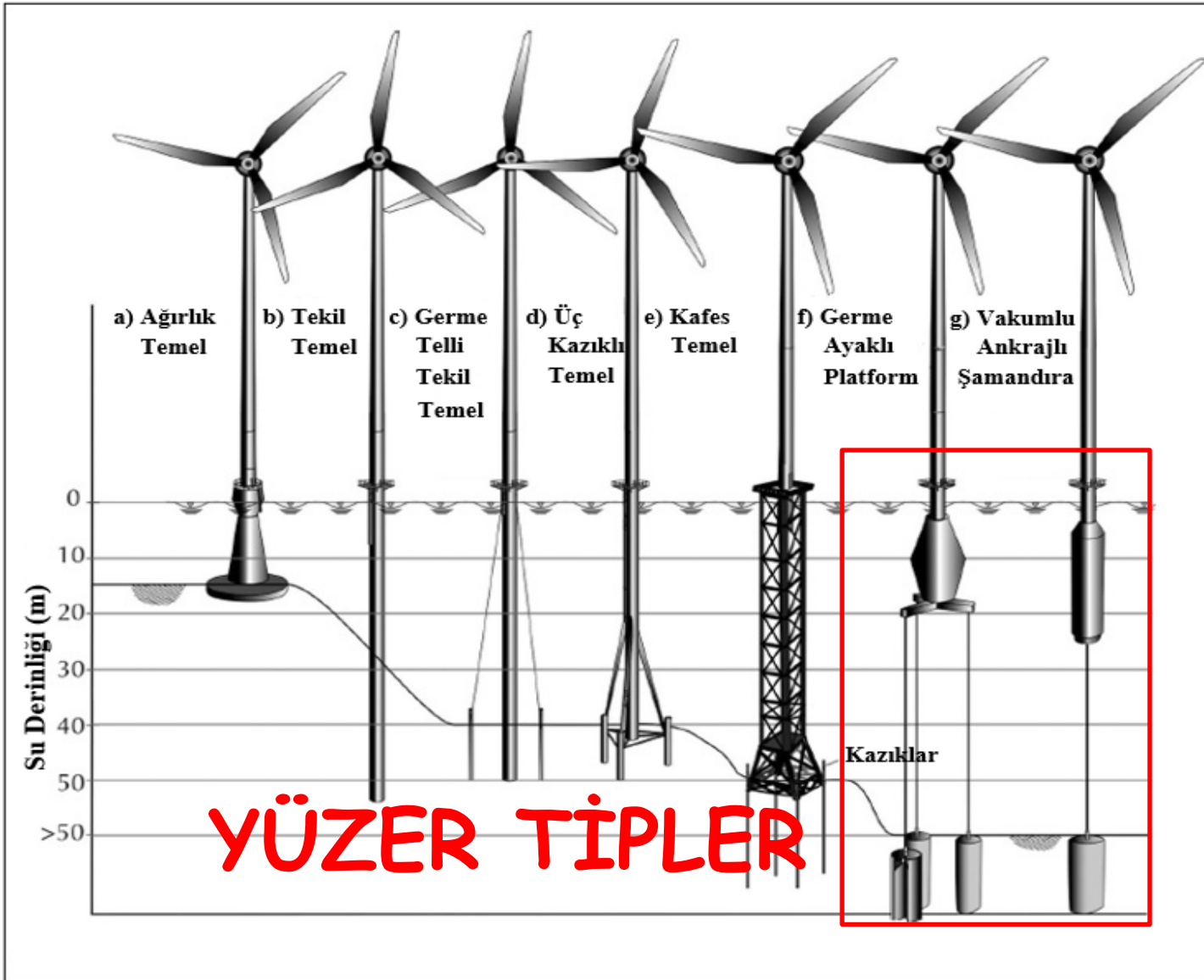
## Dezavantajlar

- Zorlu hava koşulları
- Büyük destek yapıları
- Su altı kabloları
- Özel gemiler
- Yüksek maliyet





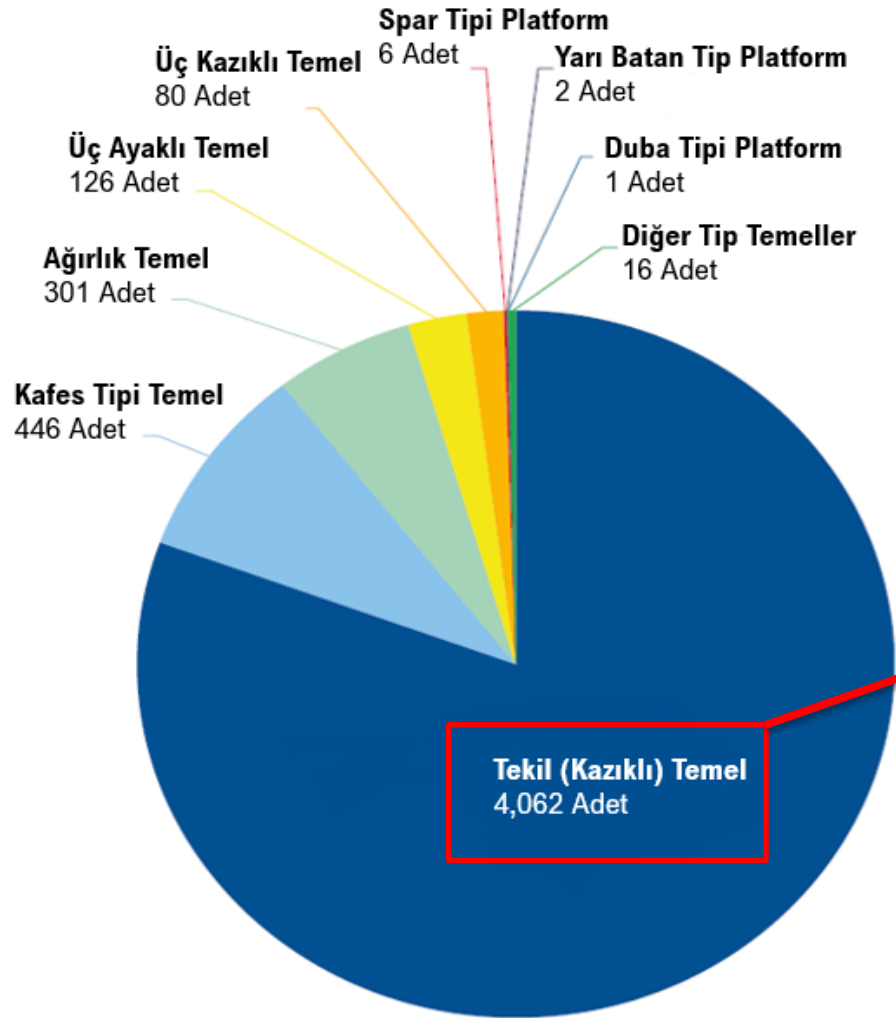




# Avrupa (2018)



%84



%82

**Tekil Kazık  
Temel**



## Tekil Kazık Temel

- Silindir şeklinde
- Geniş çaplı (5-6 m) çelik kazık
- Foraj veya titreşimli çekiçler
- Deniz tabanına çakılarak veya açılan deliklere yerleştirilerek
- Genellikle 20-40 m su derinliği

## 1990'larda Avrupa

- İlk açık deniz rüzgar türbini ***Nogersund***, İsveç  
1990-2008 – 220 kW  
0.25 km / 7 m
- İlk açık deniz rüzgar santrali (ADRS) ***Vindeby***, Danimarka  
1991-2016 – 11x450 kW (4.95 MW)  
1.8 km / 2.5-5 m
- İlk tekil kazık temelli ADRS ***Lely***, Hollanda  
1994-2016 – 4x500 kW (2 MW)  
0.80 km / 5-10 m

## 2000'lerde Avrupa

- MW sınıfı türbinlerle kurulan ilk ADRS *Utgrunden*, İsveç  
2000-2018 – 7x1.5 MW (10.5 MW)  
8 km / 7-10 m





## 2000'lerde Avrupa

- İlk büyük ölçekli ADRS ***Horns Rev 1***, Danimarka  
2002 – 80x2 MW (160 MW)  
14-20 km / 6-14 m

- Rüzgar Santrali Ana Kontrol Cihazı kullanılmıştır.



## 2000'lerde Avrupa

### ➤ *Princess Amalia*, Hollanda

2008 – 60x2 MW (120 MW)

23 km / 19-24 m

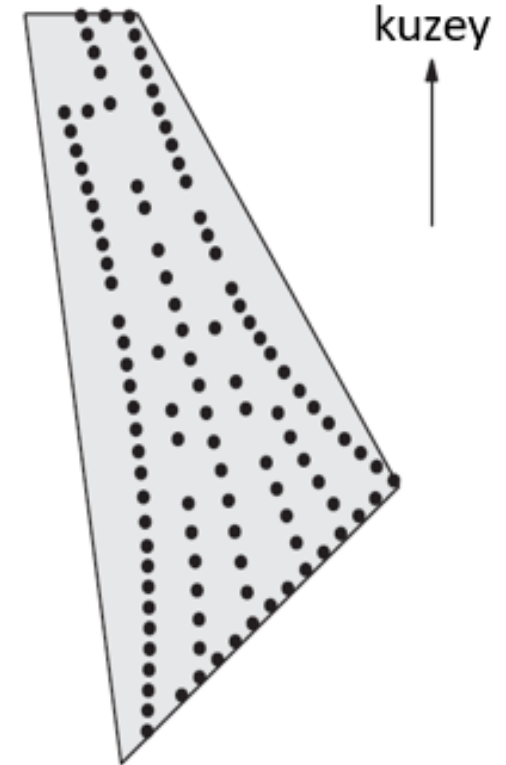


## 2010'larda Avrupa

- Danimarka'da kurulan en büyük ADRS **Anholt**  
2013 – 111x3.6 MW (396.6 MW)  
15-20 km / 15-19 m

### Yerleşim düzeni optimizasyonu

- Deniz dibi koşulları
- Sahaya özgü kazık tasarımı
- Hakim rüzgar yönü



## 2010'larda Avrupa

- ***Westermeerwind***, Hollanda  
2016 – 48x3 MW (144 MW)  
0.5-1.2 km / 3-7 m





## 2010'larda Avrupa

- Kıydan en uzak ADRS *Veja Mate*, Almanya  
2017 – 67x6 MW (402 MW)  
95 km / 40 m



## 2010'larda Avrupa

- Dünyanın en büyük ADRS ***Walney Extension***, İngiltere  
2018 – 40x8.25 MW + 47x7 MW (659 MW)  
19 km / 20-37 m





Rüzgar Santrali, İşletmeye Alındığı Yıl	Türbin Kapasitesi (MW)	Kazık Çapı (m)	Kazık Ağırlığı (t)	Kıyıya Mesafe (km)	Su derinliği (m)
Nogersund, 1990	<b>0.22</b>	Üç kazıklı temel		<b>0.25</b>	7
Vindeby, 1991	0.45	Ağırlık temel		1.8	<b>2.5-5</b>
Lely, 1994	0.5	<b>3.2-3.7</b>	<b>89</b>	0.8	5-10
Utgrunden, 2000	1.5	3-3.65	110-165	8	7-10
Horns Rev 1, 2002	2	4	230	14-20	6-14
Princess Amalia, 2008	2	4	320	23	19-24
Anholt, 2013	3.6	5.35	630	15-20	15-19
Westermeerwind, 2016	3	5	250	0.5-1.2	3-7
Veja Mate, 2017	6	<b>7.8</b>	<b>1302.5</b>	<b>95</b>	<b>40</b>
Walney Extension, 2018	<b>8.25</b>	-	500-970	19	20-37

# 2018 Avrupa → 18.5 GW / 4543 türbin

İngiltere	44%	8.183 MW / 1.975 türbin
Almanya	34%	6.380 MW / 1.305 türbin
Danimarka	7%	1.329 MW / 514 türbin
Belçika	6%	1.186 MW / 274 türbin
Hollanda	6%	1.118 MW / 365 türbin
Diğerleri	2%	303 MW / 110 türbin



TÜM KAPASİTENİN

%98

İNİ İLK 5 ÜLKE  
TEMSİL ETMEKTEDİR

## Türkiye'de Rüzgar Enerjisi

- Nüfus  $\propto$  Enerji İhtiyacı – Yıllık %8  $\uparrow$

- Zengin yenilenebilir enerji kaynakları

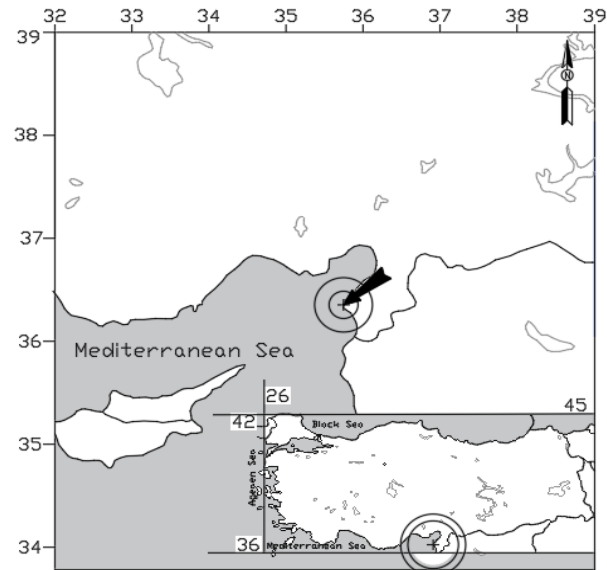


- İlk rüzgar türbininden bu yana (1998) - %6.78

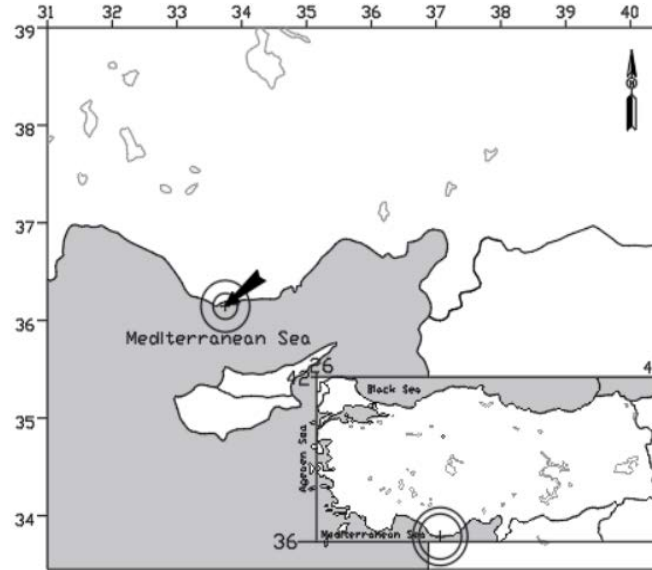
Açık deniz rüzgar enerjisi potansiyeli

**~ 10 GW**

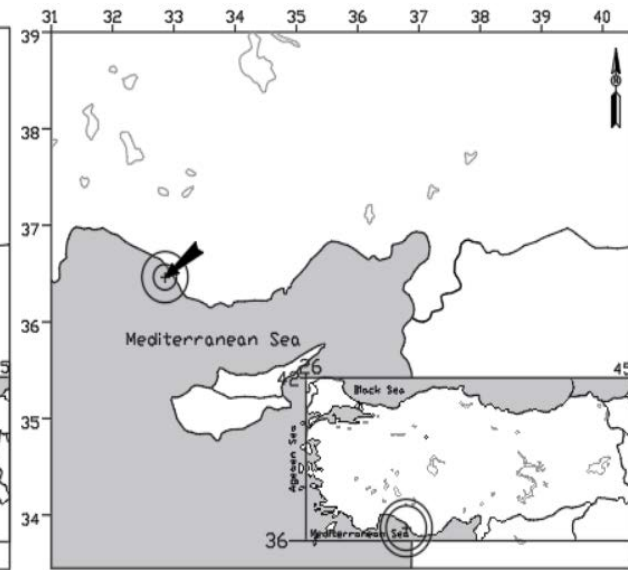
# AKINCI BURNU



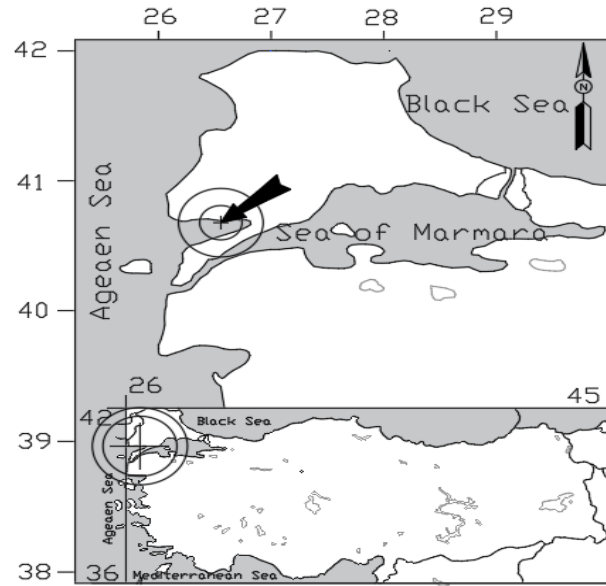
# ANAMUR



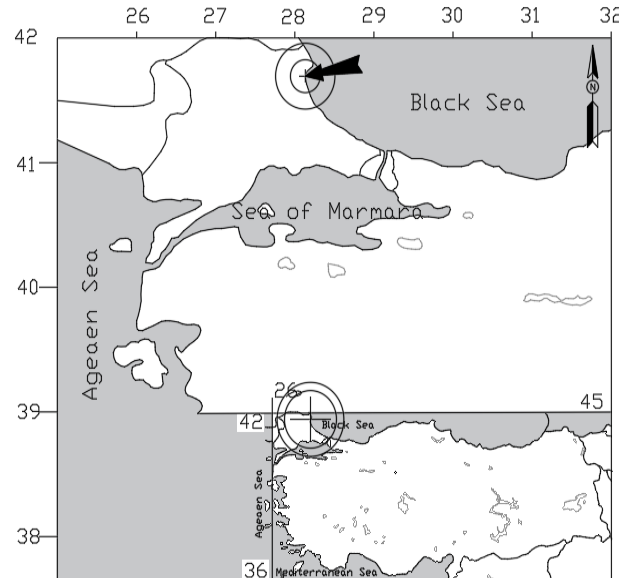
# ALANYA



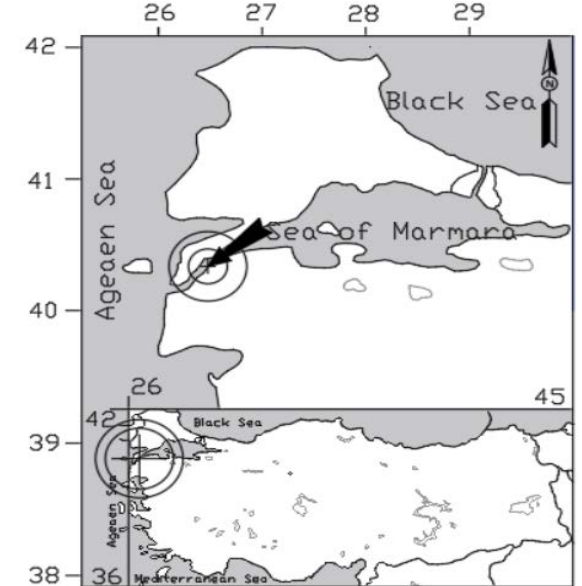
# SAROS KÖRFEZİ



# İĞNEADA



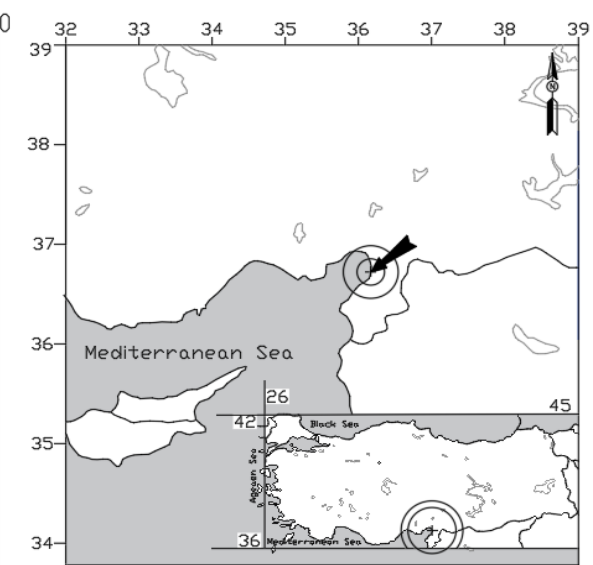
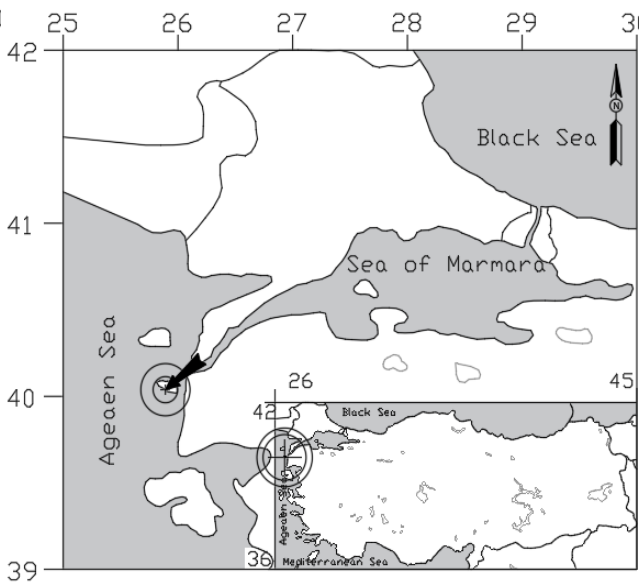
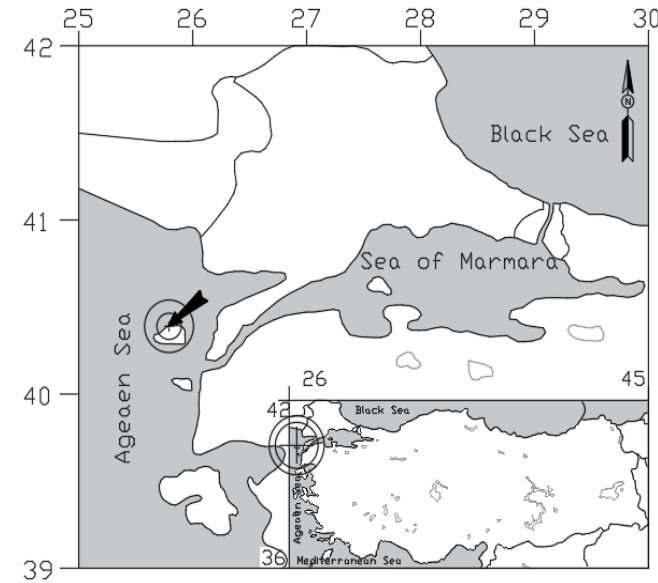
# BABABURNU



# GÖKÇEADA

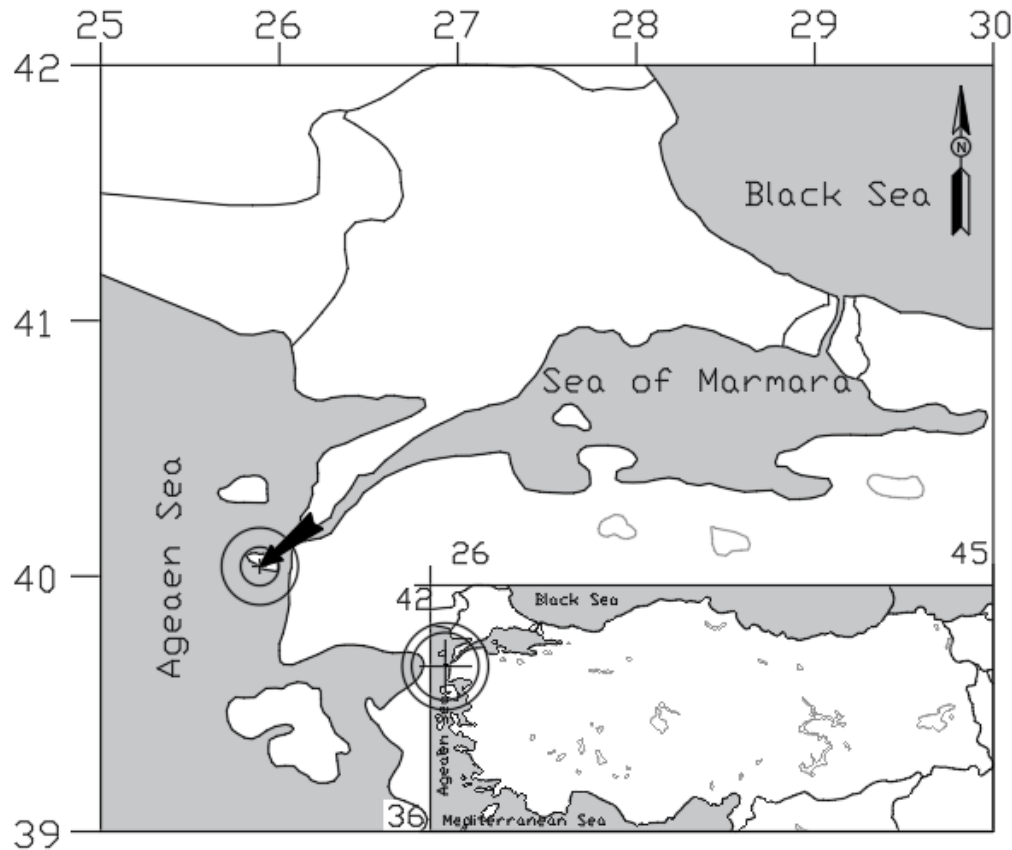
# BOZCAADA

# İSKENDERUN





# BOZCAADA





# TEŞEKKÜRLER

BARAN KAYA  
baran.kaya@metu.edu.tr