

Oligotrofik Sularda Trofik Durum Belirleme Uygulaması

Süleyman Tuğrul, Mehmet Salih Kaptan ve
Mustafa Koçak



ODTÜ- Deniz Bilimleri Enstitüsü
Erdemli-Mersin

Amaçlar:

- Ötrofikasyon göstergesi olan indikatörlerin bölgesel ve mevsimsel değişimlerinin Mersin Körfezi'nde izlenmesi (Chl-a, %O₂, TIN, TP ve Işık Geçirgenliği),
- Mersin Körfezinde trofik durum sınıflandırması: Veri Kümeleme, TRIX(Trofik Indeks),UNTRIX uygulamaları,
- Orijinal TRIX ile bölgeye uyarlanmış TRIX (TRIX-IMS) indeksi sınıflaması sonuçlarının karşılaştırması,
- UNTRIX uygulamasıyla körfezde su kalitesi sınıflaması ve “Referans koşullar”ın belirlenmesi.

Ötrofikasyon: İnsan kaynaklı girdilerle taşınan özellikle azot ve/veya fosfor iyonlarının sucul ortamda birikimine, biyokütle artışına ve ani plankton patlamalarına, biyo-çeşitlilikte kayıplara, bulanıklığının artmasına, yüzeyde aşırı doygunluk ve tabanda O₂ eksikliğine, bentik yaşamın bozulması ve önemli kayıplara neden olan bütünleşik olaylar sürecini tanımlar.

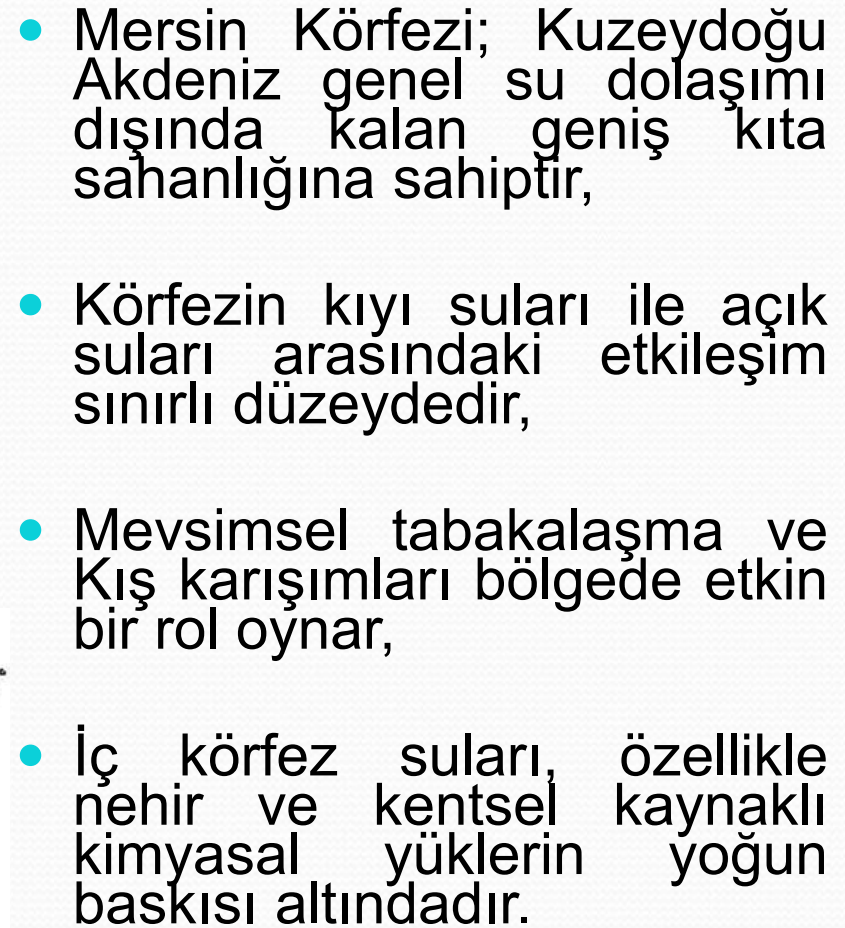
AŞIRI BESİN TUZLARI GİRDİSİ



ÖTROFİKASYON (Ötrofik durumun oluşması)

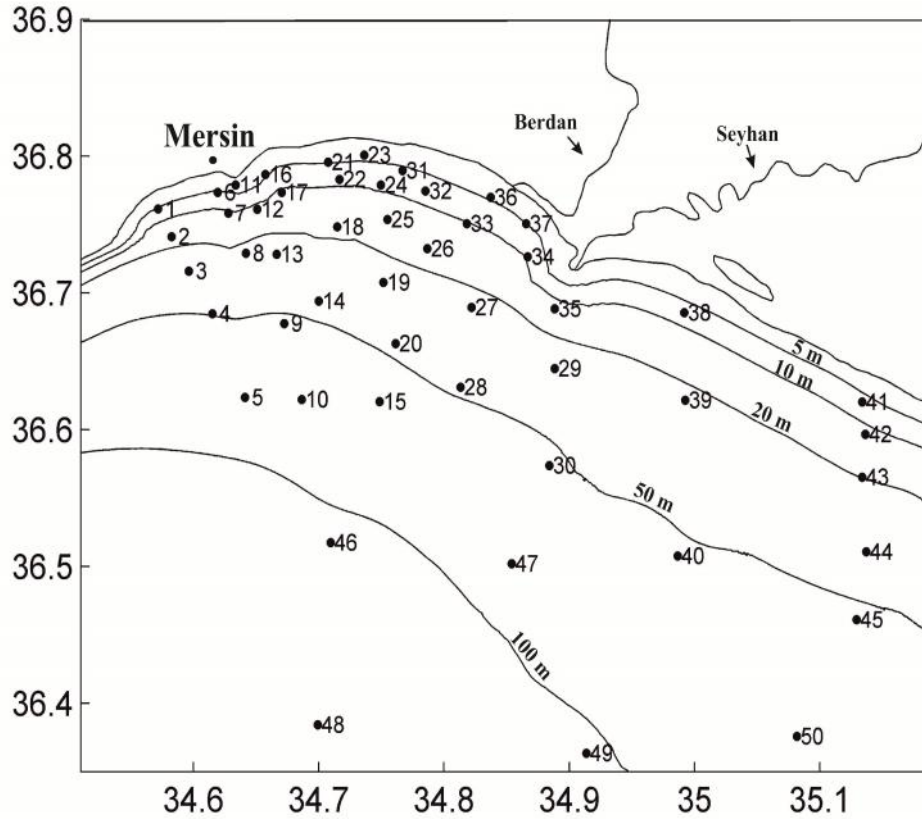
Yarattığı Ekolojik Değişimin Sonuçları:

Besin tuzları artışı → **Aşırı Plankton Çoğalması** → Zararlı alg patlamaları
→ **Bulanıklığın Artması (düşük SDD)** → **Biyolojik çeşitliliğin azalması** →
Yüzey sularında aşırı oksijen doygunluğu; fakat tabana yakın sularda belirgin oksijen eksikliği → **Bentik türlerde önemli kayıp.**



- Mersin Körfezi; Kuzeydoğu Akdeniz genel su dolaşımı dışında kalan geniş kıta sahanlığına sahiptir,
- Körfezin kıyı suları ile açık suları arasındaki etkileşim sınırlı düzeydedir,
- Mevsimsel tabakalaşma ve Kış karışimleri bölgede etkin bir rol oynar,
- İç körfez suları, özellikle nehir ve kentsel kaynaklı kimyasal yüklerin yoğun baskısı altındadır.

Çalışma Alanı, Zamanı ve İstasyon Haritası:



- Eylül 2008 - Şubat 2011
- **12 Sefer**
- 50 İstasyon
- **Su kolonunda ölçümler**
- Ötrofikasyon belirleme için yüzey suyu ölçümleri kullanıldı.

Uygulanan İstatistiksel Teknikler:

- Mersin Körfezi yüzey sularından toplanan veri setine uygulanan Cluster (Kümeleme) Analizi,
- Veri seti inceleme aşamaları:
 - En düşük ve en yüksek (ekstrem) verilerin ayırımı,
 - Veri setlerinin frekans dağılımlarının incelenmesi,
- Kruskal-Wallis testi (İstatistiksel olarak anlamlılık düzeyi testi)

Trofik İndeks (TRIX) Hesaplanması:

- Trofik İndeks (TRIX) (Volleinweider *ve diğ.*, 1998) kıyı yüzey sularının trofik durumunun (ötrofikasyon) sınıflandırılmasında kullanılan bir skaladır. Akdeniz'de ilk uygulaması karasal girdilerin etkin olduğu Adriyatik Denizi kıyı sularıdır.
- TRIX İndeksi, besin tuzlarından Toplam Fosfor (TP) ve Toplam İnorganik Azot (TIN), planktonik biyokütle kanitatif indikatörü Klorofil-a (Chl-a) ve fotosentez yoğunluğu göstergesi Oksijen derişiminin doygunluk değerinden farkını (aD%O) gösteren parametreleri içeren logaritmik bir hesaplama metodudur.

$$\text{TRIX İndeks} = (\text{Log (TP* TIN* Chl-a* aD\%O)} - b) / a$$

a, b: denklem sabitleri (0-10 skalası için),

Skalalandırılmamış Trofik İndeks (UNTRIX):

Pettine ve diğ. (2007), TRIX denklemindeki a ve b sabitlerini kullanmadan trofik kalite sınıflaması yaklaşımını geliştirdi:

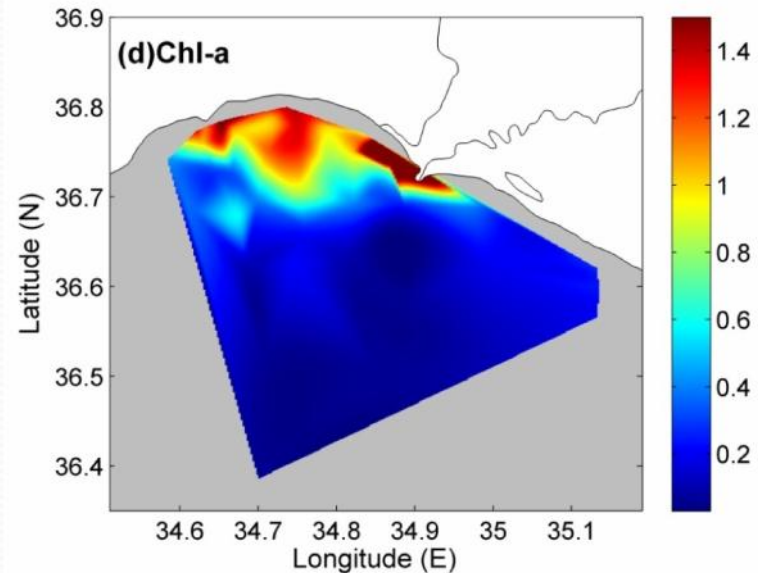
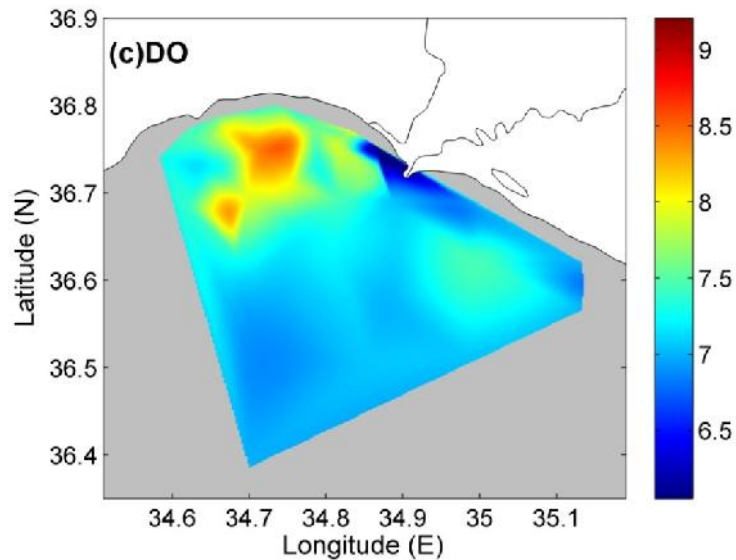
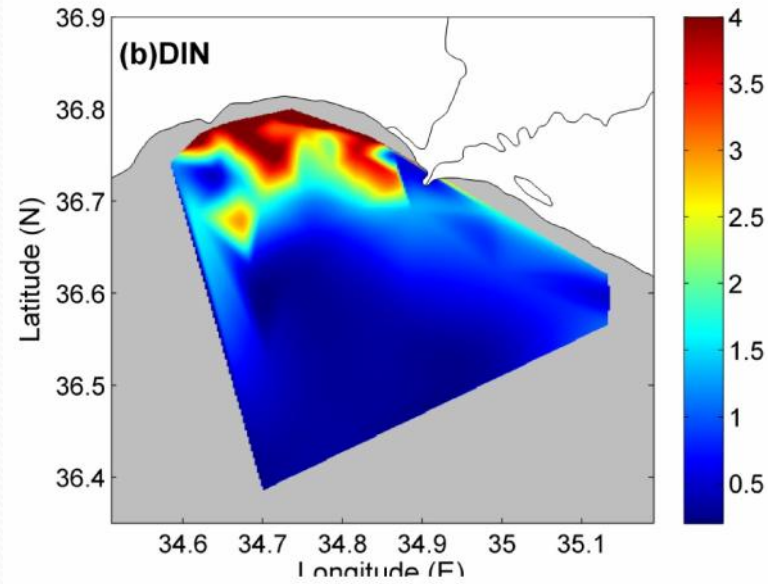
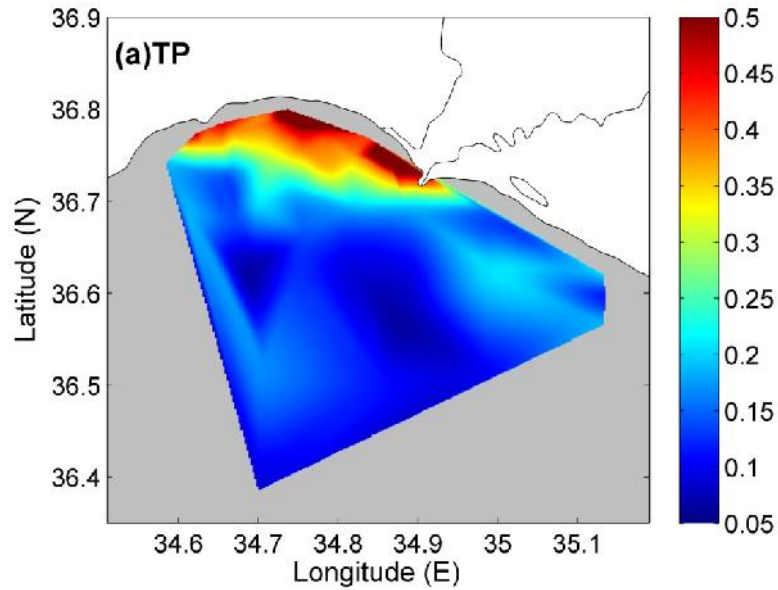
$$\text{UNTRIX} = \text{Log} (\text{TP} * \text{TIN} * \text{Chl-a} * \text{aD}\% \text{O})$$

$$\text{TQR}_{\text{TRIX}} = 50\text{th of UNTRIX}_{\text{referans bölge}} / 75\text{th of UNTRIX}_{\text{etkilenmiş bölge}}$$

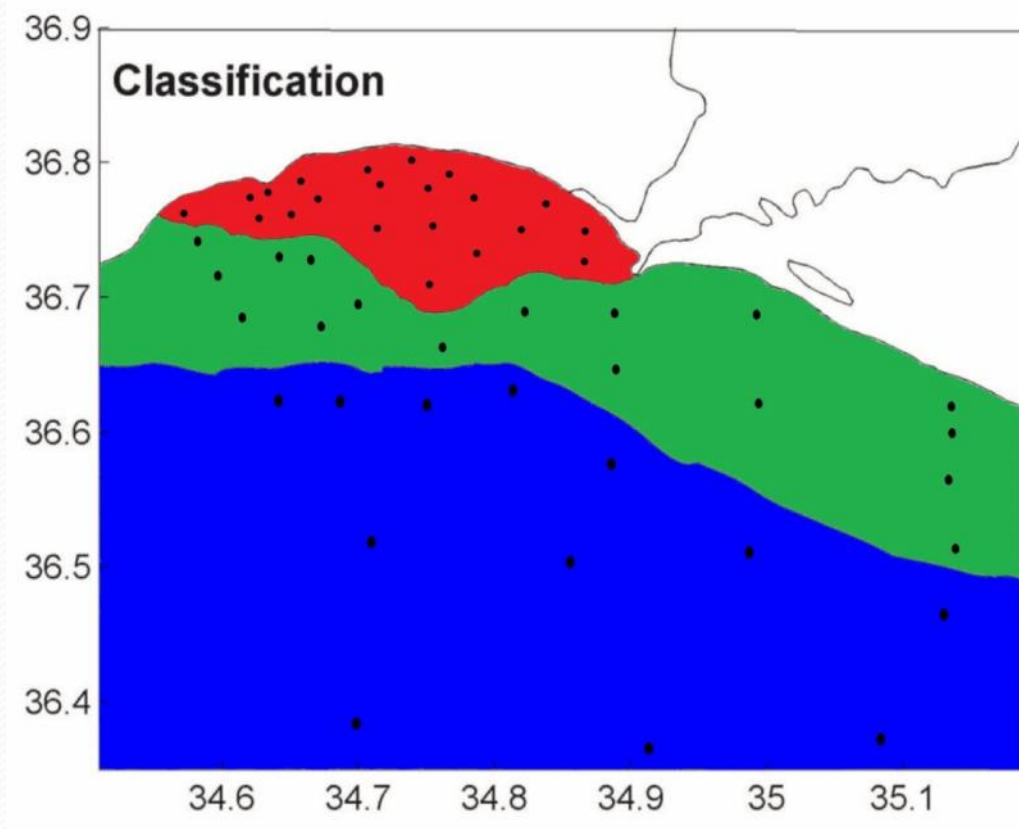
TQR_{TRIX} Trofik Skalası

TQR_{TRIX} değeri	Trofik Sınıflandırma	
0.00-0.29	Çok Kötü	(bad)
0.30-0.49	Kötü	(poor)
0.50-0.69	Orta	(moderate)
0.70-0.84	İyi	(good)
0.85-1.00	Çok İyi	(high)

Sonuçlar: Yüzey suyu yıllık ortalama dağılımları



Kümeleme Analizi Sonuçları:



**İlişkileri incelenen
parametreler:**

TP, TIN, Chl-a, ÇO, SDD ve
Tuzluluk.

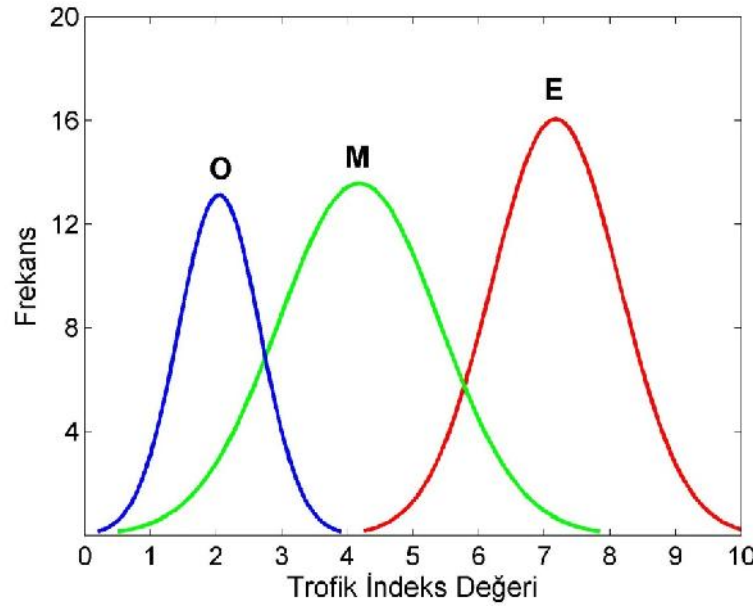
Çıkan Sonuçlar:

3 farklı trofik durumun
(**Ötrofik**, **Mesotrofik**,
Oligotrofik suların)
varlığı.

TRIX'in Doğu Akdeniz'e Uyarlanması:

Parametreler	Min log birim	Max log birim	Log birim aralığı	Log birim aralığı / 10
1.Chlorophyll-a	- 1.456 (0.035)	0.452 (2.832)	1.908	0.191
2. aD%O abs[100-%O]	- 0.264 (0.545)	1.283 (19.19)	1.547	0.154
3.Çözünmüş İnorganik Azot[N(NO ₃ ⁻ +NO ₂ ⁻ +NH ₄ ⁺)]	0.447 (2.8)	2.253 (179.34)	1.806	0.181
4.Toplam Fosfor [TP]	0.224 (1.674)	1.374 (23.684)	1.150	0.115
Parametrelerin logaritmik toplamaları	- 1.049	5.362	6.411	0.641

$$\text{TRIX-IMS} = [\text{Log (TP * TIN * Chl-a * aD\%O)} - (-1.05)] / 0.64$$

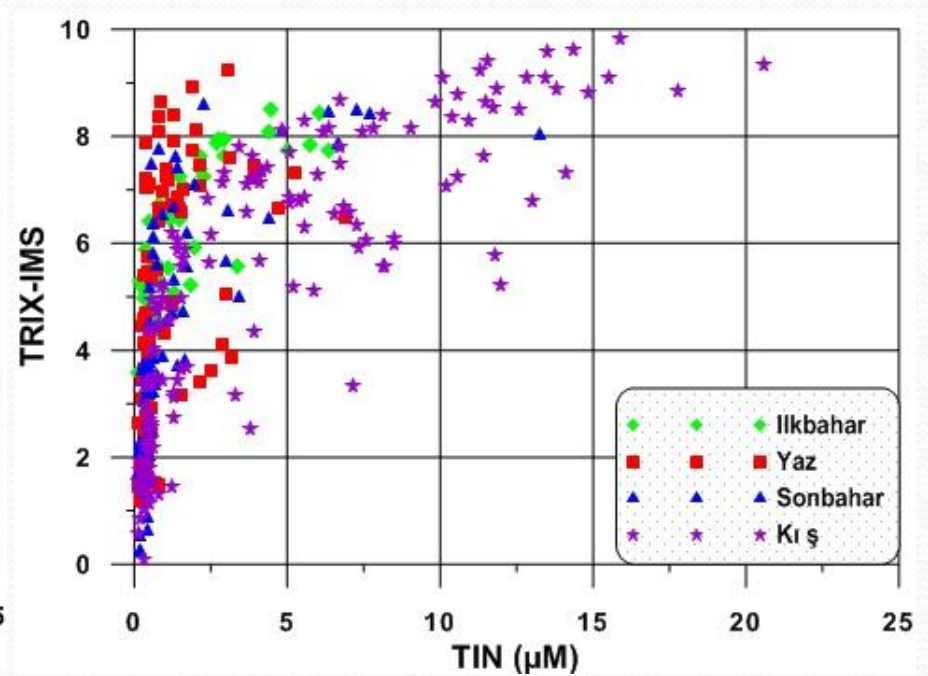
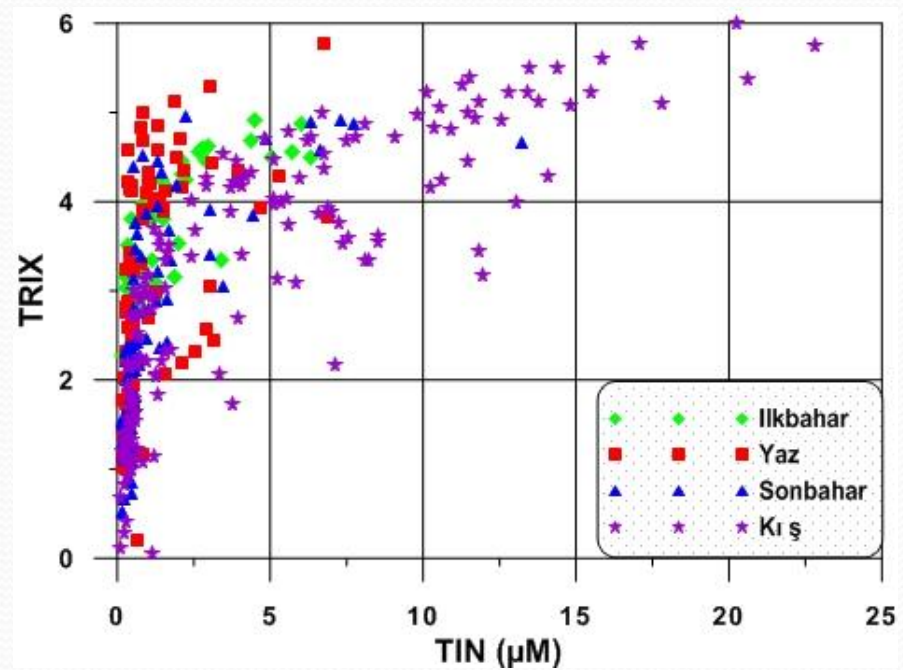
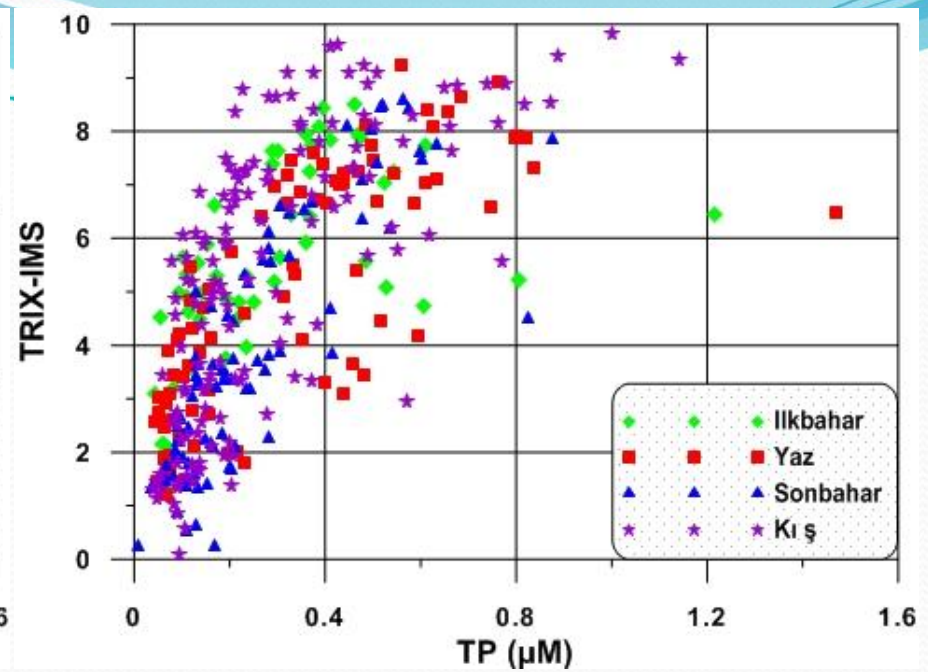
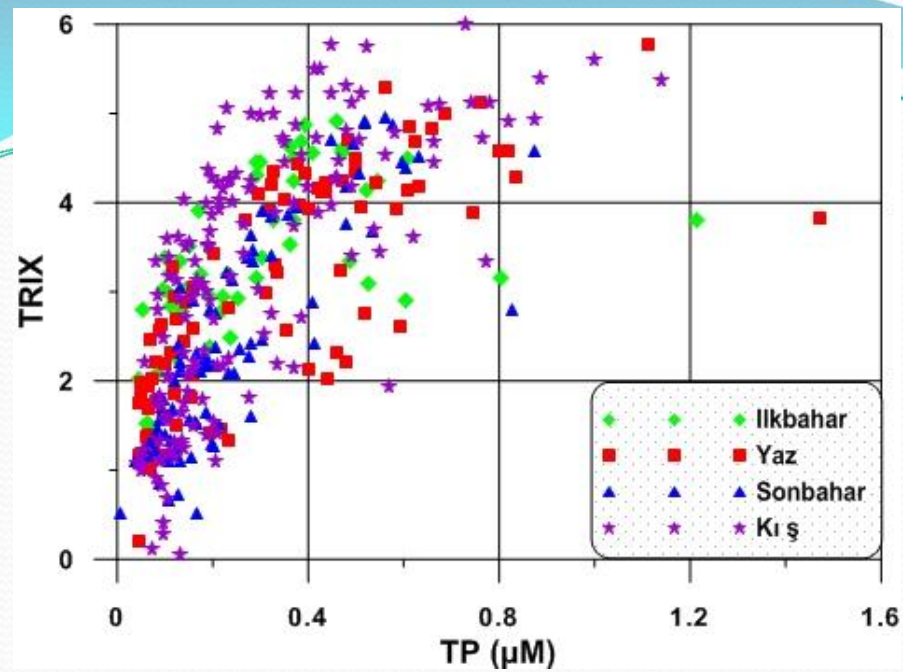


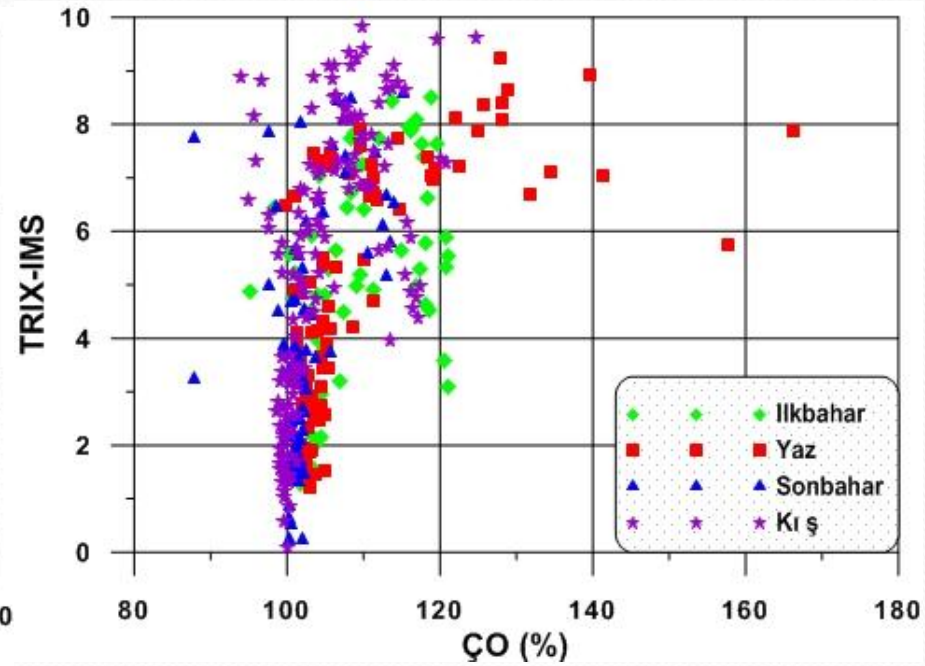
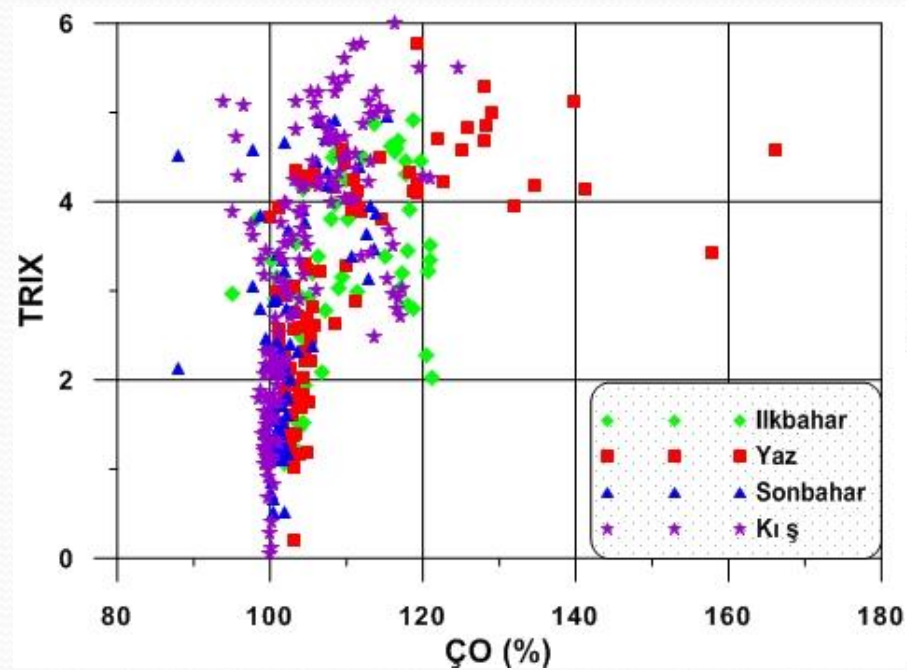
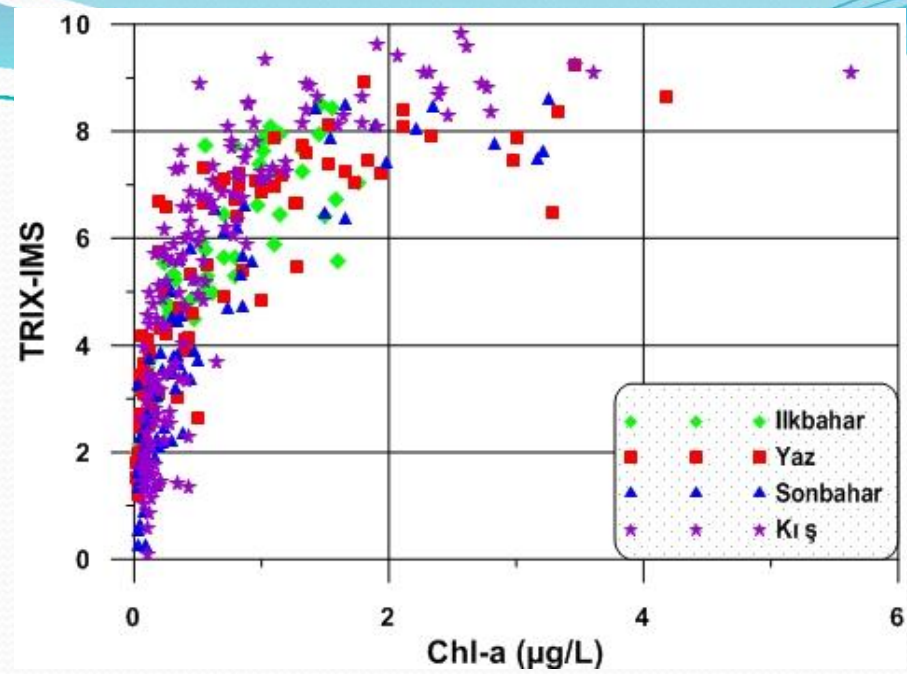
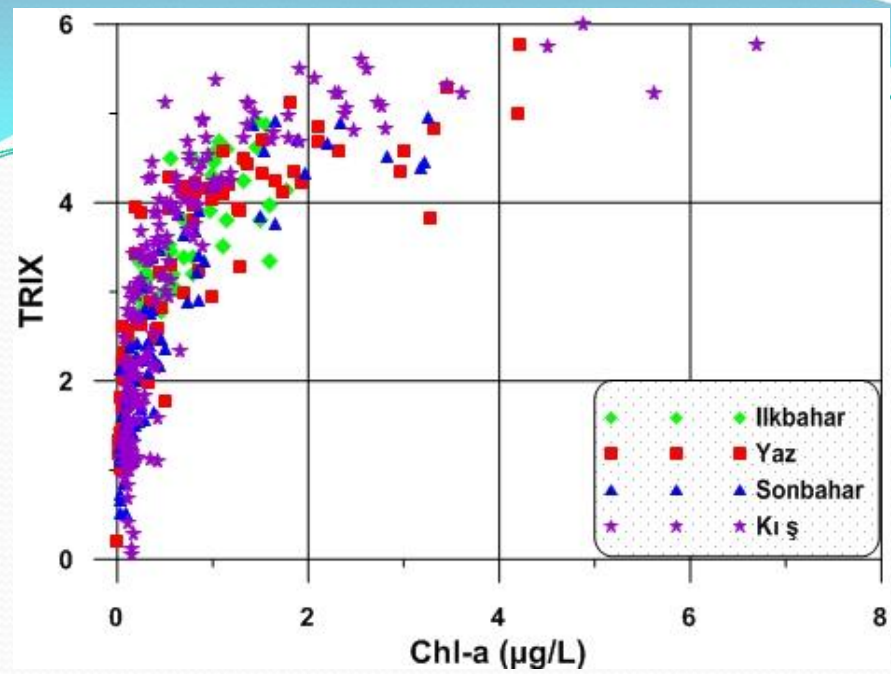
O - Oligotrofik,
M - Mesotrofik,
E – Ötrofik Su Kütlesi

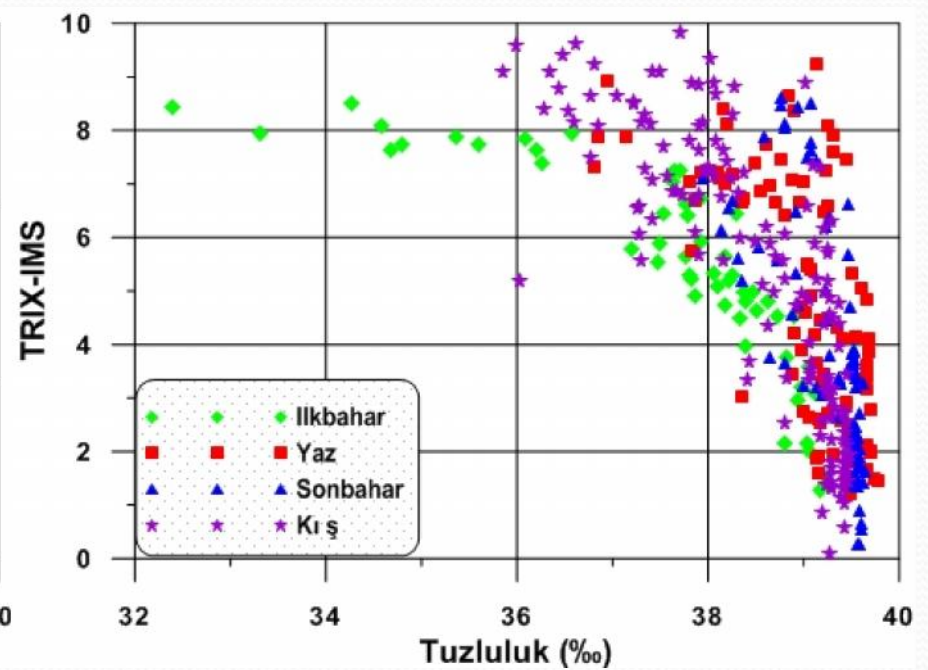
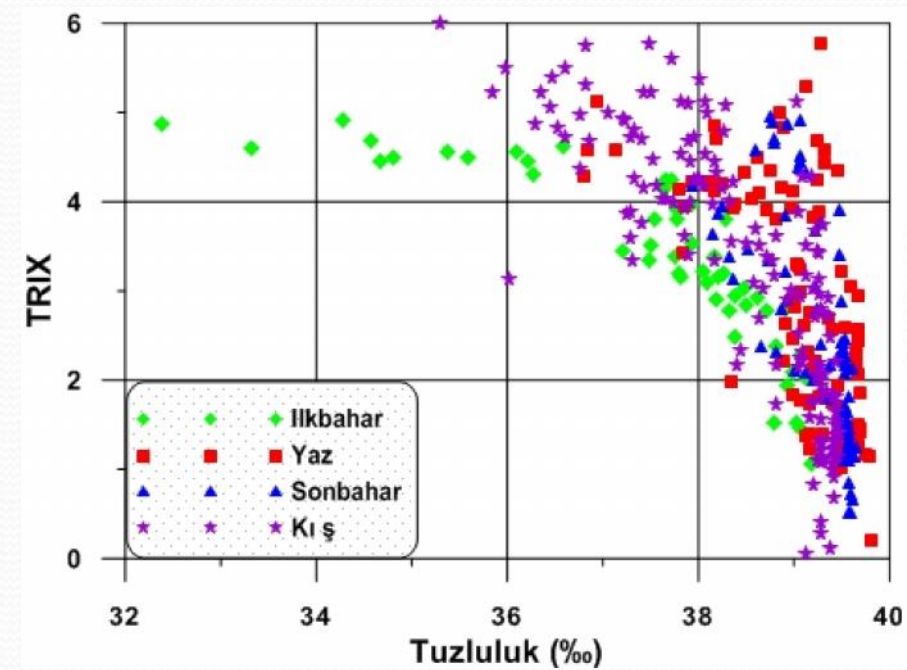
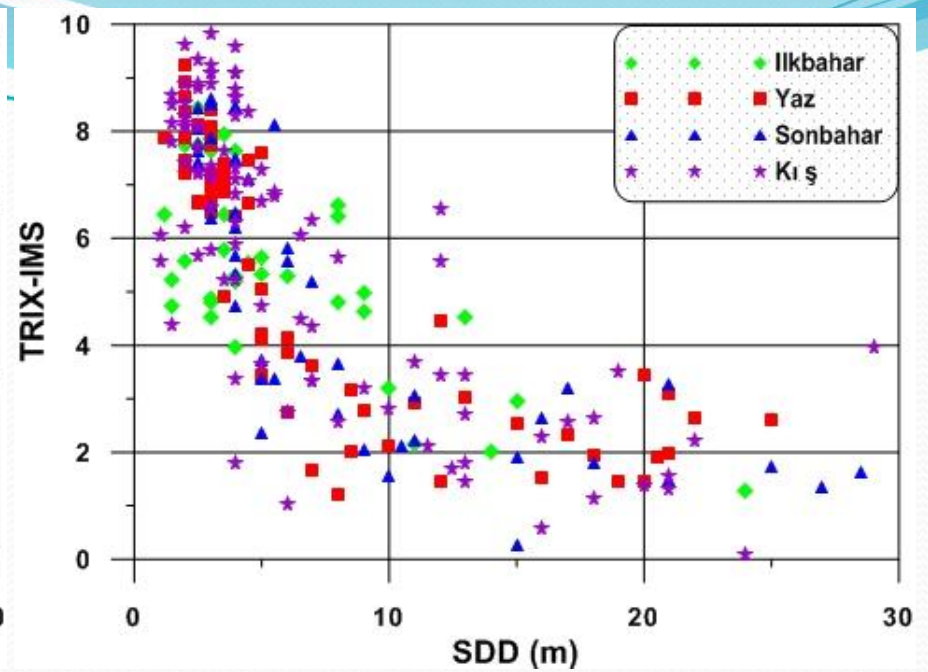
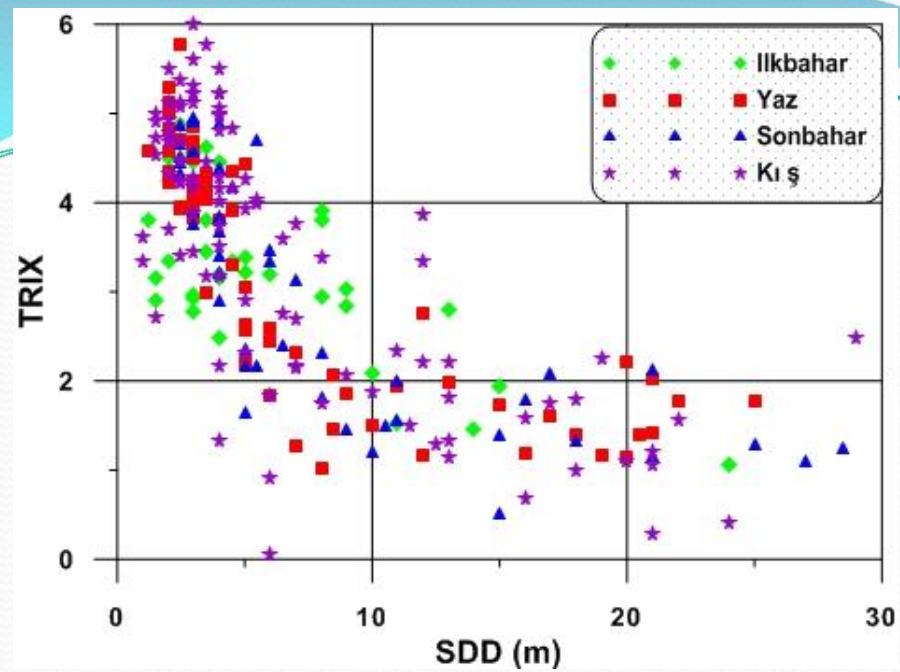
Çalışma Alanı:	Adriyatik Denizi	Ege Denizi	Kuzeydoğu Akdeniz (Mevcut Çalışma)			
Su Kalitesi	TRIX Skalası ^a	TRIX Skalası ^b	Ortalama değer	Std. Sap.	Aralık	Önerilen Skala
Ultra Oligotro.	< 2.0	<1.6				< 1.5
Oligotrofik	2.0 – 4.0	1.6 – 2.8	2.1	0.6	1.5 – 2.7	1.5–3.0
Mesotrofik	4.0 – 6.0	2.8 – 4.0	4.2	1.2	3.0 – 5.4	3.0–6.0
Ötrofik	6.0 – 8.0	4.0 – 5.3	7.2	1.0	6.2 – 8.2	6.0–8.0
Distrofik	8.0 <	5.3				8.0 >

^aPettine ve diğ. (2007)

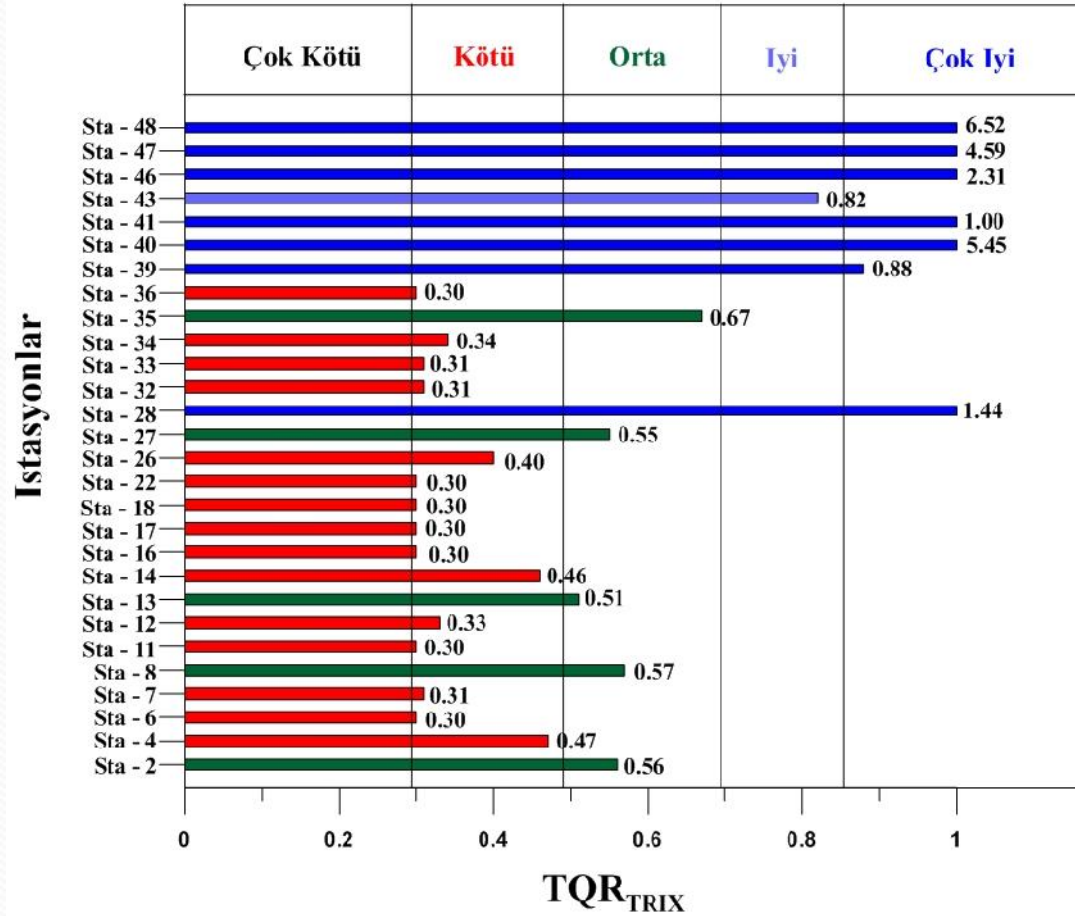
^bPrimpas ve Karydis (2010)







UNTRIX Sonuçları:

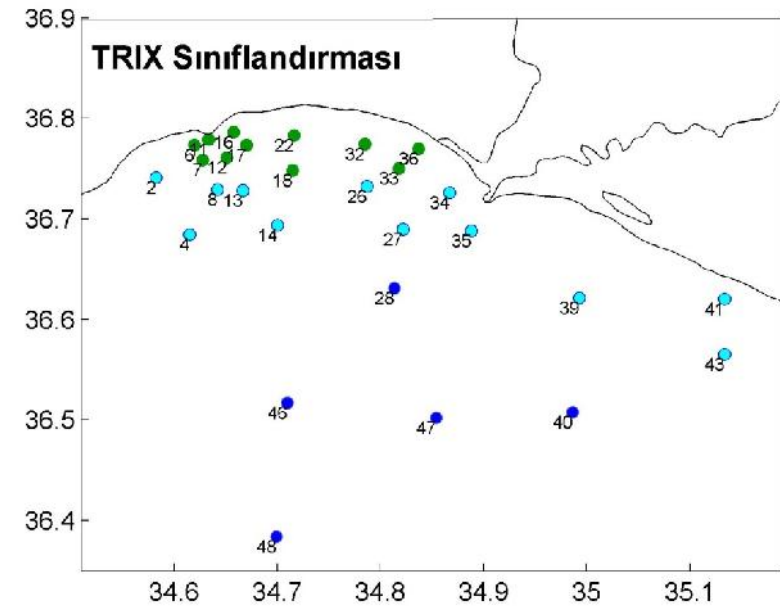
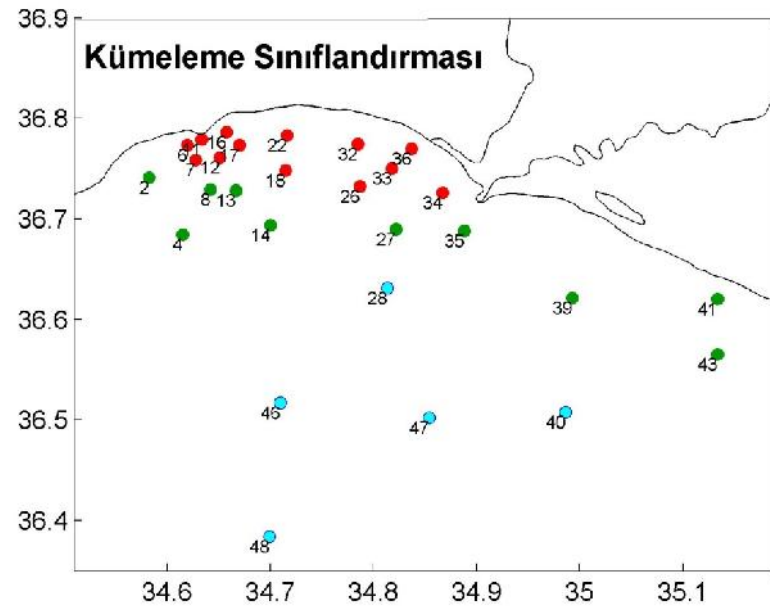


Çalışılan istasyon sayısı: 28
İstasyon

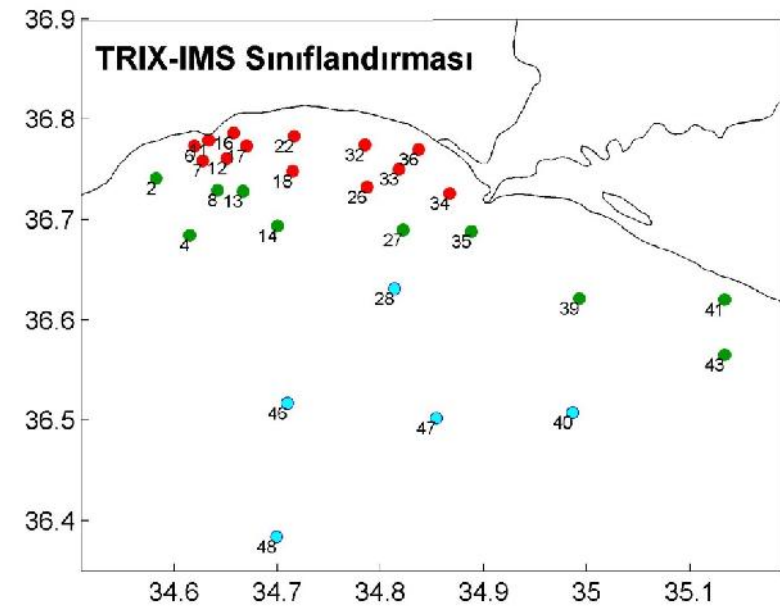
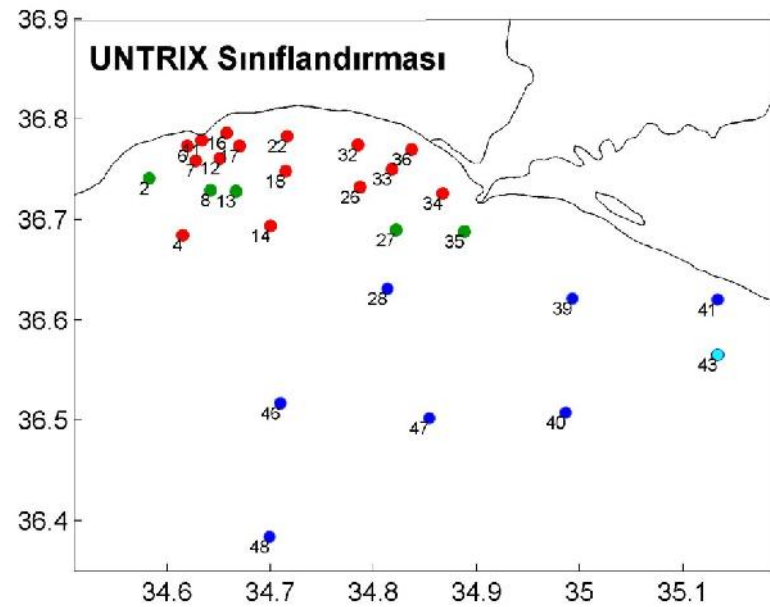
Referans İstasyonları:
Sta-28
Sta-39
Sta-41

$$\text{UNTRIX} = \text{Log} (\text{TP} * \text{TIN} * \text{Chl-a} * \text{aD}\% \text{O})$$

$$\text{TQR}_{\text{TRIX}} = 50\text{th of UNTRIX}_{\text{referans bölge}} / 75\text{th of UNTRIX}_{\text{etkilenmiş bölge}}$$



Kırmızı: Ötrofik Bölge, Yeşil: Mesotrofik Bölge, Turkuaz: Oligotrofik Bölge, Mavi: U-Oligotrofik Bölge



		TRIX	Kümeleme Analizi	TRIX-IMS	UNTRIX
TP (μM)	E		0.45 ± 0.23	0.41 ± 0.08	0.37 ± 0.09
	M	0.45 ± 0.12	0.2 ± 0.13	0.18 ± 0.02	0.17 ± 0.02
	O	0.20 ± 0.07	0.12 ± 0.08	0.10 ± 0.03	0.15 ± 0.05
		TRIX	Kümeleme Analizi	TRIX-IMS	UNTRIX
TIN (μM)	E		4.83 ± 5.74	3.81 ± 1.38	3.56 ± 1.3
	M	4.41 ± 1.81	1.73 ± 2.45	1.34 ± 0.59	1.14 ± 0.39
	O	1.51 ± 0.75	0.50 ± 0.75	0.37 ± 0.09	0.62 ± 0.37
		TRIX	Kümeleme Analizi	TRIX-IMS	UNTRIX
aD%O	E		9.48 ± 9.64	9.15 ± 1.61	8.69 ± 1.80
	M	8.82 ± 2.0	5.19 ± 6.20	4.34 ± 2.08	4.34 ± 1.30
	O	4.90 ± 2.47	4.17 ± 5.72	1.93 ± 1.17	2.44 ± 1.34
		TRIX	Kümeleme Analizi	TRIX-IMS	UNTRIX
Chl-a ($\mu\text{g/L}$)	E		1.31 ± 1.11	1.23 ± 0.47	0.99 ± 0.34
	M	1.30 ± 0.44	0.37 ± 0.41	0.37 ± 0.18	0.34 ± 0.08
	O	0.41 ± 0.21	0.14 ± 0.16	0.11 ± 0.07	0.13 ± 0.08
		TRIX	Kümeleme Analizi	TRIX-IMS	UNTRIX
SDD (m)	E		3.42 ± 1.71	3.23 ± 0.63	3.75 ± 1.20
	M	3.03 ± 0.71	6.58 ± 3.09	6.03 ± 1.25	6.17 ± 1.28
	O	5.72 ± 0.46	17.24 ± 5.46	17.64 ± 3.91	13.81 ± 1.66
		TRIX	Kümeleme Analizi	TRIX-IMS	UNTRIX
Tuzluluk (‰)	E		38.01 ± 0.45	37.92 ± 0.58	37.90 ± 0.51
	M	37.95 ± 0.61	38.95 ± 0.37	38.93 ± 0.40	38.93 ± 0.30
	O	38.80 ± 0.46	39.35 ± 0.15	39.27 ± 0.10	39.27 ± 0.17

Sonuçlar:

- **Mersin Körfezi kıyı sularında TP, TIN ve Chl-a derişimleri 5-10 kat artmıştır. Işık geçirgenliği 5 kat azalmıştır.**
- **Trofik İndeks (TRIX) skalası, referans değerleri mezotrofik özellik gösteren Adriyatik sulara göre geliştirilmiş olması, oligotrofik Kuzeydoğu Akdeniz kıyı sularının ötrofik durum sınıflaması için yeterince hassas olmadığı görülmüştür.**
- **TRIX İndeksi, Doğu Akdeniz'e uygulaması için özel katsayılarla (a, b) yaklaşık olarak 0-10 skalasına uyarlanmıştır,**
- **Kuzeydoğu Akdeniz için geliştirilen TRIX-IMS, UNTRIX ve Kümeleme Analizi sonuçları birbiri ile uyumluluk göstermektedir.**
- **Verilerin artırılmasıyla, benzer özelliklere sahip doğu Akdeniz ve Ege Denizi için TRIX uyarlamaları yapılabilir.**