

Atıksu Arıtma Tesisinin Diyatom (Bacillariophyceae) Tür Kompozisyonuna Etkileri

*Fatma Çolak Sabancı, Tufan Koray

Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Temel Bilimler Bölümü, Bornova, 35100, İzmir, Türkiye
*E mail: fatma.sabanci@ege.edu.tr

Abstract: *Influence of the sewage treatment plant on Diatom (Bacillariophyceae) species composition in Izmir Bay.* Phytoplankton species composition of Izmir Bay, the eutrophic bay of Aegean Sea, was examined seasonally and qualitatively at 14 stations in 1998, 2002, 2001 and 2002. According to the results of the study, species belonging to 4 algae classes, namely Cyanophyceae, Dinophyceae, Dictyophyceae and Bacillariophyceae and species of a protozooplankton class, Ciliata, were identified. Among these, Dinophyceae was found to be predominant in species number compared to the other classes. Following the activation of Çiğli Sewage Treatment Plant in 2000, significant changes were detected to occur in species diversity. Hierarchical clustering of the identified species on qualitative species matrices and multi-dimensional scaling analyses were used to determine species associations and to find out the similarities among the stations.

Key Words: Hierarchical clustering, MDS, diatom species composition.

Özet: Ege denizi'nin ötrofik körfezi olan İzmir Körfezi'nin fitoplankton tür kompozisyonu 1998-2000-2001 ve 2002 yıllarında iç, orta, dış körfezde yer alan 14 istasyonda mevsimsel ve kalitatif olarak incelendi. Bu araştırmanın sonuçlarına göre, İzmir Körfezi'nde Cyanophyceae, Dinophyceae, Dictyochophyceae, Bacillariophyceae olmak üzere 4 alg sınıfı ve Ciliata olmak üzere bir protozooplankton sınıfına ait türler saptanmıştır. Bu sınıflar içerisinde tür sayısı bakımından Dinophyceae sınıfının diğer sınıflara oranla daha baskın olduğu bulunmuştur. Çiğli Atık Su Arıtma Tesisi ünitesinin 2000 yılının sonlarında devreye girmesini takiben tür çeşitliliğinde önemli düzeyde değişimler olduğu saptandı. Saptanan türlerin kalitatif tür matrisi üzerinde gerçekleştirilen hiyerarşik kümelendirme ve çok boyutlu ölçeklendirme analizlerinin sonuçlarına göre, tür assosiyasyonlarının belirlenmesi ve istasyonlar arasındaki benzerliklerin çıkartılması amaçlandı.

Anahtar Kelimeler: Hiyerarşik kümelendirme, MDS, diyatom tür kompozisyonu.

Giriş

Karasal kökenli girişlerin sonucu olarak eutrofikasyon birçok akuatik sistemde rapor edilmiştir (Smith ve diğ., 1999). İzmir körfezi'nin Akdeniz havzası içerisinde evsel ve endüstriyel atıkların etkisiyle ileri derece de kirlenmiş önemli bir odak noktası olduğu bilinen bir gerçektir (Koray ve Cihangir, 2002). Yıllardan beri artan nüfus, endüstriyel ve evsel atıklar, zirai bölgelerden gelen akarsuların getirdiği tarımsal mücadele ilaçları ve diğer kimyasal atıklar, deniz trafiği ve tanker taşımacılığı İzmir körfezi'ndeki kirliliği maksimum seviyeye çıkarmıştır (Unep, 1994). İç Körfez'de özellikle karasal kökenli girişlerin olması ve su sirkülasyonunun körfezin diğer bölgelerinden daha düşük olması sebebiyle bu kesimde mikroplankton topluluk yapısını etkileyen hiperötrofikasyon düzeyine ulaşmıştır (Çolak Sabancı ve Koray, 2001).

Deniz ekosistemleri hakkındaki biyolojik araştırmaların en önemli bölümünü planktonik ekosistem üzerine gerçekleştirilen araştırmalar oluşturmaktadır. Fitoplanktonik organizmalar farklı ortam koşullarına farklı cevaplar vermekte ve bu durumda ortama bazı türler ilave olurken bazı türler ortadan kalkmaktadır. Bu olay, aslında tür kompozisyonu ve topluluk yapısı değişimlerinin kombinasyonu ile fiziksel ortamın değişim sürecini kapsar. Fiziksel ortam değiştiğinde topluluğa yeni koşullarla uyumlu türler ilave olurken koşullara

uymayan bazı türler yok olur (Odum,1971). Bu süreç doğal koşulların korunduğu bölgelerde öylesine düzenlidir ki, yılın belirli dönemlerindeki hücre yoğunlukları matematiksel olarak modellenilebilirler (Evans ve Parslow, 1985, Evans, 1988). İlkbahar aylarında diyatomların, yaz aylarında flagellatların bol oldukları bilinmektedir (Bougis, 1976; Smayda, 1980). Kirlenmenin aşırı olarak gözlemlendiği sularda canlı yaşamının ne düzeyde etkilendiğini belirlemek amacıyla mikroplanktonik organizmalar son yıllarda kirlenme kaynaklarının saptanmasında da kullanılmaya başlanmıştır (Koray ve diğ., 1999). Mikroplanktonik organizmaların tür çeşitliliğindeki değişimler ile kirliliğin türler üzerine yapmış olduğu etki düzeyi birbirleri ile ilişkidir ve belirli bir bölgedeki kirliliğin zaman içerisindeki etkilerinin saptanmasında belirleyici faktör olmaktadır (Koray ve Kesici,1994).

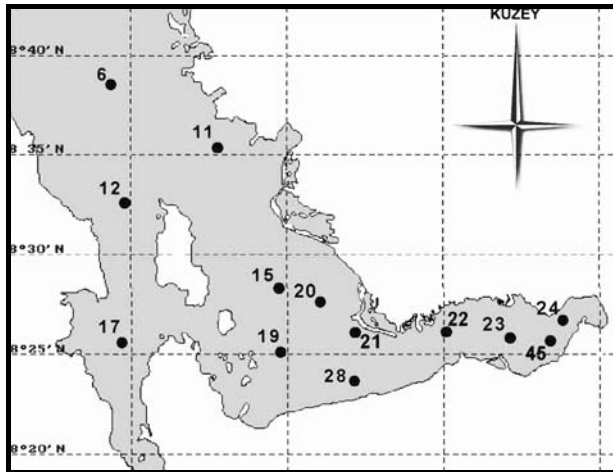
2000 yılından itibaren azot ve fosfor arıtma üniteleri ile devreye giren Çiğli Atıksu Arıtma Tesisi, körfezin mevcut kirlilik yüklerini indirgemek amacıyla Büyük Kanal Projesi kapsamında inşa edilmiştir. Bu tesis günümüzde % 60 düzeyinde aktive göstermekle birlikte, bir yıl içerisinde İzmir Körfezinde gözle görülebilir bir düzelme sağlamıştır.

Bu çalışmanın amacı, İzmir Körfezi fitoplanktonunun biyomasını ve tür diversitesini kontrol eden faktörlerin ışığında, 1998-2002 yılları arasında İzmir Körfezi diyatom türlerinin tanımlanması, atıksu arıtma ünitesinin devreye girmeden ve girdikten

sonraki tür kompozisyonunun değişimleri incelenmiştir ve fitoplankton üzerindeki muhtemel etkilerinin hangi düzeyde olduğunun saptanması gelecek hakkında tahminler üretilmesi için gereklidir.

Materyal ve Yöntem

Türkiye'nin en büyük doğal körfezi olan İzmir Körfezi Ege Denizi'ne açılan kapalı bir körfezdır ve körfezin yüzey alanı 500km², su kapasitesi 11.5 milyon m³ ve toplam 64 km uzunluğa sahiptir (Kontaş ve diğ., 2004). Topografik olarak İzmir körfezi 3 bölüm altında incelenir; iç körfez, orta körfez ve dış körfezdır. Karaburun Yarımadası ile Gediz Deltası arasında kuzeybatı-güneydoğu doğrultusunda uzanan daha geniş ve daha derin kesimi dış körfez olarak adlandırılır. Uzunluğu 45 km olan dış körfezin genişliği ağız kesiminde 24 km'yi bulur. Dış körfezin derinliği 45 ile 70 m arasında değişir. En derin yeri ağız kesiminde (Foça-Karaburun arası) 71 m'ye ulaşır. İç ve orta körfezde derinlik doğudan batıya doğru giderek artar. İç körfezin en derin yeri orta kesimlerde yer alır ve 21 m civarındadır (Anon., 1997) (IMST, 1999) Günümüze kadar iç körfez de arıtılmadan deniz ortamına verilen evsel atıklar, dış körfez de ise Gediz Nehri'nin Ege ovalarını yıkayarak getirdiği tarımsal ve endüstriyel kökenli atıklar bölgeyi tehdit edici öğelerdir. Ancak atık su arıtma tesisinin büyük ölçüde devreye girmesiyle, iç körfezdeki evsel ve endüstriyel atık girdisinin önüne geçilmiştir (Koray ve Cihangir, 2002).



Şekil 1. Örnekleme istasyonları

Körfezin su kalitesini etkileyen başlıca kirlenmeler organik madde, askıdaki madde, hidrokarbonlar, metaller ve patojenik organizmalardır. Bu kirlenmelerin körfeze ulaşma yolları (Balkas ve Tuncer 1989); evsel ve endüstriyel atıklar (%50), yağış (%15), körfez aktiviteleri ve gemi trafiği (%4), nehir ve akarsu (%10), erozyon (%8), tarımsal kaynaklar (%10) ve diğer kaynaklar (%3) şeklinde özetlenir.

Kalitatif örneklemede her bir istasyondan horizontal örnekler alınmış ve örneklerin alınmasında 55 µm Hydro-Bios tipi plankton kepçesi kullanılmıştır. Örnekleme 2 knot hızla

ve 10 dakikalık plankton çekimleri şeklinde gerçekleştirilmiştir. Her bir istasyondan alınan plankton örnekleri cam kavanozlara boşaltılmış ve sonuç konsantrasyonu % 4 olacak şekilde nötral formaldehit ile fiks edilmiştir.

Mikroplankton türleri OLYMPUS BX-50 ve NIKON LABOPHOT-2A araştırma mikroskoplarında yapılan incelemelerle tayin edilmiş ve her bir hücreli mikroplankton sınıfı kendi içinde alfabetik liste haline getirilmiştir. (Hasle ve Syversten, 1990, Heimdal 1990, Steidinger ve Tangen 1990, Thronsen 1990, Faust ve Gullledge, 2002). Tür listesi ve 0-1 matrisi her istasyon için oluşturulduktan sonra, hiyerarşik kümelenme (HC) ve çok boyutlu ölçeklendirme analizleri (MDS) bu matris üzerinde gerçekleştirildi (Bayne ve diğ., 1988, FAO, 1988). İstasyonların arası ilişkilerin belirlenebilmesi ve yorumların kolaylaştırılması amacı ile bu alanda kullanılan ekometrik yöntemlerden yararlanılmış ve Bray-Curtis assosiyasyon katsayısı ile hazırlanan dendogramlar kullanılmıştır. Bu amaçla Primer-5 hazır bilgisayar programları tercih edilmiştir.

Bulgular

Bu çalışmada, İzmir Körfezi'nin (enlem 38° 20' N, boylam 26° 30' E ve enlem 38° 40' N boylam 27° 10' E) bir hücreli mikroplankton grubu topluluk yapısı seçilen 14 istasyondan (İst. 6, İst. 11, İst. 12, İst. 13, İst. 15, İst. 17, İst. 19, İst. 20, İst. 21, İst. 22, İst. 23, İst. 24, İst. 28 ve İst. 45) kalitatif olarak 1998-2000-2001 ve 2002 yıllarında mevsimsel olarak incelenmiştir.

İzmir körfezi'nde yürütülen bu çalışmada Bacillariophyceae sınıfına ait 36 cins, 82 tür, 2 varyete ve 3 forma saptanmıştır. Diyatomlardan *Chaetoceros* spp. (14 tür), *Rhizosolenia* spp. (8 tür) diğer cinslerden daha fazla tür sahiptir.

Yapılan kantitatif değerlendirmeler sonucunda bölgelere bağlı olarak fitoplankton yoğunluğunun da farklar açıkça belirlenmiştir. Özellikle orta-iç körfez'de *Biddulphia* sp., *Cylindrotheca closterium* (Ehrenberg) Reimann & Lewin, *Pleurosigma elongatum* W. Smith, *Pseudo-nitzschia pungens* (Grunow ex. P.T. Cleve) Hasle, *Rhizosolenia setigera* Brightwell, *Thalassionema nitzschioides* (Grunow) Mereschkowsky, *Thalassiosira rotula* Meunier türlerinin aşırı üreme gösterdikleri belirlenmiştir. *Ditylum brightwelli* (T. West) Grunow in Van Heurck, *Leptocylindrus minimus* Gran, *Licmophora abbreviata* Agardh, *P. pungens*, *R. setigera* tüm örnekleme periyodu boyunca gözlenen türlerdir.

Arıtma ünitesi devrede olmadığı dönemde, Bacillariophyceae sınıfından *Chaetoceros gracilis* Schütt, *C. closterium*, *P. elongatum*, *P. pungens* ve *R. setigera* en fazla aşırı üreme gösteren türlerdir. *C. gracilis* sadece ilkbahar döneminde görülmüş olup 1,394x10⁵ hücre lt⁻¹ birey sayısı ile 0.5 m'de en yüksek yoğunluğa ulaşmış ancak diğer derinliklerin hiçbirinde saptanmamıştır. *P. pungens* dışındakilerin hepsi İç Körfez istasyonunu temsil eden İst. 24'ün 0.5 m, 5.0 m, 10.0 m ve 15.0 m derinliklerde en yüksek yoğunluğa ulaşmışlardır. Bunun aksine *P. pungens* ise Orta körfezde 0.5 m, 10.0 m ve

15.0 m'de saptanmıştır ve en yüksek hücre sayısına 0.5 m'de ulaşmıştır ($1,21 \times 10^4$ hücre lt⁻¹).

Aritma ünitesinin devreye girmesinden sonraki dönemde ise Bacillariophyceae sınıfından *P. pungens*, *T. nitzschioides* ve *T. rotula* yüksek hücre yoğunluğuna ulaşan türlerdir. *P. pungens* kış ve ilkbahar dönemlerinde dış-orta körfezde bulunan İst. 6 ve İst. 20'de tüm derinliklerinde saptanmış fakat en yüksek hücre yoğunluğuna İst. 20'de 5.0 m ve 10.0 m'sinde $2,14 \times 10^5$ hücre lt⁻¹ birey sayısı ile temsil edilmiştir. *T. nitzschioides* ($1,15 \times 10^4$ hücre lt⁻¹) ve *T. rotula* ($2,58 \times 10^4$ hücre lt⁻¹) kış döneminde İst. 24'ün 5.0 m derinliğinde en yüksek hücre sayısı ile temsil edilmiştir (Çolak Sabancı, Koray 2005)

Tablo 1. 1998, 2000, 2001 ve 2002 yıllarında İzmir körfezi'nde yapılan örneklemeler sonucunda elde edilen diyatom tür listesi.

BACILLARIOPHYCEAE

Achnanthes longipes Agardh
Amphiprora gigantea Grunow
Amphiprora sp.
Asterionella japonica
Asterionella notata Grunow in Van Heurck
Asterionellopsis glacialis (Castracane) E. F. Round
Asterolampra grevillei (Wallich) Greville
Asterolampra marylandica Ehrenberg
Bacillaria paxillifera (O. F. Müller) Hendey
Bacteriastrum delicatulum Cleve
Bacteriastrum elegans Pavillard
Bacteriastrum hyalinum Lauder
Bacteriastrum mediterraneum Pavillard
Biddulphia sp.
Cerataulina pelagica (Cleve) Hendey
Chaetoceros affinis Lauder
Chaetoceros brevis Schütt
Chaetoceros compressum Lauder
Chaetoceros constrictus Gran
Chaetoceros dadayi Pavillard
Chaetoceros decipiens Cleve
Chaetoceros didymus
Chaetoceros diversum Cleve
Chaetoceros gracile Schütt
Chaetoceros lacinosus Schütt
Chaetoceros lorenzianum Grunow
Chaetoceros peruvianus Brightwell
Chaetoceros rostratum Lauder
Chaetoceros simplex Ostenfeld
Chaetoceros sp.
Climacosphenia monilifera Ehrenberg
Coscinodiscus granii Gough
Coscinodiscus perforatus var. *pavillardi* (Forti) Husted
Coscinodiscus radiatus Ehrenberg
Coscinodiscus sp.
Cylindrotheca closterium (Ehrenberg) Reimann et Lewin
Dactyliosolen mediterraneus H. Peragallo
Ditylum brightwelli (T. West) Grunow in Van Heurck
Eucampia cornuta (Cleve) Grunow
Eucampia zoodiacus Ehrenberg
Grammatophora marina (Lyngbye) Kützing
Grammatophora sp.
Guinardia flaccida (Castracane) H. Peragallo
Gyrosigma sp.
Hemiaulus hauckii Grunow in Van Heurck
Hemiaulus membranaceus Cleve
Hemiaulus sinensis Greville

Lauderia annulata Cleve
Leptocylindrus danicus Cleve
Leptocylindrus mediterraneus (H. Peragallo) Hasle
Leptocylindrus minimus Gran
Licmophora abbreviata Agardh
Navicula sp.
Nitzschia longissima (Brébisson in Kützing) Ralfs in Pritchard
Nitzschia sigma (Kützing) W. Smith
Pleurosigma elongatum W. Smith
Pleurosigma sp.
Pseudo-nitzschia pseudodelicatissima (Cleve) Hasle
Pseudonitzschia pungens (Grunow ex P. T. Cleve) Hasle
Proboscia alata f. *alata*
Proboscia alata f. *gracillima* (Cleve) Gran
Proboscia alata f. *indica* (H. Peragallo) Gran
Rhizosolenia calcar-avis Schultze
Rhizosolenia delicatula Cleve
Rhizosolenia fragilissima Bergon
Rhizosolenia imbricata var. *Shrubssolei* (Cleve) Schröder
Rhizosolenia robusta Norman in Pritchard
Rhizosolenia setigera Brightwell
Rhizosolenia stollerfothii H. Peragallo
Rhizosolenia styliformis Brightwell
Schroederella delicatula (H. Peragallo) Pavillard
Skeletonema costatum (Greville) Cleve
Streptotheca thamesis Shrubsole
Striatella unipunctata (Lyngbye) Agardh
Thalassionema nitzschioides (Grunow) Mereschkowsky
Thalassiosira anguste-lineata (A. Schmidt) G. Fryxell et Hasle
Thalassiosira gravida Cleve
Thalassiosira rotula Meunier
Thalassiosira subtilis (Ostenfeld) Gran
Thalassiothrix frauenfeldii Grunow
Thalassiothrix longissima Cleve and Grunow
Thalassiothrix mediterranea Pavillard

Ülkemizde rapor edilen fitoplankton türlerinin yaklaşık yüzde %10 zehirli-zararlı aşırı üreme oluşturdıkları ve bunlardan sadece %5'inin bilinen fitoplanktonik toksinleri sentezleyerek balık ölümleri ile birlikte ekosistem düzeyinde katastrofi oluşturabildikleri bilinmektedir (Koray 2001, Koray ve Çolak Sabancı, 2001, Bargu ve diğ., 2002, Koray 2002a, Koray 2002b, Koray ve Çolak Sabancı, 2004). Örneklem periyodu süresince zararlı-zehirli algler saptanmış olup, toksik mikro-alglerden *Pseudo-nitzschia* türleri ASP açısından riskli türlerdir. Diğer taraftan toksik olmamakla birlikte zararlı mikro-alg aşırı üremelerine neden olan *Rhizosolenia setigera* Brightwell türüne rastlanılmıştır. Ancak bu türün hücre konsantrasyonu herhangi bir zarara ya da toksisiteye neden olacak düzeyde değildir.

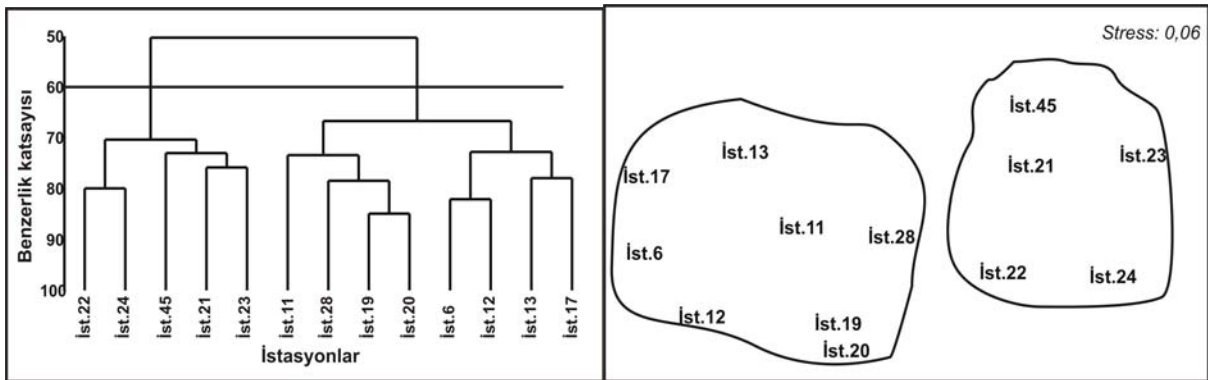
Bu çalışmada özellikle diyatomların tercih edilmesi kirliliğe karşı daha hassas tepki vermelerinden kaynaklanmaktadır. Herbir tür çevre şartlarındaki değişikliklere ve kirliliğe farklı şekilde cevap vermektedir. Bu yüzden diyatomlar yaygın bir şekilde su kalitesinde indikatör olarak kullanılmaktadır. Diyatom bazlı yaklaşımların kullanılması, diyatom ve çevresel değişiklikler arasındaki ilişkinin daha iyi anlaşılabilmesi için temel oluşturmaktadır (Prygiel ve Coste, 1993, Gomez, 1999, Juttner ve diğ., 2003). Özellikle herhangi bir akuatik çevre hakkındaki çevresel değişiklikler ve su kalitesinin geçmişi ve şu anının değerlendirilmesi için

diyatomların kullanılabilirliği dünya çapında son on yıldır kabul görmektedir (Patrick, 1973; Van Dam, 1974; Chessman, 1986; Whitmore, 1989)

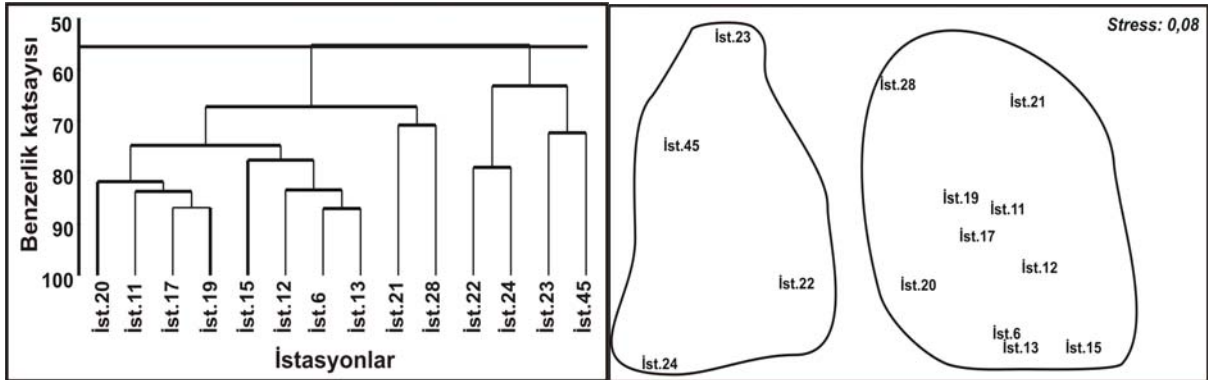
Aritmadan önceki durumu yansıtan 1998 yılı ilkbahar mevsiminde Bacillariophyceae topluluğu kümelenme analizi sonuçlarına göre İst.21, İst.22, İst.23, İst. 24 ve İst.45 kendi aralarında küme oluşturma eğilimi gösterirken, diğer istasyonlarda kendi aralarında küme oluşturmuşlardır (Şekil 2). Geçiş sürecini kapsayan 2000-2001 yıllarında ise iç körfezde bulunan istasyonlar kendi aralarında, orta-ışık körfezde bulunan istasyonlarda kendi aralarında küme oluşturmuşlardır (Şekil 3). 2002 yılında ise bu durum tamamen değişmiş İst. 6, İst. 17 ve İst. 19 diğer istasyonlardan farklı bir

yapı sergilemektedir. Ancak istasyon 23, 24, 28, istasyon 20, 22 ve istasyon 11, 12, 13 ve 15 'in kendi aralarında kümelenme oluşturduğu düşünülmektedir (Şekil 4).

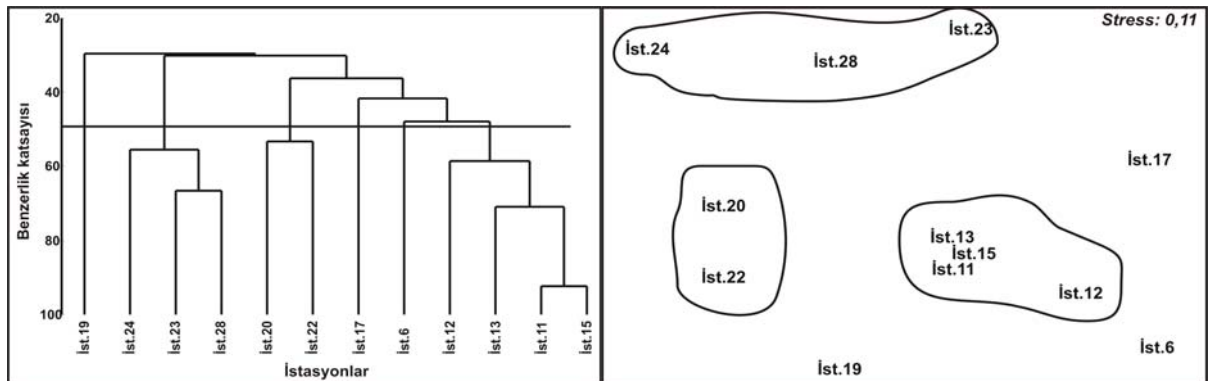
1998 yılı yaz mevsiminde iç körfezde bulunan İst. 23, İst. 24 ve İst.45 kendi aralarında küme oluştururken orta-ışık körfezde bulunan istasyonlarda kendi aralarında küme oluşturmuşlardır (Şekil 5). 2000-2001 yılını kapsayan örneklemede 1998 yılında gözlenen aynı kümelenme grubu görülmektedir (Şekil 6). 2002 yılında ise kümelenme sayısında artış gözlenmiş, İst.15, İst. 22 ve İst. 23 diğer istasyonlardan tamamen ayrılmış, İst. 24 ve İst. 45 kendi aralarında, 11, 12, 13, 17, 19, 20, 21 ve 28. istasyonlarda kendi aralarında grup oluşturma eğilimi göstermektedir (Şekil 7).



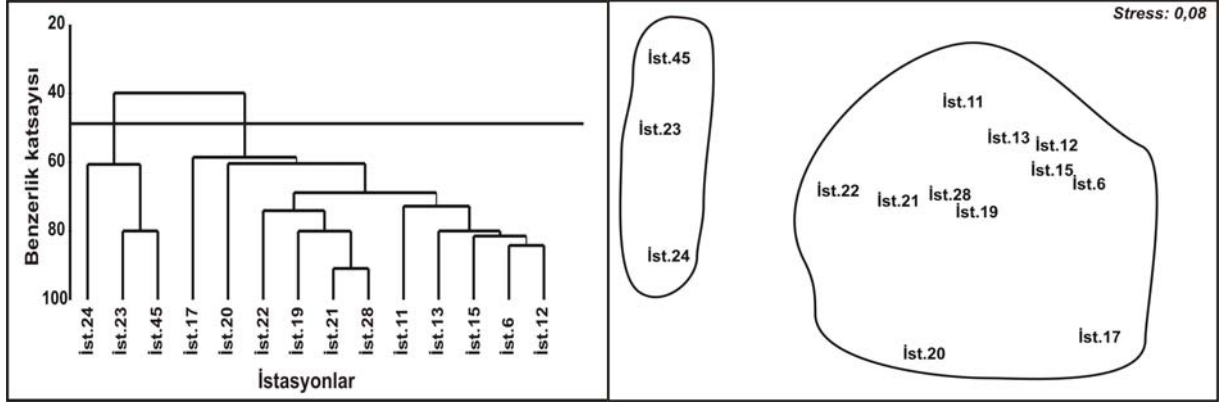
Şekil 2. 1998 yılı ilkbahar mevsiminde hiyerarşik kümelenme ve MDS analiz sonuçları.



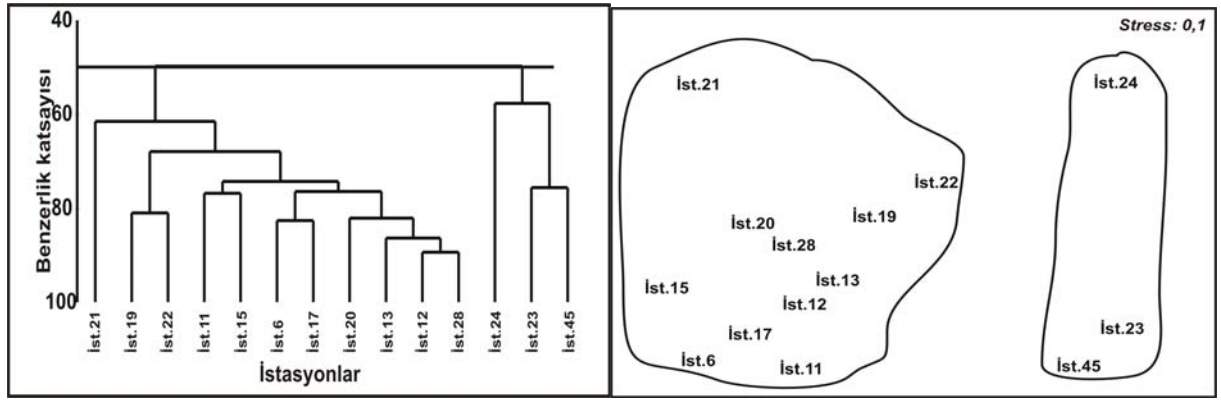
Şekil 3. 2000-2001 yılı ilkbahar mevsiminde hiyerarşik kümelenme ve MDS analiz sonuçları



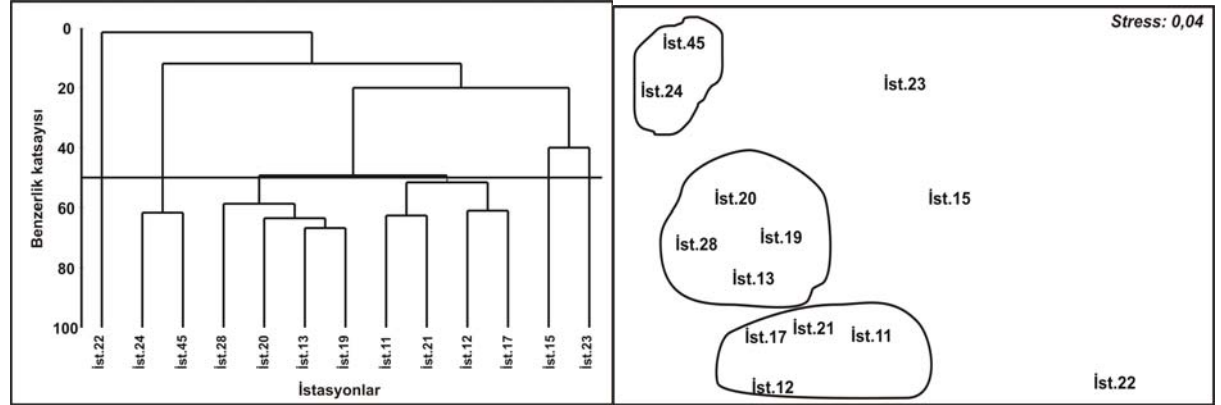
Şekil 4. 2002 yılı ilkbahar mevsiminde hiyerarşik kümelenme ve MDS analiz sonuçları.



Şekil 5. 1998 yılı yaz mevsiminde hiyerarşik kümeleme ve MDS analiz sonuçları



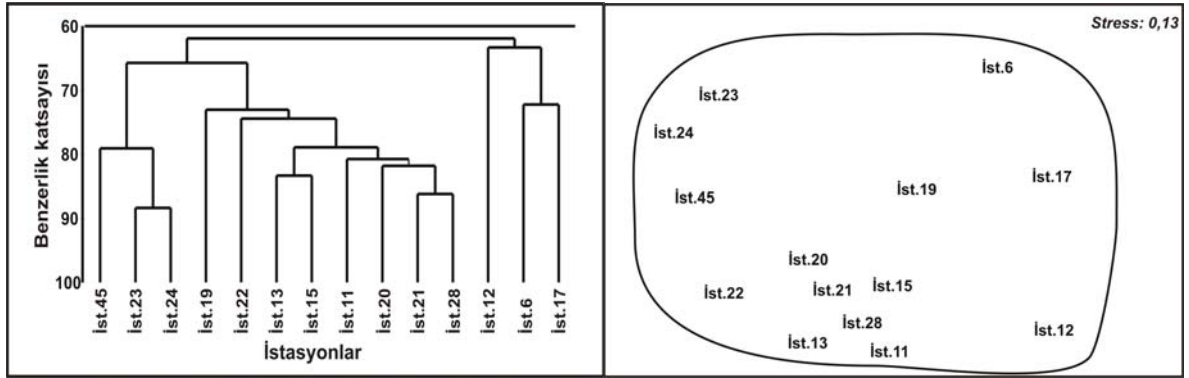
Şekil 6. 2000-2001 yaz mevsiminde hiyerarşik kümeleme ve MDS analiz sonuçları



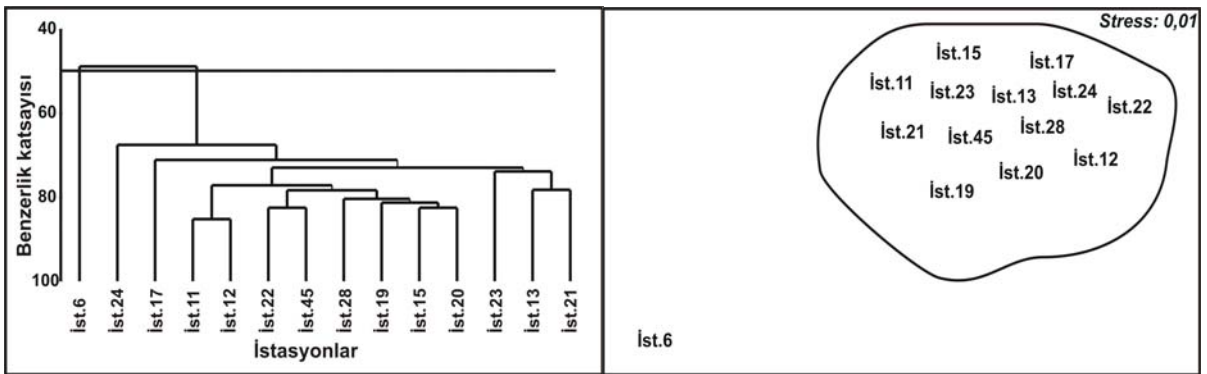
Şekil 7. 2002 yaz mevsiminde hiyerarşik kümeleme ve MDS analiz sonuçları

1998 yılı sonbahar mevsiminde dış körfezde bulunan İst.6 ve İst. 17 kendi aralarında, istasyon 11, 13, 15, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 28 ve 45 de kendi arasında küme oluşturma eğilimi gösterirken İst. 12 bu iki gruptan farklı bir yapı sergilemektedir (Şekil 8). 2000-2001 yılında İst 6 dışında diğer bütün istasyonlarda benzerlik görülmektedir (Şekil 9). 2002 yılı sonbahar mevsiminde dört farklı kümeleme görülmektedir. İst. 13, İst. 21 ve İst.22, İst.6 ve İst.12, İst. 23 ve İst.24, İst. 15, İst. 17 ve İst. 28'de kendi aralarında kümeleme oluşturmuşlardır (Şekil 10).

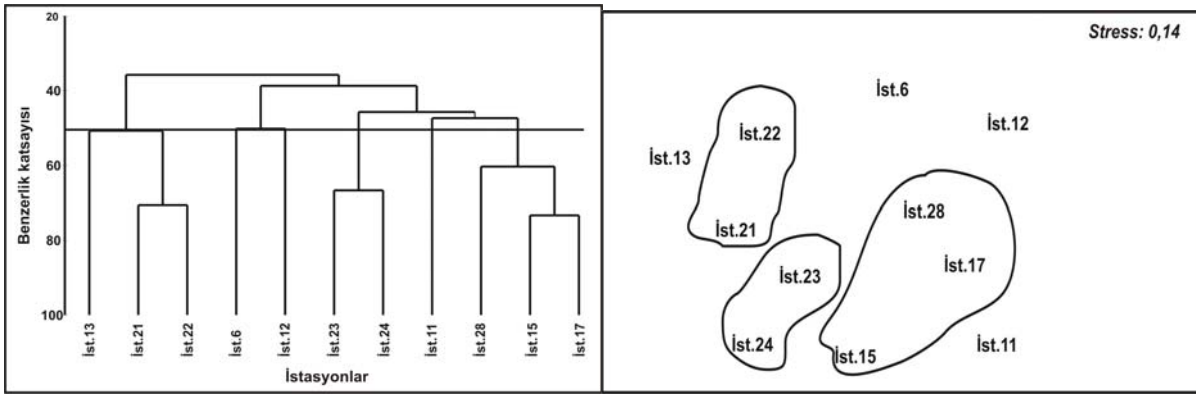
1998 yılı kış mevsiminde kümeleme analizi sonuçlarına göre, istasyon 24 ve 45, istasyon 11 ve 17, istasyon 6, 12,15, 19, 20, 21, 22, 23 ve 28 kendi aralarında küme oluşturmaktadır (Şekil 11). 2000-2001 yılında iç körfezde bulunan İst. 23 dışında kalan diğer tüm istasyonlar kümeleme eğilimi sergilemektedir (Şekil 12). 2002 kış mevsiminde ise kümeleme sayısı 2 grub halinde gözlenmiş İst. 24 ve İst. 45 kendi arasında, diğer istasyonlarda kendi aralarında küme oluşturmuşlardır (Şekil 13).



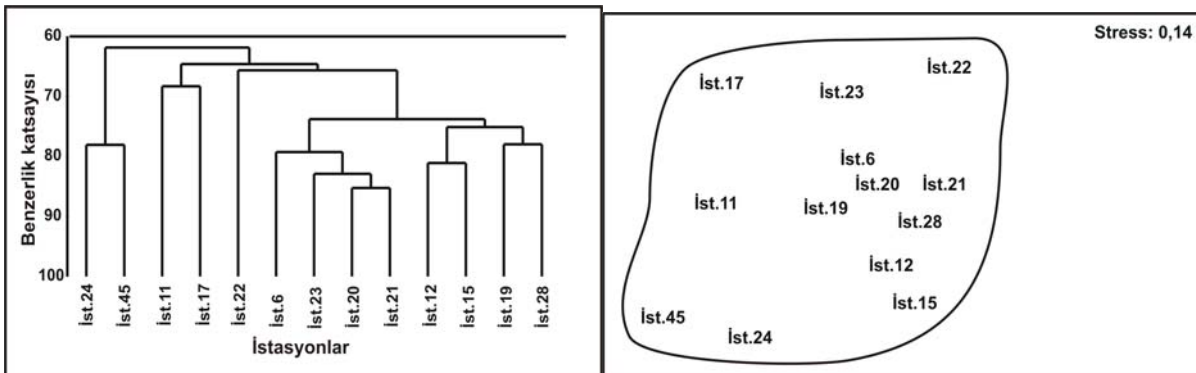
Şekil 8. 1998 sonbahar mevsiminde hiyerarşik kümeleme ve MDS analiz sonuçları.



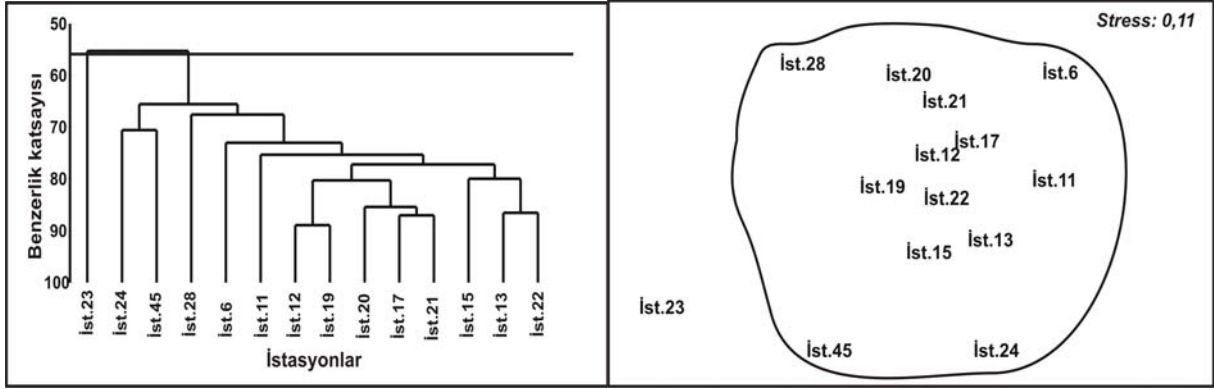
Şekil 9. 2000-2001 sonbahar mevsiminde hiyerarşik kümeleme ve MDS analiz sonuçları.



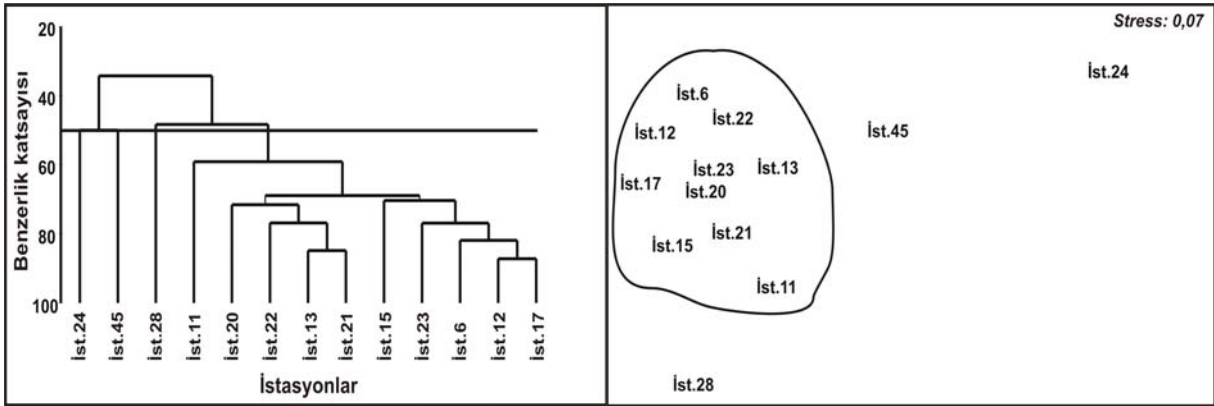
Şekil 10. 2002 sonbahar mevsiminde hiyerarşik kümeleme ve MDS analiz sonuçları



Şekil 11. 1998 kış mevsiminde hiyerarşik kümeleme ve MDS analiz sonuçları.



Şekil 12. 2000-2001 kış mevsiminde hiyerarşik kümelendirme ve MDS analiz sonuçları.



Şekil 13. 2002 kış mevsiminde hiyerarşik kümelendirme ve MDS analiz sonuçları.

Bu çalışmada, 1998 yılı atıksu ünitesinin devreye girmeden önceki durumunu, 2000-2001 ve 2002 yılı ise arıtma ünitesinin devreye girdikten sonraki durumunu yansıtmaktadır. Yapılan araştırmaya göre, Bacillariophyceae sınıfından ilkbahar mevsiminde 1998 yılında 48 taksa, 2000-2001-2002 yılında 50 taksa, yaz mevsiminde 1998 yılında 41 taksa, 2000-2001-2002 yılında 42 taksa, kış mevsiminde 1998 yılında 53 taksa, 2000-2001-2002 yılında 50 taksa, sonbahar mevsiminde 1998 yılında 53 taksa, 2000-2001-2002 yılında ise 47 taksa bulunmuştur.

Kirliliğe karşı en duyarlı tepkiyi veren diyatomların kalitatif tür dağılışı matrislerinin ötrofik bölgeleri ayırmaya yönelik hiyerarşik kümelendirme analizlerinde kullanılabileceği bu çalışmanın sonuçları ile kanıtlanmıştır. Gerçekleştirilen MDS analizlerinin sonuçlarına göre, özellikle ilkbahar, yaz ve sonbahar aylarında diyatom topluluklarında ki kümelendirme sadece iç körfez'de kalmayıp, orta ve dış körfeze doğru ilerlediği izlenmektedir. Bu durum körfez'deki kirlenmenin özellikle iç istasyonlarda düzelmeye başladığını göstermektedir. İzmir körfezi'nde 1996 yılında hiperötrofikasyon görülen iç körfez istasyonlarında dinoflagellat/diyatom tür zenginliği oranı yıllık 0,68 değerine kadar düşmüştür. 1998-1999 yılında bu oranın ötrofikasyona geçişi belirten 1.54 değerinin çıkması Büyük Kanal Projesinin yarar sağladığını göstermektedir (Çolak Sabancı ve Koray 2001).

Nitekim 1998-2001 yılları arasında görülen bir-iki farklı diyatom komünite yapısı arıtma ünitesinin devreye girmesini takiben 2002 yılında beş-altıya çıkmıştır. Diğer bir deyişle 1998-2001 yıllarında kümelendirme iç-orta ve dış olarak gözlenirken 2002 yılında çok daha sağlıklı kümelendirmeler gözlenmektedir, ki bu İzmir körfezi'nde bölgesel temizlenme sürecinin başladığını göstermektedir.

Çolak Sabancı ve Koray (2005), Student's t-testi özellikle yıl içi istasyonların ayırımında iyi sonuç vermiştir. Ancak, yıllar arası farklılığın belirlenmesinde artan gruplar arası varyans nedeni ile bu testin yeterli olmadığı görülmüştür. Bunun üzerine diskriminant analizine başvurulmuş ve İzmir Körfezi'nin arıtma tesisi öncesi ve sonrasına ait mikroplankton verileri ilk kez diskriminant analizleri ile birbirlerinden başarılı bir şekilde ayrılmıştır. Diskriminant analizlerinin sonuçlarına göre, arıtma tesisinin % 60-100 düzeyinde aktivite gösterdiği bu dönemde fitoplankton topluluk yapısındaki düzelleme, beklendiğinden daha hızlı bir şekilde gerçekleşmiştir.

Kaynakça

- Balkas, T. I., S. Tuncer. 1989. Natural characteristics of the İzmir Bay and the impact of the waste water, Split: PAP/RAC.
- Bargu, S., T. Koray, N. Lundholm, 2002. First report of *Pseudo-nitzschia calliantha* Lundholm, Moestrup & Hasle 2003, a new potentially toxic species from Turkish coasts. E.U. Journal of Fisheries & Aquatic Sciences, 19(3-4): 479-483.
- Bayne, B.L., K.R. Clarke, J.S. Gray. (eds.) 1988. Biological effects of

- polluants: results of a practical workshop. Mar. Ecol. Prog. Ser. 46.
- Bougis, P. 1976. Marine Plankton Ecology. 355 pp. Nort-Holland/American Elsevier.
- Chessman, B.C. 1986. Diatom flora of an Australian river system: spatial patterns and environmental relationships. Freshwater Biol. 16, 805-819.
- Çolak Sabancı, F., T. Koray. 2001. İzmir Körfezi (Ege Denizi) Mikroplankton'unun Vertikal ve Horizontal Dağılımına Kirliğin Etkisi, Su Ürünleri Dergisi, 18(1-2):187-202.
- Çolak Sabancı, F., T. Koray. 2005. İzmir Körfezi'nde 1998-2001 yılları arasında fitoplanktonik tür çeşitliliği değişimi. Ege University J. Fish . Aquat. Sci., 22(3-4):273-280.
- Evans, G.T. 1988. A framework for discussing seasonal succession and coexistence of phytoplankton species. Limnol. Oceanogr. 33:1027-1036
- Evans, G.T, J.S. Parslow. 1985. A model of annual phytoplankton cycles, Biol. Oceanogr. 3:327-347
- FAO, 1988. Report on the training workshop on the statistical treatment and interpretation of marine community data. Piran, Yugoslavia, 1-14 June 1988. FIR/MEDPOL/TW3, 169 p.
- Faust, M. A., R. A. Gulledge. 2002. Identifying Harmful Marine Dinoflagellate, Smithsonian Institution.
- Gomez, N. 1999. Epipelagic diatoms from the Matanza-Riachuelo River (Argentina), a highly polluted basin from the pampean plain: Biotic indices and multivariate analysis. Aquat.Ecosyst. Health Manage. 2 301-309.
- Hasle, G., E. E. Syversten. 1990. Diatoms. Unpublished manuscript, Advanced Phytoplankton Course, UNESCO, 65 p.
- Heimdal, B. R. 1990. Coccolithophorids. Unpublished manuscript, Advanced Phytoplankton Course, UNESCO, 72 p.
- IMST. 1999. Marine research in the Izmir Bay Project (1994-1998). Final report, Izmir, Turkey. Ins of Mar Sci and Tech.
- Jüttner, I., S. Sharma, B. M. Dahal, S. J. Ormerod, P. J. Chimonidex, and E. J. Cox, 2003. Diatoms as indicators of stream quality in the Kathmandu Valley and Middle Hills of Nepal and India. Freshwater Biol. 48 2065-2084.
- Kontas, A., F. Kucuksezgin, O. Altay, E. Uluturhan, 2004. Monitoring of eutrophication and nutrient limitation in the Izmir Bay (Turkey) before and after wastewater treatment plant. Environ Int;29:1057-62.
- Koray, T., U.Y. Kesici. 1994. Phytoplankton and protozooplankton species composition of the bay of Bodrum (Aegean Sea). (in turkish).E. Ü. Fen Fak. Dergisi, Seri B, Ek 16/1, 971-980.
- Koray, T. 2001. A check-list for phytoplankton of Turkish seas. Ege University J. Fish . Aquat. Sci., 18(1-2):1-23.
- Koray, T., F. Çolak Sabancı, 2001. Toxic planktonic micro-algae of Turkish Seas. Ege University J. Fish Aquat. .Sci., (18/1):293-298.
- Koray, T., B. Cihangir, 2002. Denizlerde aşırı plankton üretimi, Balık ve Balıkçılığa etkileri. İzmir Körfezi Örneği, Türkiye'nin Kıyı ve Deniz Alanları IV. Ulusal konferansı, Türkiye Kıyıları 02 Konferansı Bildiriler kitabı ;15-20.
- Koray, T. 2002a. Toxic and harmful phytoplanktonic species in the Aegean (including dardanelles) and northeastern mediterranean coastline. Workshop on Lessepsian Migration Proceedings, Öztürk, B.&Başusta, N. (Eds.) No: 9, P. 40-45, Publ. Turkish Marine Research Foundation, Istanbul, Turkey, 2002.
- Koray, T. 2002b. Toxic and harmful phytoplanktonic species in the Southern Black Sea, Sea of Marmara, Eastern Aegean Sea and Northeastern Mediterranean Coastline. 10 International Conference on Harmful Algae, 21-25 October 2002, St. Pete Beach, Florida, USA.
- Koray, T., F. Çolak Sabancı. 2004. Temporal and spatial changes of toxic micro-algae succession in Northeastern Aegean and Western Black Sea (in turkish). Türk Suçul Yaşam Dergisi, Ulusal Su Günleri, Yıl 2. Sayı 3, 354-360.
- Odum, E. P. 1971. Fundamentals of Ecology. W.B. saunders Company, Philadelphia, USA, 574 pp.
- Patrick, R. 1973. Use of algae, especially diatoms in the assessment of water quality. In: Biological Methods for the Assessment of Water Quality. ASTM STP 528. American Society for Testing and Materials. 76-95.
- Prygiel, J., M. Coste. 1993. The assessment of water quality in the Artois-Picardie water basin (France) by the use of diatom indices. Hydrobiol. 269/279 343-349.
- Smayda, T. 1980. Phytoplankton species succession. In: The Physiological Ecology of Phytoplankton . I.Morris (ed.). Univ. California, P. 493-570.
- Smith, V. H., G.D. Tilman, J.C. Nekola. 1999. Eutrophication: impacts of excess nutrient inputs of freshwater, marine and terrestrial ecosystems. Environmental Pollution; 100: 179-196.
- Steidinger, K. A., K. Tangen. 1990. Dinoflagellates. Unpublished Manuscript, Advanced Phytoplankton Course, UNESCO, 69 p.
- Thronsen, J. 1990. Flagellates. Unpublished manuscript, Advanced Phytoplankton Course, UNESCO, 69 p.
- Van Dam, H. 1974. The suitability of diatoms for biological water assessment. Hydrobiol. Bull. 8 (3) 274-284.
- Whitmore, T.J. 1989. Florida diatom assemblages as indicators of trophic state and pH. Limnol. Oceanogr. 34 (5) 882-895.
- UNEP, 1994. Integrated management study for the area of Izmir. Map technical reports series, No. 84, Unep, Regional activity centre for priority actions programme, Split, 130 p.