

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MARMARA DENİZİ KIYISAL ALANLARINDA SU ÇERÇEVE
DİREKTİFİ’NİN UYGULANMASI VE
DEŞARJ KRİTERLERİNİN BELİRLENMESİ

İBRAHİM TAN
DOKTORA TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GEBZE
2017

T.C.
GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MARMARA DENİZİ KIYISAL
ALANLARINDA SU ÇERÇEVE
DİREKTİFİ'NİN UYGULANMASI VE
DEŞARJ KRİTERLERİNİN BELİRLENMESİ

İBRAHİM TAN
DOKTORA TEZİ
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMANI
DOÇ. DR. MEHMET SALİM ÖNCEL

GEBZE
2017

T.R.
GEBZE TECHNICAL UNIVERSITY
GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

**IMPLEMENTATION OF WATER FRAMEWORK
DIRECTIVE IN COASTAL AREAS OF MARMARA
SEA AND DETERMINATION OF DISCHARGE
CRITERIA**

İBRAHİM TAN
A THESIS SUBMITTED FOR THE DEGREE OF
DOCTORATE OF PHILOSOPHY
DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING

THESIS SUPERVISOR
ASSOC. PROF. DR. MEHMET SALİM ÖNCEL

GEBZE
2017

	DOKTORA JÜRİ ONAY FORMU
---	--------------------------------

GTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 18/01/2017 tarih ve 2017/04 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından 03/02/2017 tarihinde tez savunma sınavı yapılan İbrahim TAN'ın tez çalışması Çevre Mühendisliği Anabilim Dalında DOKTORA tezi olarak kabul edilmiştir.

JÜRİ

ÜYE

(TEZ DANIŞMANI) : Doç. Dr. M. Salim ÖNCEL



ÜYE

: Prof. Dr. Nihal BEKTAŞ



ÜYE

: Prof. Dr. Filiz KÜÇÜKSEZGİN



ÜYE

: Prof. Dr. Mehmet KOBYA



ÜYE

: Yrd. Doç. Dr. Bilge TUTAK



ONAY

Gebze Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun
...../...../..... tarih ve/..... sayılı kararı.

İMZA/MÜHÜR

ÖZET

Bu tez çalışmasında, Su Çerçeve Direktifi (SÇD)'nin Marmara Denizi'ne uygulanması ve pilot bölge olarak seçilen İzmit Körfezi'nin deşarj kriterlerinin belirlenmesi hedeflenmiştir.

Marmara Denizi, ülkemizin iç denizidir. Türkiye nüfusunun yaklaşık %23'ü Marmara Bölgesi'nde yer almakta olup, İstanbul, Kocaeli ve Bursa gibi yoğun kentleşme ve sanayiye sahip illeri sınırları içerisinde barındırmaktadır. Bu tez çalışması kapsamında Marmara Denizi 22 adet su yönetim birimine ayrılmış olup su kütlesinin büyük ölçüde değiştirilmiş su kütlesi niteliği taşımadığı tespit edilmiştir. Uygulanan baskı-etki çalışmaları sonucunda LUSIV al indeksi yöntemi Marmara Denizi için en uygun yöntem olarak belirlenmiştir.

Hem kara kökenli kirletici çalışmaları hem de LUSIV al analizi Marmara Denizi'ndeki körfezlerin kirliliklerinin yüksek olduğunu göstermiştir. Ayrıca, İstanbul İli'nin atıksu arıtma tesisleri teknolojisinin ileri arıtma seviyesine yükseltilmesinin su kalitesinin iyileşmesi açısından çok önemli olduğunu göstermiştir. Benzer şekilde İzmit Körfez etrafında yer alan ilçelerin de atıksu arıtma seviyelerinin yükseltilmesi gerekliliğinin sonucuna varılmıştır.

Marmara Denizi su kütlelerinin büyük kısmının orta ekolojik kalitede olduğu belirlenmiştir. Su kalitesi açısından en kötü durumun İzmit İç Körfezi'nde olduğu tespit edilmiştir. Bandırma Körfezi ve İzmit Dış Körfezi'nin zayıf su kalitesi sınıfında olduğu saptanmış olup, ekolojik statünün düzeltilebilmesi için hızlı şekilde önlemlerin alınması gerekmektedir. Ekolojik durumun belirlenemediği 8 adet su kütlesi mevcuttur. Bu durum, izleme stratejileri oluşturulurken zaman serisi istasyonlarının önemi ile istasyon noktalarının doğru, kapsayıcı ve ihtiyaca göre belirlenmiş olmasını gerekliliğini göstermiştir.

İzmit İç Körfezi için toplam fosfor (TP) deşarj sınır değeri 0,91 μM ve çözülmüş inorganik azot (ÇİN) deşarj sınır değeri ise 7,4 μM olarak belirlenmiştir. İzmit Dış Körfezi için ise TP deşarj sınır değeri 0,72 μM ve ÇİN deşarj sınır değeri ise 5,92 μM olarak tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Marmara Denizi, İzmit Körfezi, Su Çerçeve Direktifi, Baskı-Etki, Su Kütleleri.

SUMMARY

In this thesis study, it is aimed to apply Water Framework Directive to the Sea of Marmara and determine discharge criteria of İzmit Gulf which is the designated pilot area.

Marmara Sea is the regional sea of Turkey. Approximately 23% of the Turkish population is existed in Marmara Region and it contains cities like İstanbul, Kocaeli and Bursa which have intense urbanization and industry.

The Marmara Sea have been partitioned into 22 water body units in the scope of this thesis. The designated water body have been found to not to exhibit heavily modified water body qualities. Based on the applied pressure-impact studies, LUSIV index method was found to be the most effective method on the Marmara Sea.

Both land based sources studies and LUSIV analysis have demonstrated the high rates of pollution in the gulf of Marmara Sea. Also the upgrade of the waste water treatment plant of İstanbul city have been determined to be crucial for improving the water quality. Similarly it is concluded that the waste water treatment plants of the districts within the Gulf are required to be upgraded.

It is determined that the water bodies in the Marmara Sea are of moderate ecological quality. Inner Gulf of İzmit have been found to have the worst state in terms of water quality. Gulf of Bandırma and Outer Gulf of İzmit have been determined to be a class of poor water quality and immediate precautions are necessity in order to restore the ecological status.

There are 8 determined water bodies which are not classified. This situation demonstrated the importance of the time series stations and requirement of correct, comprehensive and demand based establishment of the station points.

Discharge criteria of TP in inner Gulf of İzmit is established as 0,91 μM and dissolved inorganic nitrogen (DIN) discharge criteria as 7,4 μM . Discharge criteria of TP in outer Gulf of İzmit is established as 0,72 μM and DIN discharge criteria as 5,92 μM .

Key Words: Marmara Sea, İzmit Gulf, Water Framework Directive, Pressure-Impact, Water Bodies.

TEŞEKKÜR

Tüm çalışmalarımda bana sonsuz bir manevi güç veren ve tezimin sağlıklı bir şekilde ilerlemesinde ve akademik olarak gelişmemde önemli bir desteği olan tez danışmanım Sayın Doç. Dr. M. Salim ÖNCEL'e,

Tez izleme komitesinde bulunan ve çalışmanın gelişmesinde büyük yararları olan saygıdeğer hocalarım Sayın Prof. Nihal BEKTAŞ ve Prof. Dr. Filiz KÜÇÜKSEZGİN'e,

Akademik hayata başlamamı ve bu yolda ilerlememi sağlayan yüksek lisans tez danışmanım Sayın Prof Dr. Melek ÖZKAN'a,

Doktora çalışmalarımda gerek yönlendirme gerekse bilimsel açıdan yardımlarını esirgemeyen Sayın Doç. Dr. Çolpan POLAT BEKEN, Prof. Dr. Dilek EDİGER, Yrd. Doç. Dr. Bilge TUTAK ve Dr. Leyla TOLUN'a,

Doktora çalışmalarımı yapabilmeme olanak sağlayan, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından desteklenen ve TÜBİTAK MAM tarafından yürütülen “Deniz ve Kıyı Suları Kalite Durumlarının Belirlenmesi ve Sınıflandırılması Projesi” ekibine ve Doç. Dr. Çolpan POLAT BEKEN'e,

Doktora çalışmalarımda yardımcı olan sevgili mesai arkadaşlarım Dr. H. Merve BAŞAR, Hakan ATABAY ve Ertuğrul ASLAN'a,

Zor zamanımda yanımda olan, tez yazım aşamasında manevi desteğini esirgemeyen, gerektiğinde tezimin editörlüğünü yapan, arkamda büyük bir güç olarak bildiğim, hayat arkadaşım, sevgili eşim Hediye TAN'a,

Hayatım boyunca yanımda olan, bugünlere gelmemde maddi ve manevi olarak sonsuz katkıları bulunan; anneme, babama ve kardeşlerime,

Sonsuz saygı ve sevgilerimle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	v
SUMMARY	vi
TEŞEKKÜR	vii
İÇİNDEKİLER	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xiii
TABLolar DİZİNİ	xv
1. GİRİŞ	1
1.1. Tezin Amacı, Katkısı ve İçeriği	4
2. MARMARA DENİZİ VE İZMİT KÖRFEZİ’NİN GENEL ÖZELLİKLERİ	6
2.1. Marmara Denizi	6
2.2. İzmit Körfezi Pilot Bölgesi	9
3. SU ÇERÇEVE DİREKTİFİ’NİN ANLAŞILMASI VE UYGULANMASINA YÖNELİK LİTERATÜR ÇALIŞMASI	16
3.1. Su Çerçeve Direktifi (SÇD) Uygulama Basamakları	18
3.1.1. İzleme	19
3.1.2. Baskıların Belirlenmesi	20
3.1.3. Yüzey Sularının Karakterizasyonu	20
3.1.4. Yüzey Sularının Tipolojilerinin Belirlenmesi	21
3.1.5. Su Kütlelerinin Belirlenmesi	23
3.1.6. Referans Koşullar	23
3.1.7. Sınıf Sınır Değerlerinin Belirlenmesi	24
3.1.8. Ekolojik Kalite Oranı (EKO) Belirlenmesi	25
3.1.9. Sınıflandırma	25
3.2. Su Çerçeve Direktifi Farklı Ülke Uygulamaları	26
3.2.1. Bulgaristan	27
3.2.2. İngiltere	28
4. DEŞARJ KRİTERLERİNİN TANIMLANMASI (DİĞER ÜLKE VE KURUMLARDAKİ UYGULAMALAR)	30

4.1. Avrupa Birliği Uygulamaları	31
4.1.1. Deşarj Kriterleri ile İlgili Avrupa Birliği Direktifleri	31
4.1.1.1. Kentsel Atıksu Arıtımı Direktifi	32
4.1.1.2. Bütünleşik Kirlilik Koruma ve Kontrol Direktifi	34
4.1.2. Deşarj Kriteri Belirlenmesine Yönelik AB Ülkeleri Örnekleri	35
4.1.2.1. İngiltere	35
4.1.2.2. Almanya	36
4.1.2.3. Finlandiya	36
4.1.2.4. İsveç	37
4.2. Diğer Ülke Uygulamaları	40
4.2.1. Amerika Birleşik Devletlerinde Deşarj Kriterlerinin Belirlenmesi Uygulamaları	40
4.2.1.1. ABD’de Deşarj Kriterleri ile İlgili Yasal Düzenlemeler	40
4.2.1.2. Deşarj Limitlerinin Belirlenmesi için Yaklaşımlar	43
4.2.2. Kanada’da Deşarj Kriterlerinin Belirlenmesi Uygulamaları	45
4.2.2.1. Alberta	45
4.2.2.2. Nova Scotia	46
4.3. Ülkemizde Atıksu Deşarjlarına Yönelik Yasal Düzenlemeler	50
4.3.1. Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği (KAAY)	50
4.3.2. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY)	52
4.3.3. Yüzme Suyu Kalitesi Yönetmeliği	54
4.3.4. Derin Deniz Deşarjına (DDD) Yönelik Mevzuat	55
4.3.5. Tekstil Sektöründe Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrolü Tebliği	57
4.3.6. Tehlikeli Maddelerin Su ve Çevresinde Neden Olduğu Kirliliğin Kontrolü Yönetmeliği	58
5. SU ÇERÇEVE DİREKTİFİ UYGULAMA YÖNTEMLERİ	60
5.1. Marmara Denizi’nde Yapılan Bilimsel Çalışmaların Envanter Analizi	60
5.2. Su Kütleleri Belirlenmesi Yöntemi	61
5.2.1. Temel Prensipler ve İhtiyaçlar	61
5.2.2. Su Kütleleri Belirleme Aşamaları	63
5.3. Marmara Denizi Kara Kökenli Kirleticilerin Analizi	65
5.4. Baskı-Etkilerin Belirlenmesi Yöntemleri	68
5.4.1. LUSI (Land Uses Simplified Index)	71
5.4.2. İtalya’nın Uyguladığı Baskı – Etki Analiz Yöntemi	74

5.5. Büyük Ölçüde Değiştirilmiş Su Kütlelerinin Belirlenmesi Yöntemi	76
5.6. Marmara Denizi Ekolojik Sınıflandırma Yöntemi	78
5.7. İzmit Körfezi Pilot Alanında Deşarj Kriterlerinin Belirlenmesi Yöntemi	79
6. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRMELER	83
6.1. Marmara Denizi'nde Yapılan Bilimsel Çalışmaların Envanter Analizi Sonuçları ve Değerlendirmesi	83
6.2. Su Kütlelerinin Belirlenmesi Sonuçları ve Değerlendirmesi	87
6.3. Kara Kökenli Kirleticilerin Analizi Sonuçları ve Değerlendirmesi	94
6.4. Baskı – Etkilerin Sonuçları ve Değerlendirmesi	107
6.5. Büyük Ölçüde Değiştirilmiş Su Kütleleri Sonuçları ve Değerlendirilmesi	116
6.6. Marmara Denizi Ekolojik Sınıflandırma Sonuçları ve Değerlendirmeleri	117
6.7. İzmit Körfezi Pilot Alanında Deşarj Kriterleri'nin Belirlenmesi Sonuçları ve Değerlendirmeleri	122
7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	131
KAYNAKLAR	137
ÖZGEÇMİŞ	143
EKLER	144

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler ve Açıklamalar Kisaltmalar

AAT	: Atıksu Arıtma Tesisi
AB	: Avrupa Birliği
AKM	: Askıda Katı Madde
BKE	: Biyolojik Kalite Elemanı
BOİ ₅	: Biyolojik Oksijen İhtiyacı
BÖDSK	: Büyük Ölçüde Değiştirilmiş Su Kütlesi
BREF	: Mevcut En İyi Teknikler Referans Belgeleri
CBS	: Coğrafi Bilgi Sistemi
CİG	: Coğrafi İnterkalibrasyon Grupları
ÇED	: Çevresel Etki Değerlendirme
ÇİN	: Çözünmüş İnorganik Azot
ÇO	: Çözünmüş Oksijen
DDD	: Derin Deniz Deşarjı
DSÇD	: Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi
DEKOS	: Deniz ve Kıyı Suları Kalite Durumlarının Belirlenmesi ve Sınıflandırılması Projesi
DPSİR	: Sebep Baskı Durum Etki Önlem
ECOSAN	: Ekolojik Sanitasyon
EKO	: Ekolojik Kalite Oranı
ELD	: Emisyon Limit Değerleri
EN	: Eşlenik Nüfus
EPA	: Çevre Koruma Ajansı
HA	: Hassas alan
IMPRESS	: Baskı-Etki Analizi Teknik Dökümanı
IPPC	: Bütünleşik Kirlenme Önleme ve Kontrolü
ISTAT	: İtalyan Devlet İstatistik Enstitüsü
İSU	: Kocaeli Su ve Kanalizasyon İdaresi
KAAT	: Kentsel Atıksu Arıtma Tesisi
KAAD	: Kentsel Atıksuların Arıtımı Direktifi

KAAY	: Kentsel Atıksuların Arıtımı Yönetmeliği
KKK	: Kara Kökenli Kirleticiler
Klo-a	: Klorofil-a
KOİ	: Kimyasal Oksijen İhtiyacı
LUSI	: Land Uses Simplified Index
MBAS	: Metilen Mavisi ile Reaksiyon Veren Yüzey Aktif Maddeleri
MEMPIS	: Marmara Çevre Master Planı ve Yatırım Stratejisi Projesi
MET	: Mevcut En İyi Teknikler
MA-LUSI	Makro Alg Land Uses Simplified Index
NPDES	: Ulusal Kirlilik Deşarj Eliminasyon Sistemi
SÇD	: Su Çerçeve Direktifi
SKKY	: Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği
SSD	: Sınıf Sınır Değerleri
SYB	: Su Yönetim Birimi
TAKM	: Toplam Askıda Katı Madde
TAM	: Toplam Askıda Madde
TMDL	: Günlük Maksimum Yük
TN	: Toplam Azot
TP	: Toplam Fosfor
TRIX	Trofik İndeks
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
YSK	: Yapay Su Kütleleri
YSKYY	: Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil No:</u>	<u>Sayfa</u>
2.1: İzmit Körfezi'nin coğrafi konumu.	9
3.1: SÇD'nin ilişkili olduğu direktifler.	17
3.2: SÇD'nin temel uygulama basamakları.	18
3.3: Tedbirlilik ilkesine göre sınıflandırma prosedürü.	26
4.1: İmisyon ve emisyon temelli yaklaşım.	30
4.2: SÇD tarafından kapsama alınan noktasal ve yayılı kirletici kaynakların kontrolüne ilişkin mevzuatlar.	31
5.1: Yüzey su kütlelerinin belirlenmesi süreci.	62
5.2: Marmara ve Susurluk Havzaları nüfusunun Türkiye toplam nüfusuna oranı.	66
5.3: DPSIR uygulama süreci örneği.	69
5.4: Planlama sürecinin bileşenleri.	69
5.5: BÖDSK ve YSK belirleme ve tanımlama sürecinin adımları.	77
5.6: CBS ortamında dolgu alanlarının belirlenmesi.	78
5.7: Tedbirlilik ilkesine göre kıyı suları kalite sınıflandırması.	79
5.8: İzmit Körfezi izleme istasyonları.	80
6.1: Marmara Denizi su kolonu istasyonları dağılımı (2005-2013 Yılı).	85
6.2: Marmara Denizi su kütlelerine göre istasyon dağılımı.	86
6.3: Kıyı ve açık deniz istasyonlarının Marmara Deniz'indeki oranları.	87
6.4: Marmara Denizi su kütleleri (SYB'ler).	92
6.5: Marmara ve Susurluk Havzası içerisinde kalan illeri % nüfus dağılımları.	94
6.6: Marmara ve Susurluk Havzası'na ait ilçelerin nüfus dağılımı.	97
6.7: Marmara ve Susurluk Havzası'na ait ilçelerin turizm nüfusu dağılımı.	98
6.8: Marmara ve Susurluk Havzası'na ait atıksu arıtma tesisleri durumları.	99
6.9: Marmara ve Susurluk Havzası'na ait ilçelerin KOİ yük dağılımı.	100
6.10: Marmara ve Susurluk a Havzası'na ait ilçelerin TN yük dağılımı.	101
6.11: Marmara ve Susurluk Havzası'na ait ilçelerin TP yük dağılımı.	102

6.12:	Kıyı alanlardaki LUSI/LUSIVaI metotları ile Klo-a korelasyonu.	109
6.13:	Marmara Denizi su kütlelerinin LUSI metoduyla değerdendirmei.	114
6.14:	Marmara Denizi su kütlelerinin LUSIVaI metoduyla değerdendirmei.	115
6.15:	Marmara Denizi ekolojik durum değerdendirme haritası.	121
6.16:	İzmit Körfezi izleme istasyonları.	123
6.17:	a) 2008-2013 yılı İzmit İç Körfez deniz istasyonları TP değerdelerinin YSKYY Marmara sınır değerdeleriyle karşılaştırılması, b) %10-%90 güven aralığı içerisindeki veriler.	127
6.18:	a) 2008-2013 yılı İzmit Dış Körfez deniz istasyonları TP değerdelerinin YSKYY Marmara sınır değerdeleriyle karşılaştırılması, b) %10-%90 güven aralığı içerisindeki veriler.	127
6.19:	a) 2008-2013 yılı İzmit İç Körfez deniz istasyonları ÇIN değerdelerinin YSKYY Marmara sınır değerdeleriyle karşılaştırılması, b) %10-%90 güven aralığı içerisindeki veriler.	127
6.20:	a) 2008-2013 yılı İzmit Dış Körfez deniz istasyonları ÇIN değerdelerinin YSKYY Marmara sınır değerdeleriyle karşılaştırılması, b) %10-%90 güven aralığı içerisindeki veriler.	128
6.21:	a) 2008-2013 yılı İzmit İç Körfez dere istasyonları TP değerdelerinin YSKYY Marmara sınır değerdeleriyle karşılaştırılması, b) %10-%90 güven aralığı içerisindeki veriler.	128
6.22:	a) 2008-2013 yılı İzmit Dış Körfez dere istasyonları TP değerdelerinin YSKYY Marmara sınır değerdeleriyle karşılaştırılması, b) %10-%90 güven aralığı içerisindeki veriler.	128
6.23:	a) 2008-2013 yılı İzmit İç Körfez dere istasyonları ÇIN değerdelerinin YSKYY Marmara sınır değerdeleriyle karşılaştırılması, b) %10-%90 güven aralığı içerisindeki veriler.	129
6.24:	a) 2008-2013 yılı İzmit Dış Körfez dere istasyonları ÇIN değerdelerinin YSKYY Marmara Sınır değerdeleriyle karşılaştırılması, b) %10-%90 güven aralığı içerisindeki veriler.	129

TABLÖLAR DİZİNİ

<u>Tablo No:</u>	<u>Sayfa</u>
2.1: İzmit Körfezi KAAT durumu.	12
3.1: Geçiş ve kıyı suları için SÇD’de istenen kalite elemanı izleme sıklıkları.	19
3.2: Sistem A tipoloji tanımlayıcıları (SÇD Ek II’den derleme).	21
3.3: Sistem B zorunlu ve seçimlik faktörler (SÇD Ek II’den derleme).	22
3.4: EKO durumlarının özellikleri.	24
3.5: SÇD’ye göre Bulgaristan örneği özet tablosu.	28
3.6: SÇD’ye göre İngiltere örneği özet tablosu.	29
4.1: E.N.’lere ve hassasiyet derecesine göre minimum uygulanması gereken kentsel atıksu arıtımı.	32
4.2: KAAT’lerden ikincil arıtmaya ilişkin deşarj limitleri.	33
4.3: KAAT’lerden ileri arıtmaya ilişkin deşarj limitleri.	33
4.4: AB üye ülkeleri olan Finlandiya, İsveç, İngiltere ve Almanya’nın uyguladığı deşarj limit değerleri.	38
4.5: Amerika Birleşik Devletleri eyaletlerinden Florida, New Jersey, Ohio ve Washington’ın uyguladığı deşarj limit değerleri.	44
4.6: Kanada’nın bazı eyaletlerinde uygulanan deşarj limitleri.	47
4.7: KAAY’a göre alıcı su ortamlarında hassaslık durumu ve nüfus büyüklüğüne göre atıksu arıtma seviyeleri.	51
4.8: İkincil ve ileri arıtmaya ilişkin BOİ5, KOİ ve TAKM deşarj limitleri.	52
4.9: Üçüncül arıtmaya ilişkin TN ve TP deşarj limitleri.	52
4.10: Derin deniz deşarjı için uygulanacak kriterler.	56
4.11: DDD’lerde izin verilebilecek atıksuların özellikleri.	57
5.1: Veri seti boşluk analizi formatı.	61
5.2: Marmara Kıyı suları tipleri ve özellikleri.	65
5.3: Kirlilik yüklerinin nüfusa göre değişimi	66
5.4: İkincil ve ileri arıtmaya ilişkin BOİ5, KOİ ve TAKM deşarj limitleri.	67
5.5: Üçüncül arıtmaya ilişkin TN ve TP deşarj limitleri.	68
5.6: Baskı–etki analizi DPSIR metodu.	68
5.7: Alıcı ortam üzerindeki baskı grupları.	70

5.8:	LUSI indeksinde kullanılan arazi sınıflandırma sistemi bilgileri.	72
5.9:	Baskıların oransal ağırlıklarına göre aldıkları puanlar.	73
5.10:	Kıyısal alanların yapısına göre düzeltme faktörü.	73
5.11:	Uydu görüntülerinden elde edilen baskı çeşitlerinin sınıflandırma aralıkları.	75
5.12:	Sınıflandırması yapılan baskıların değerlendirilmesi.	75
5.13:	Marmara kıyı ve geçiş suları ötrofikasyon kriterleri.	81
6.1:	Marmara Denizi'nde araştırma kurumları tarafından gerçekleştirilen çalışmalar ile zaman serisi istasyonları bilgileri.	83
6.2:	Marmara Denizi su kütleleri (SYB) detay bilgileri.	89
6.3:	Su kütleleri içerisinde tiplerin alansal dağılımı.	91
6.4:	Su kütlelerinin yüzey alanı dağılımları.	93
6.5:	Marmara ve Susurluk Havzası'na ait ilçelerin nüfus, turizm nüfusu ve kirlilik yükleri dağılımı.	103
6.6:	AB'ye üye ülkelerin baskı-etki metotları karşılaştırması.	111
6.7:	LUSI/LUSIVaI metotları sonuçları ile Klo-a ve ekolojik statü ile karşılaştırması.	113
6.8:	SYB'lerin içerisindeki dolgu alanları büyüklüğü ve yüzdesi.	117
6.9:	SÇD'ye uygun olarak ekolojik sınıflandırma aralıkları ve renkleri.	118
6.10:	Marmara Denizi ekolojik durum değerlendirmesi.	120
6.11:	İzmit Köfezi LUSI/LUSIVaI metotları sonuçları değerlendirmesi.	123
6.12:	Deniz istasyonlarının istatistiksel değerlendirmesi.	124
6.13:	Derelerin istatistiksel değerlendirmesi.	125

1. GİRİŞ

Doğal kaynakların mevcut durumu ve etkin biçimde kullanılması, ülkelerin ekonomik gelişimini doğrudan etkilemektedir. Doğal kaynakların korunması, ulusal güvenlik stratejisinin, ekonomik kalkınmanın ve toplumsal gelişim sürecinin önemli bir bileşenidir.

Doğal kaynakların bir bileşeni olan kıyı alanları, sahip olduğu canlı ve cansız kaynak potansiyeline bağlı olarak özellikle son yüzyılda artan yoğun kentleşme, sanayi, ulaştırma, turizm gibi ekonomik, toplumsal ve birbirleriyle yarışan insan kaynaklı faaliyetler için çekici hale gelmiştir [Sönmez, 1993]. Çok yönlü etkileşime açık olan kıyısal alanlardaki bu faaliyetlerin, özellikle açık sularla etkileşimi zayıf kıyı ekosistemleri üzerinde geri dönüşümü çok zor olan ekolojik sorunların ortaya çıkmasına neden olduğu bilinmektedir [UNEP MAP, 2004]. Özellikle kentsel atıksu ve tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan organik madde ve besin (azot, fosfor) tuzu girdileri, kıyı sularında doğal ekolojik özelliklerin aşırı değişimine ve yoğun plankton üretimine kadar varan problemlerin ortaya çıkmasına sebebiyet vermektedir. Su kütlelerinin sıklık ve/veya sınırlı su döngüsü gibi morfolojik ve hidrolojik özellikleri beraberinde, kentleşmenin ve sanayileşmenin yoğunlaştığı kıyısal bölgelerdeki ötrofikasyon problemini arttırmaktadır [WHO, 2002].

Evsel atıksu arıtma sistemleri karbonlu organik maddenin giderilmesine yönelik olarak tasarlanmaktadır. Ancak, alıcı ortamda ötrofikasyonun ve kirliliğin artması sonucu özellikle hassas bölgeler için atıksu deşarjında daha sıkı deşarj limitleri getirilmiştir. Özellikle azot ve fosfor parametrelerinin öncelikle kontrol edilmesi gerekmektedir. Bu durumda pek çok ülkede yeni kurulacak ve mevcut olan arıtma sistemlerinde azot ve fosfor arıtımı için ilave maliyet gerekmektedir. Sürdürülebilir su yönetimi çerçevesinde atıksuyla ilgili olarak da sürdürülebilir bir yaklaşım veya başka bir deyişle ECOSAN (ekolojik sanitasyon) yaklaşımı uygulanmalıdır [Regelsberger et al., 2007]. Bu yaklaşım, evsel sanitasyon sistemleri tasarlanırken daha esnek ve sürdürülebilir çözümler yaratabilmek ve daha az atık oluşturabilmek için su kaynakları ve oluşan atıksuların bir arada düşünüldüğü daha bütünsel uygulamaları içermektedir.

Avrupa'da su kaynaklarını korumaya yönelik ilk yasa 1975'te yürürlüğe giren Avrupa Su Mevzuatı olup, içme suyu sağlamak amacıyla kullanılan nehir ve göllere ilişkin standartları içermektedir.

Söz konusu yasa kapsamında, 1980'de mevcut standartlara içme suyu kalitesine ilişkin bağlayıcı kuralların yanı sıra, balıkların ve kabuklu su hayvanlarının yaşadığı sular ile yeraltı sularının kalitesi ile ilgili düzenlemeler eklenmiştir. 1988'de mevzuat gözden geçirilerek geliştirilmiş, bu kapsamda Kentsel Atıksu Arıtımı, Nitrat ve İçme Suyu Direktifleri yürürlüğe girmiştir. 1990'ların sonuna gelindiğinde ise, Avrupa Su Mevzuatına ilişkin daha küresel ve kapsamlı yaklaşım ihtiyacı doğmuştur. Bunun sonucu olarak da, Avrupa Komisyonu, 23 Ekim 2000'de Su Çerçeve Direktifi (SÇD)'ni kabul etmiştir [Web 5, 2016].

SÇD, Kentsel Atıksuların Arıtılmasına İlişkin Direktif (1991), Nitrat Direktifi (1991), Yüzme Suyu Kalitesi Direktifi (1991), Bütünleşik Kirlenme Önleme ve Kontrolü Direktifi (IPPC Direktifi, 1996) ve İçme suyu Direktifi (1998) gibi suyla ilgili tüm mevzuatları birleştirmesinin yanı sıra yeni unsurlar da getirmiştir. Nehir havzası yönetimi, SÇD'nin ortaya çıkardığı en önemli yeniliktir. Nehir havzalarının yönetimi, nehir alt havzaları bazında önemleri adım adım ele alan bir yaklaşımla ortaya konmuştur. Çünkü nehir havza bölgesi sınırları genellikle idari sınırlardan farklıdır ve nehir havza yönetimi farklı bölge, il ve ülkeler arası iş birliği gerektirmektedir [Wijk et al, 2003].

Kirliliği kaynağında önlemeyi ve tüm kirlilik kaynaklarının sürdürülebilir yönetimini sağlayacak bir kontrol mekanizması oluşturan söz konusu direktifin temel hedefleri.

- Suların korunması kapsamını tüm suları (iç sular, yeraltı suları, kıyı suları ve geçiş suları) içerecek şekilde genişletmek,
- Var olan su kaynaklarının uzun vadeli korunması temel alınarak sürdürülebilir kullanımı teşvik etmek,
- Nehir havzaları yönetimini sağlamak,
- Emisyon limit değerlerine ve kalite standartlarına bütüncül bir yaklaşım geliştirmek,
- Ekonomik fizibilite analizlerini yapmak ve
- Halkın katılımını arttırmaktır.

SÇD'nin bir diğer önemli değişikliği de noktasal kaynaklı kirliliklerin kontrolünü boru sonu çıkış değerlerine göre değil alıcı ortamın kalitesine göre bütüncül bir yaklaşımla belirlenmesidir. Söz konusu kalite kriterleri belirlenirken alıcı ortamın “iyi ekolojik ve kimyasal duruma” ulaşması hedeflenmektedir. Bu nedenle, su kaynağı bütüncül bir yaklaşımla ele alınmalıdır. Bu çerçevede su kaynağının sürdürülebilir ve etkin olarak kullanılması “Bütünleşik Su Kaynakları Yönetimi” kavramını ortaya çıkarmıştır.

Turizm potansiyelinin, doğal güzelliklerin ve sosyo-ekonomik kaynakların büyük bir kısmını barındıran ve bu özelliği ile ülke ekonomisine önemli ölçüde katkıda bulunan ülkemizdeki kıyısız alanların bir bölümü kirlenme tehdidiyle karşı karşıyadır. Bu alanlarda ekosistemin korunabilmesi için öncelikli olarak organik madde ve besin elementleri olmak üzere karasal kaynaklı kirlleticileri azaltma ve önleme programlarının geliştirilerek uygulanması gerekmektedir. Kentsel atıksularda organik madde ve besin elementleri yükünün alıcı ortam ekolojik özellikleri esas alınarak belirlenmiş bilimsel verilere dayanarak ve ülke koşullarına uygun olarak giderilmesi seçeneklerinin doğru tanımlanması, önemli yatırımlarla gerçekleştirilen/gerçekleştirecek kirlilik azaltma/önleme çalışmalarına önemli bir girdi oluşturacaktır.

Ülkemiz, SÇD'yi uygulama sürecindedir ve direktifin gereği olan yönetmeliklerin büyük bir kısmı yürürlüğe girmiştir. Bu kapsamda, noktasal kirliliğin kontrolünün sağlanması için 2004 yılında “Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY)” ile 2006 yılında “Kentsel Atıksuların Arıtılmasına İlişkin Yönetmelik (KAAY)” yayınlanmıştır. Ayrıca, SKKY'ye bağlı olarak 2009 yılında “Derin Deniz Deşarjı Genelgesi”, 2010 yılında “Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği” ve KAAY Yönetmeliği'ne bağlı olarak da 2009 yılında “Hassas ve Az Hassas Su Alanları Tebliği” yürürlüğe girmiştir. Noktasal kaynakların korunması kapsamında bir diğer yönetmelik ise “Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrolü Direktifi (IPPC Direktifi) (96/61/EC)” olup ülkemizde söz konusu yönetmeliğin karşılığı bulunmamakla beraber, yönetmeliğin ele aldığı en önemli sektörlerinden biri olan tekstil sektörü üzerine 2011 yılında “Tekstil Sektöründe Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrolü Tebliği” yürürlüğe konmuştur.

Yayılı kaynakların kontrolü kapsamında Avrupa Birliği (AB) Nitrat Direktifi'ni (91/676/EEC) temel alan; fakat, yönetmeliğin gerekliliklerinin bir kısmını karşılayabilen “Tarımsal Kaynaklı Nitrat Kirliliğine Karşı Suların Korunması Yönetmeliği” 2016 yılında yürürlüğe girmiştir. Aynı zamanda “Katı Atık Kontrolü Yönetmeliği” kapsamında sızıntı sularının arıtılması zorunluluğu getirilmiştir.

Bu kapsamda; bir taraftan noktasal kirliliğin kontrolüne ilişkin yayınlanan yönetmeliklerin uygulanması için geliştirilen projeler, diğer taraftan da SÇD kapsamında bütünleşik havza yönetiminin uygulanmasını hedefleyen projeler gerçekleştirilmeye başlanmıştır. Buna karşın, yayılı kaynaklı baskıların alıcı ortam üzerine etkilerinin belirlenmesi, SÇD isterlerine uygun nehir ve kıyı sularının kalite sınıflandırması ve buna bağlı olarak çevresel hedeflerin belirlenmesi gerekmektedir. Ayrıca, belirlenen çevresel hedeflerin yatırım planlarına aktarılması çalışmalarına büyük ihtiyaç duyulmaktadır.

1.1. Tezin Amacı, Katkısı ve İçeriği

Marmara Denizi, Karadeniz ve Akdeniz kökenli suların iki tabakalı bir yapı oluşturduğu, kıtalar arasına sıkışmış ve farklı jeolojik süreçlerin biçimlendirdiği bir iç denizimizdir. İstanbul Boğazı'yla Karadeniz'e, Çanakkale Boğazı ile de Ege Denizi ve Akdeniz'e bağlanır. Bu özellikleri ile Marmara Denizi hem doğal süreçlere hem de komşu denizlerdeki baskı unsurlarına mazur kalmakta ve aynı zamanda da kendi iç dinamik ve baskıları ile etkilenilmektedir.

Türkiye nüfusunun yaklaşık %23'ü bu bölgede bulunmakta olup, Marmara ve Susurluk Havzalarını kapsamaktadır. Özellikle İstanbul, Kocaeli ve Bursa gibi yoğun kentleşme ve sanayinin bulunduğu bir bölgedir. Bu nedenle, Marmara Denizi kentsel, endüstriyel ve yayılı kaynaklı kirleticilerin baskısı altındadır. Söz konusu denizin konumu, yapılan çalışmalar, elde edilen veriler ve baskıların bütünleşik olarak ele alınıp SÇD'ye göre uyumlaştırılması açısından bu tez çalışmasında değerlendirilmesi düşünülmüştür.

Bu çalışmayla, Marmara Denizi kıyı alanlarının SÇD'ye göre bütüncül bir yaklaşımla ele alınması açısından ülkemizde genel olarak birbirinden bağımsız olarak yapılan araştırmalara göre bir üstünlük sağlanması hedeflenmektedir. Ayrıca, SÇD'de belirtilen kıyı karakteristiklerinin, su kütlelerinin ve bunlar üzerindeki baskı-

etkilerin belirlenmesi ile SÇD'ye göre kıyı sınıflandırması açısından yapılan ilk uygulama niteliğini taşımaktadır. Bunun yanı sıra; SÇD'ye bağlı olarak kentsel atıksuların bertarafı ile ilgili hükümleri içeren Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği (KAAY) uyarınca kıyı alanlarının hassasiyet durumu ve SÇD'nin kıyı sınıflandırmasına uygun olarak Marmara Denizi'nde pilot bölge olarak seçilen İzmit Körfezi özelinde deşarj kriterlerinin belirlenmesi hedeflenmektedir. Bu kapsamda, SÇD'nin de öngördüğü alıcı ortamın durumunu ve emisyon limit değerlerini (ELD'leri) birlikte ele alarak deşarj kriterlerinin belirlenmesi açısından örnek teşkil etmektedir.

Bu tez çalışmasının ilk bölümünde; Marmara Denizi ve pilot bölge olarak seçilen İzmit Körfezi'nin oşinografik özelliklerinin yanı sıra genel özellikleri hakkında bilgi verilmiştir. İkinci bölümde; SÇD'nin anlaşılması ve uygulamasına yönelik detaylı bilgiler sunulmuştur. Ayrıca, SÇD'yi uygulayan ülkelerin kıyı uygulama aşamaları ortaya konulmuş ve bu ülkelerin kullandıkları temel yöntemlerin sentezi sunulmuştur. Üçüncü bölümde; kıyılarda iyi çevresel koşulların sağlanabilmesi için belirlenen deşarj kriterlerini belirleme yöntemleri ve ülke uygulamaları detaylandırılmıştır. Dördüncü bölümde; SÇD basamaklarının Marmara Denizi'ne uygulanma yöntemleri detaylı olarak açıklanmıştır. Beşinci ve son bölümde ise SÇD'nin Marmara Denizi'ne uygulanmasının sonuçları, deşarj kriterleri belirlemede pilot bölge olarak seçilen İzmit Körfezi sonuçlarının değerlendirilmesi, sonuçların tartışılması ve öneriler verilmiştir.

2. MARMARA DENİZİ VE İZMİT KÖRFEZİ'NİN GENEL ÖZELLİKLERİ

Bu tez çalışmasında Marmara Denizi'nin SÇD kapsamında değerlendirilmesi ve uyum çalışmaları ile Marmara Denizi içerisinde yer alan İzmit Körfezi'nin deşarj kriterleri ortaya konmuştur. Marmara Denizi ve İzmit Körfezi'ne ait genel özellikler aşağıda verilmiştir.

2.1. Marmara Denizi

Marmara Denizi, tümüyle Türkiye sınırlarının içinde yer alan bir iç deniz özelliği taşımakta olup ilk çağlardaki adı Propontis'tir. Topoğrafik ve hidrografik özellikleri, bu denizin dinamiği ve sağlığı üzerinde önemli rol oynamaktadır. Marmara Denizi'ni, Ege ve Karadeniz'e bağlayan iki önemli su yolu İstanbul Boğazı ve Çanakkale Boğazı'dır. İstanbul Boğazı'nın her iki ağzında mevcut bulunan eşikler (güneyde 33 m, kuzeyde 60 m derinliklerde), boğazın ve dolayısı ile Marmara Denizi'nin hidrodinamiği üzerinde kontrol edici özelliklere sahiptirler [Beşiktepe vd., 1994].

Türk Boğazlar Sistemi yoluyla basene giren ve farklı hidrografik özelliklere sahip su kütleleri, Karadeniz ve Akdeniz kaynaklı suların oluşturduğu iki tabakalı sistem tarafından belirlenir. İstanbul Boğazı'ndan üst tabaka akıntısıyla Marmara'ya giren düşük tuzluluk değerlerine sahip Karadeniz kaynaklı sular yaklaşık 25 m kalınlığındaki üst tabakayı oluştururken, Çanakkale Boğazı'na alt tabaka akıntısıyla giren Akdeniz kaynaklı yüksek tuzlu sular ise yüksek hacimli alt tabaka kütlelerini oluşturmaktadır. Atmosfer ile doğrudan iletişimde olan üst tabakanın sıcaklık ve tuzluluk dağılımı mevsimsel değişim gösterirken, alt tabakanın sıcaklık ve tuzluluk dağılımı, Çanakkale Boğazı'ndan giren su kütlelerinin Marmara alt tabakasındaki üç boyutlu yayılım ve girişiyle belirlenir [Ünlüata vd., 1990], [Beşiktepe vd., 1994], [Tutak vd., 2011].

Karadeniz ve Ege kökenli sular Boğazlarda olduğu gibi Marmara Denizi'nde de belirgin iki tabaka meydana getirirler. İstanbul Boğazı'nın Karadeniz girişinde üst ve alt tabakaları ayıran ara tabaka yaklaşık 5 m kalınlığındadır ve 40-50 m derinliklerde bulunur. Boğazın Marmara çıkışına kadar bu ara tabaka 10-15 m kalınlığa ulaşır ve yaklaşık 25 m derinliğe yükselir.

Marmara Denizi boyunca piknoklin 20-25 m derinliklerde görülür ve oldukça karardır. Çanakkale Boğazı Ege Denizi çıkışında ise ara tabaka 10 m derinliğe kadar yükselir. Marmara Denizi'nde, yüzey-50 m arasındaki üst tabakanın sıcaklığı mevsimsel olarak belirlenirken, 50 m'nin altında sıcaklık monoton olarak düşmektedir. Derinlik boyunca tuzluluk ve sıcaklık dağılımları incelendiğinde ise doğrudan anlaşılmayan ikincil bir ara tabakalaşma görülmektedir. Yaklaşık 200-300 m derinlik bandında yer alan yüksek tuzlu su kütlesi, Akdeniz'den giren yüksek tuzluluk ve sıcaklığa sahip ve dolayısıyla daha düşük yoğunlukta olan su kütlelerinin bu derinlikte hapsolmesiyle ortaya çıkmaktadır. Yüzey karışım tabakasının derinleştiği zamanlarda erozyona uğrayan bu tuzluluk maksimum tabakası, Akdeniz kaynaklı suların Marmara Denizi'nde derinlik boyunca yayılımındaki özgün dinamiklerin göstergesidir [Ünlüata vd., 1990], [Beşiktepe vd., 1994], [Tutak vd., 2011].

Toplam 11.350 km² lik bir alana ve 3.378 km³lük bir hacime sahip olan Marmara Denizi, güneyde kısmen sığ olan geniş bir sahanlık bölgesiyle, kuzeyde derinlikleri batıdan doğuya doğru sırasıyla 1.152 m (Tekirdağ Baseni), 1.265 m (Orta Marmara Baseni) ve 1.097 m (İstanbul Baseni) olan bir seri depresyonla sınırlanmıştır. Bu çukurlar 600-700 m derinliğe sahip eşiklerle birbirlerinden ayrılmışlardır. Karadeniz ile Ege Denizi arasında bir geçiş bölgesi meydana gelmesi sebebiyle, Marmara Denizi'nin oşinografik özellikleri, komşu denizlerin oşinografik özelliklerinden meydana gelen değişimlerle yakından ilgilidir. Bölgesel sosyo-ekonomik gelişmelerin gerektireceği deniz ulaşımı, sanayi ve evsel atıksu deşarjları vb. gibi artan ihtiyaçlar göz önüne alındığında, Türk Boğazlar Sistemi'nin su kütlelerine ilişkin mevcut sağlık durumları ile dinamik özelliklerinin bilinmesi önem kazanmaktadır. Bu sebeple, Marmara Denizi genelinde kısa ve uzun dönemde meydana gelen değişimler incelendiğinde Karadeniz üst tabaka (0-200 m) ve Ege Denizi alt tabaka sularındaki olası değişimlerin göz önünde tutulmasında yarar vardır.

Marmara Denizi üst tabakasındaki ekosistem gerek Karadeniz kaynaklı gerekse karasal kaynaklı kimyasal girdilerle beslenirken, Çanakkale alt akıntısıyla Ege'den giren ve Marmara'nın alt tabakasını oluşturan tuzlu suların kimyasal özellikleri, yüzeyden çökelen partiküllerin kimyasal bileşenlerinin yoğun etkisi altındadır [Tutak vd., 2011].

Marmara Denizi'nde mevsimsel bir sıcaklık tabakalaşması (termoklin) gözlenmektedir. Bunun yansıması, Karadeniz kökenli az tuzlu (%16-18) yüzey sularının ve Ege kökenli tuzlu (%38,5-39,0) alt tabaka sularının meydana getirdiği sürekli yoğunluk tabakalaşmasının (piknoklin) varlığı kirleticilerin, besin maddelerinin ve buna bağlı olarak birincil üretimin yer ve zaman içinde değişiminde ve doğal çevrimlerinde önemli rol oynamaktadır.

Marmara Denizi bir taraftan alt tabaka sularında tamamen oksik şartların hüküm sürdüğü Karadeniz, diğer tarafta ise konvektif karışımlarla derinlik boyunca tüm su kütlelerinin oksijence zenginleştirildiği Akdeniz/Ege Denizi bağlantısı arasında bulunmaktadır ve alt tabaka sularının içerdiği oksijen miktarı, bu iki deniz arasında bir geçiş durumunu yansıtmaktadır. Marmara Denizi'nde gözlenen en önemli özellik, alt tabaka sularında sürekli ve belirgin bir oksijen eksikliğinin varlığıdır [Polat vd., 1995].

Marmara'nın ışık alan üst tabakasına Karadeniz'den, karasal kaynaklardan ve alt tabakadan sürekli besin tuzları girdisi vardır. Fakat, bunların büyük bir kısmı fotosentez yoluyla kullanıldığı için, Marmara yüzey sularında ölçülen nitrat ve fosfat konsantrasyon değerleri yıl boyunca genellikle düşüktür. Marmara'nın alt tabakasındaki tuzlu suları, yüzeydeki Karadeniz sularından ayıran keskin ara geçiş tabakasında (halokin) besin tuzlarının (nitrat, fosfat ve silikat) değerleri artış göstermektedir. Haloklin altındaki tuzlu sulara ulaşıldığında, besin tuzları en yüksek konsantrasyon değerlerine sahiptir. Alt tabakadaki oksijen minimum derinliklerinde en yüksek seviyeye ulaşan nitrat ve fosfat değerleri, 500 metrenin altındaki sularda tabana doğru az da olsa azalan bir değişim gösterir.

2.2. İzmit Körfezi Pilot Bölgesi

İzmit Körfezi batıda Yelkenkaya Burnu'ndan (Tuzla/İstanbul) başlar ve körfez sonuna yani İzmit şehrinin önlerine kadar dar ve uzun bir oluk şeklinde uzanır. Körfez'in uzunluğu 48 km kadardır (Şekil 2.1). Körfez'de, batimetrik açıdan, farklı üç değişik morfolojik kesim göze çarpmaktadır. Bu yapılar oşinografik özellikleri ile de farklılıklar göstermektedir.

Marmara Denizi'ne açılan körfez kesimi batıda Marmara'nın 1.200 m'yi aşan çukurlarının devamı olarak gelmekte ve güneyde de Yelkenkaya Burnu hizalarında bitmektedir. Bu bölüm doğudan kuzeye doğru üçgen şeklinde bir çıkıntı yapan Hersek Deltası ile sınırlanır. Su derinliği batıda 200 m'nin üzerindeyken Hersek Deltası eşiğinde 50 m'nin biraz altındadır. Hersek Deltası ile Gölcük-Yarımca Eşiği arasında yer alan orta kesim körfezin en geniş alan kaplayan bölümüdür. Burada derin alanlar güney kesimde toplanmıştır. Yani dip topografyası asimetriktir. En derin yeri Ulaşlı önlerinde 200 m civarındadır.

Gölcük-Yarımca eşiğinin doğusunda yer alan körfezin son bölümü sık olup, derinliği 40 m'yi bulmaz. Körfez doğuda bataklık alçak alanlarla sınırlanarak sona erer. Bu alçak kesim ve Hersek deltası dışında körfez her taraftan tepeler ve yüksekliklerle çevrilidir. Bu durum dip topografyasına da yansır ve kıyılar dik eğimli bir yamaç halinde derin kesime geçer [Atabay vd., 2011]



Şekil 2.1: İzmit Körfezi'nin coğrafi konumu.

Marmara Denizi'nin kuzey doğusunda yer alan ve iki tabakalı bir su kütlesine sahip İzmit Körfezi'nin hidrografik özellikleri genelde Marmara Denizi'ne benzemektedir. Üst tabaka Karadeniz kaynaklı olup kalınlığı genelde 10-15 metre arasında değişmektedir. 25-30 metre derinlikten başlayan alt tabakayı Akdeniz kaynaklı, tuzluluğu yaklaşık % 38,5 olan daha yoğun bir su kütlesi oluşturur.

Bu iki tabaka arasında ise haloklin olarak adlandırılan ve iki farklı su kütlesinin karışımının meydana getirdiği bir geçiş tabakası mevcuttur. Bu üç tabakanın kalınlığı körfezde meteorolojik koşullara bağlı olarak mevsimsel değişim göstermektedir. Üst tabaka kalınlığının arttığı yaz döneminde yüzey suyu tuzluluğu genellikle % 22-24 iken, sıcaklığın düşmesi ve rüzgarın etkisinin neden olduğu sonbahar-kış karışımı sonucu yüzey suyu tuzluluğu Marmara'da olduğu gibi, İzmit Körfezi'nde de artış göstermektedir.

Marmara Denizi'ne benzer şekilde çözünmüş oksijen (ÇO) değerleri Doğu kesimi hariç termoklin tabakasından itibaren aşağıya doğru ani bir azalma gösterir. İki tabakalı Körfez sularının Marmara açık deniz sistemi ile su değişiminin çok zayıf ve akıntı rejiminin oldukça yavaş özellikle yaz sonlarına doğru alt ve ara tabaka sularında ÇO konsantrasyonunun zaman zaman ölçüm sınırının altına düşmesine neden olmaktadır.

Mekansal dağılıma bakıldığında, ÇO değerleri Körfez'in anoksik koşullarının olduğu orta ve doğu baseninde ölçüm sınırının altına inmektedir. Bu basenlerde H₂S oluşumlarından da söz edilmektedir [Balkıs.N., 2003], [Sur vd, 2006].

Körfezin 2000-2002 yılları arasında yaz aylarında alt su oksijen doygunluk değerinin Doğu Körfez'de %20'lere, Orta ve Batı Körfez'de ise %10'un altına (<1 mg/l) kadar indiği tespit edilmiştir [Tolun vd., 2002]. En düşük seki disk değerleri Batı, Orta ve Doğu basende sırasıyla 4, 3 ve 2 m olarak ölçülmüştür. Bu çalışmada ayrıca bahar aylarında elde edilen en yüksek Klorofil-a (Klo-a) değerleri 2001 yılının Mart ayında Batı, Orta ve Doğu körfezde sırasıyla yaklaşık 7, 18 ve 15 µg/l olarak ölçülmüştür.

2007 yılında tamamlanan Marmara Çevre Master Planı ve Yatırım Stratejisi (MEMPHIS) Projesi kapsamında gerçekleştirilen izleme çalışması sonuçları da bu değerlerle uyumlu bulunmuştur. Bahsedilen çalışma sonuçlarına göre hesaplanan trofik indeks (TRIX) değerinin 4,7 ile 5,9 arasında değiştiği saptanmıştır [Sur vd, 2006]. Bu değerler yüksek ötrofikasyon riskine işaret etmektedir [Giovanardi et al., 2004].

Körfez’de 2007-2008 yıllarında gerçekleştirilmiş olan izleme çalışmaları kapsamında elde edilen TRIX değerlerinin (4,1-6,8), K_{lo}-a değerlerinin (5-20 µg/l) ve oksijen sonuçlarının önceki çalışmalara ait sonuçları desteklediği görülmüştür [Atabay vd., 2011].

İzmit Körfezi kıyısız alanlarında kentsel atıksız arıtma tesisi (KAAT) altyapı durumu bilgisi Tablo 2.1’de verilmektedir. İzmit Körfezi sanayi açısından oldukça gelişmiştir. Körfezde yer alan Kocaeli ve Yalova illerinde önemli sanayi faaliyetleri bulunmaktadır. Söz konusu illerin sanayi durumları aşağıda değerlendirilmiştir.

Kocaeli İlinde, 1984 yılında İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi tarafından hazırlanan “Çevresel Kalite Ölçütlerinin Belirlenmesi ve Teknolojik Esasların Saptanması” Projesi Sonuç Raporu’nda, sanayileşmenin başlangıcı olarak belirtilen 1960’lı yıllardan 1990’lı yıllara kadar sanayi kuruluşlarının daha çok Yarımca, Merkez ve Körfez’in doğu kesiminde, 1990’lı yıllardan sonra ise Dilovası ve Gebze’ye doğru yoğunlaştığı belirtilmiştir.

Kocaeli Sanayi Odası’na kayıtlı 1690 adet firma bulunmaktadır. Bu firmaların 62 adedi gıda, 66 adedi tekstil, 38 adedi tarım ilaçları üretimi, 65 adedi ana metal ürünleri, 121 adedi otomotiv, 63 adedi ise kimya ve ilaç üretimi sektörlerinde faaliyet göstermektedir. Yalova Ticaret ve Sanayi Odası kayıtlarına göre, İlde 2008 yılı itibarı ile bulunan büyük ölçekli sanayi kuruluşları ile konfeksiyon dikim atölyelerinin sayısı; 17’si gerçek, 117’si tüzel olmak üzere toplam 134’tür. Yalova’da kurulması planlanan 2 adet OSB, henüz faaliyette değildir [Ayaz vd., 2010].

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından İzmit Körfezi 2009 yılında Kentsel Atıksız Arıtma Tesisleri Hassas ve Az Hassas Alanlar Tebliği’ne göre hassas alan (HA) olarak ilan edilmiştir.

Tablo 2.1: İzmit Körfezi KAAT durumu.

İl	İlçe	Belde	Tesise Bağlı Olan Yerleşimler	Çalışma Durumu	KAAY Tebliğ Durumu	Mevcut Durum	KAAY'a Göre Olması Gereken
Kocaeli	Kocaeli	Başiskele	42 Evler AAT - İzmit doğu endüstriyel kuruluşlar, Karşıyaka	Faal	HA	İkincil Arıtma	Üçüncül Arıtma
Kocaeli	Kocaeli	Başiskele	Kullar AAT - Uzunçiftlik, Yuvacık, Bekirpaşa, Suadiye, Kullar, Köseköy, Alikahya, Arslanbey	Faal	HA	İkincil Arıtma	Üçüncül Arıtma
Kocaeli	Kocaeli	İzmit	Plajyolu AAT - Plajyolu, Büyükdербent, Uzuntarla, Sarımeşe, Kuruçeşme, Saraybahçe	Faal	HA	Üçüncül Arıtma	Üçüncül Arıtma
Kocaeli	Gölcük	Gölcük	Gölcük Yeniköy AAT - Gölcük, Hisareyn, ihsaniye, Değirmendere, Halıdere, Başiskele, Yeniköy, Bahçecik	Faal	HA	İkincil Arıtma	Üçüncül Arıtma
Kocaeli	Karamürsel	Karamürsel	Ulaşlı, Karamürsel, Dereköy, Ereğli	Faal	HA	İkincil Arıtma (DDD)	Üçüncül Arıtma
Kocaeli	Körfez	Körfez	Körfez, Hereke, Derince	Faal	HA	İkincil Arıtma	Üçüncül Arıtma
Yalova	Yalova	Merkez	Çiftlikköy, Taşköprü, Termal, Yalova, Kadıköy	Faal	HA	Üçüncül Arıtma	Üçüncül Arıtma
Yalova	Armutlu	Armutlu	Armutlu AAT	Faal	HA	İkincil Arıtma	İkincil Arıtma
Yalova	Altınova	Altınova	TASK_KAB Altınova - Altınova, Tavşanlı, Subaşı, Kaytazdere	Faal	HA	İkincil Arıtma (DDD)	Üçüncül Arıtma
Yalova	Çınarcık	Çınarcık	Teşvikiye, Kocadere, Çınarcık Merkez	Faal	HA	İkincil Arıtma	Üçüncül Arıtma
Yalova	Çınarcık	Esenköy	Esenköy AAT	Faal	HA	İkincil Arıtma	Üçüncül Arıtma

Kuzeyinde Karadeniz ve İstanbul (Şile ilçesi), doğusunda Sakarya, güneyinde Bursa ve batısında İstanbul ile Yalova bulunur. Kocaeli İli nüfusu, 2013 yılı adrese dayalı nüfus kayıt sistemine göre 1.601.720 kişidir. Asya ile Avrupa'yı birleştiren önemli bir yol kavşağında bulunan il sınırları içerisinde kalan İzmit Körfezi işlek bir deniz yoludur. Küçük bir alana sahip olan Kocaeli'nin yüzölçümü 3.505 km²'dir. Kocaeli ili merkez ilçe İzmit dışında, 11 ilçe ve 653 yerleşim biriminden oluşmakta olup, bu ilçelerden Marmara Havzası sınırları içinde yer alan ilçeler Başiskele, Çayırova, Darıca, Derince, Dilovası, Gebze, Gölcük, İzmit, Kandıra, Karamürsel, Kartepe ve Körfez'dir [Ayaz vd., 2010].

İller Bankası tarafından hazırlanan "İzmit Körfezi'nin Atıklarından Arındırılması Projesi", İzmit Körfezi'nin Kocaeli ve Yalova illerine bağlı Yarımca-Altınova yerleşim beldeleri arasında kalan 27 Belediye sınırları içerisindeki endüstriyel ve evsel atıksuların arıtılmadan doğrudan körfeze ya da körfeze boşalan derelere verilmesi nedeniyle atıksularla kirlenmesinin önüne geçilmesini hedeflemektedir. Bu kapsamda 2 aşamalı bir çalışma başlatılmıştır [Web 2, 2016].

Yarımca-Yuvacık yerleşim alanları arasında yapılması planlanan 180.764 m şebeke, 79.062 m kollektör hattı, 6 adet terfi merkezi, 1 adet arıtma tesisi ve 1242 m uzunluğundaki derin deniz deşarj hattı imalatları 1984-1995 yılları arasında 1. aşama tamamlanarak ilgili belediyelere teslim edilmiştir.

Yuvacık-Altınova yerleşim alanları arasında yapılması planlanan 1.051.111 m şebeke, 65.517 m kollektör, 3.048 m tahkimat, 15 adet terfi merkezi, 5 adet arıtma tesisi, 2597 m uzunluğundaki deşarj hattından oluşan imalatların yapımına ise 1997 yılında başlanmıştır. Kollektör hatlarının deprem sonrası hasar gören 13.079 m'lik bölümünün yenilenmesi 2000 yılı içinde 2. aşama tamamlanmıştır.

Ülkemizin yedi coğrafi bölgesindeki sanayi durumu değerlendirildiğinde, sanayi işletmelerinin %48'inin Marmara Bölgesi'nde, %17'sinin İç Anadolu Bölgesi'nde, %14'ünün Ege Bölgesi'nde, %8'inin Akdeniz Bölgesi'nde, %6'sının Karadeniz Bölgesi'nde, %5'inin Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde ve %2'sinin Doğu Anadolu Bölgesi'nde yer aldığı görülmektedir. Marmara Bölgesi'ndeki illerin sanayi oluşumuna göre bir değerlendirmesi yapıldığında, %65 ile İstanbul ilk sırada, %17 ile Bursa 2. sırada, %5 ile Kocaeli 3. sırada yer almaktadır [Web 2, 2016].

Kocaeli İli'nde Kocaeli Su ve Kanalizasyon İdaresi (İSU) Genel Müdürlüğü görev ve yetki alanının içerisinde bulunan sanayi kuruluşlarının mevzuat çerçevesinde öngörülen gerekli tedbirleri alması gerekmektedir. İl genelindeki atıksu

sisteminin sevk ve idare edilebilir hale getirilmesi, etkin ve verimli bir şekilde işletilmesi, işletmede insan hatasının ortadan kaldırılması, aşırı yağışlı zamanlarda bütün sistemin izleme kumandası ve sanayi tesislerinin kanalizasyon hatlarına yönetmeliklerle belirlenen deşarj limitleri dışında deşarj yapmasının önüne geçilmesi için “Atıksu Scada Sistemi” kurulmuştur [Web 2, 2016]. Ayrıca, sanayi tesislerinden kaynaklı su kirliliğini önlemek amacıyla çeşitli projeler gerçekleştirilmiştir. İzmit Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü “İzmit Körfezi Atıksu Kirliliğini Önleme Projesi” söz konusu projelere örnek olarak verilebilir. Proje kapsamında yapılan işler aşağıda özetlenmiştir:

- Körfez Kollektör Hattı ve 8 adet AAT Projesi hayata geçirilmiştir. Arıtılmadan derelere, dereler vasıtasıyla da denize (körfeze) deşarj olan ve körfezdeki kirlilik yükünü arttıran atık sular, AAT’lerde arıtıldıktan sonra deşarj edilmeye başlanmıştır.
- Yüzey sularının, yağan yağmur sularıyla birlikte kontrolsüz olarak denize deşarj olmasını engellemek için liman ve iskelelerde bariyerler yaptırılmıştır.
- Liman ve iskelelere 30 adet AAT kurulmuştur. AAT yapılmasına gerek duyulmayan yerlerde ise çöktürme havuzları yaptırılmıştır.
- Gebze Organize Sanayi Bölgesi (GOSB), Gebze Plastikçiler – Gebze Taysad ve Güzeller Organize Sanayi Bölgelerinin toplu AAT’leri bitirilmiş ve hizmete açılmıştır.
- Kocaeli Büyükşehir Belediyesi’nce Gebze İlçesi’nde bir adet AAT yapılmış ve tesis Mayıs 2011 itibariyle aktif olarak hizmet vermeye başlamıştır.

Yalova ili, Marmara Bölgesi’nin güneydoğusunda, Türkiye’nin kuzeybatısında yer alır. İlin kuzeyinde ve batısında Marmara Denizi, doğusunda Kocaeli (Karamürsel İlçesi), güneyinde Bursa (Orhangazi, Gemlik ve İzmit İlçeleri) ve Gemlik Körfezi yer almaktadır. 839 km²’lik yüzey alanı ile ülke yüzölçümünün %0,11’lik bölümünü kaplamaktadır.

Merkez İlçe, Altınova, Armutlu, Çınarcık, Çiftlikköy ve Termal olmak üzere toplam 6 ilçeden oluşur. Bunun haricinde 9 adet belde bulunmaktadır. Yalova İli’nin tamamı Marmara Havzası sınırları içinde yer almaktadır [Ayaz vd., 2010].

Yalova İli'ndeki yoğun sanayileşme ve kentleşme çevre sorunlarını da beraberinde getirmektedir. Yalova İli içerisinde yer alan derelerin tümü İzmit Körfezi'nin batı bölgesine dökülmektedir. Bu nedenle debilerine bağlı olarak İzmit Körfezi üzerinde baskı oluşturmaktadır.

Yalova'da; Çiftlikköy/Taşköprü Sanayi Sitesi ve Merkez/Kirazlı Sanayi Sitesi olmak üzere toplu işyeri niteliğinde inşa edilmiş iki adet küçük sanayi sitesi bulunmaktadır. Bu iki sanayi sitesinde yaklaşık 800 küçük işletme faaliyet göstermektedir. Altınova İlçesi'nde bulunan Tersaneler Bölgesi'nde 40 tersane için yaklaşık 4 km'lik bir sahil şeridi ayrılmıştır. Bu alanda yatırım yapan tersanelerden 24 adedi inşaat işlemlerini bitirmiş, sanayi sicil belgelerini alarak üretime başlamıştır.

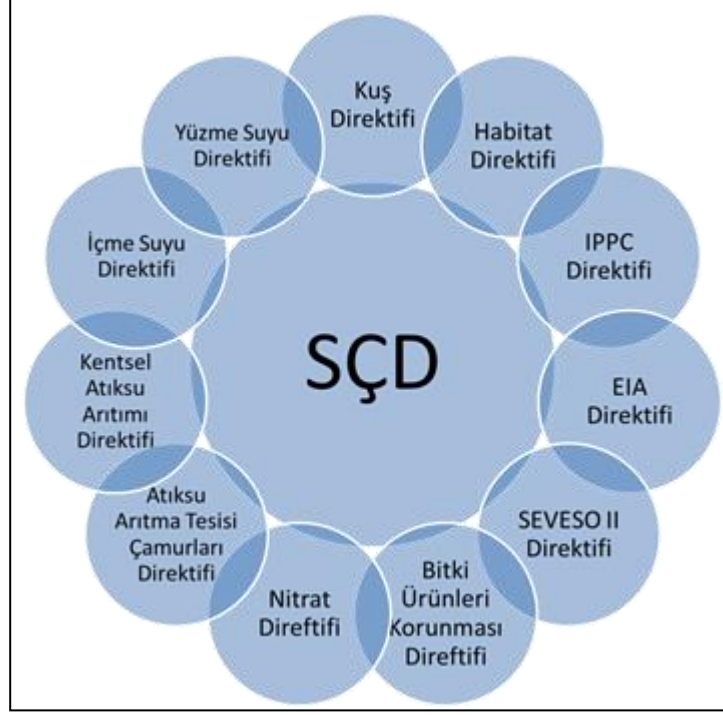
Yalova kıyısal alanları evsel ve endüstriyel atıksu kirliliğince baskı altındadır. Özellikle deşarj edilen organik, inorganik ve zehirli (toksin) maddeler su kalitesinin bozulmasının temel nedenleri arasında sayılabilir [Web 3, 2016].

3. SU ÇERÇEVE DİREKTİFİ'NİN ANLAŞILMASI VE UYGULANMASINA YÖNELİK LİTERATÜR ÇALIŞMASI

Avrupa'da su kaynaklarını korumaya yönelik ilk yasa 1975'te yürürlüğe giren Avrupa Su Mevzuatı olup içme suyu sağlamak amacıyla kullanılan nehir ve göllere ilişkin standartları içermektedir.

Yasa kapsamında, 1980'de yayınlanan mevcut standartlara içme suyu kalitesine ilişkin bağlayıcı kuralların yanı sıra, balıkların ve kabuklu su hayvanlarının yaşadığı sular ile yeraltı sularının kalitesi ile ilgili düzenlemeler eklenmiştir. 1988'de mevzuat gözden geçirilerek geliştirilmiş, bu kapsamda Kentsel Atıksu Arıtımı, Nitrat ve İçme Suyu Direktifleri yürürlüğe girmiştir. 1990'ların sonuna gelindiğinde ise Avrupa Su Mevzuatı'na ilişkin daha küresel ve kapsamlı yaklaşım ihtiyacı doğmuştur. Avrupa Komisyonu, 23 Ekim 2000'de SÇD'yi kabul etmiştir [Web 5, 2016].

SÇD, Kentsel Atıksuların Arıtılmasına İlişkin Direktif (KAAD Direktifi) (1991), Nitrat Direktifi (1991), Yüzme Suyu Kalitesi Direktifi (1991), IPPC Direktifi (1996) ve İçme suyu Direktifi (1998) gibi suyla ilgili tüm mevzuatların birleştirilmesinin yanında, yeni unsurlar da getirmiştir (Şekil 3.1). Nehir havzası yönetimi, SÇD'nin ortaya çıkardığı en önemli yeniliktir. Nehir havzalarının yönetimi, nehir alt havzaları bazında önemlerini adım adım ele alan bir yaklaşımla ortaya konmuştur. Çünkü nehir havza bölgesi sınırları genellikle idari sınırlardan farklıdır ve nehir havza yönetimi farklı bölge, il ve ülkeler arası iş birliği gerektirmektedir [Wijk et al, 2003].



Şekil 3.1: SÇD'nin ilişkili olduğu direktifler.

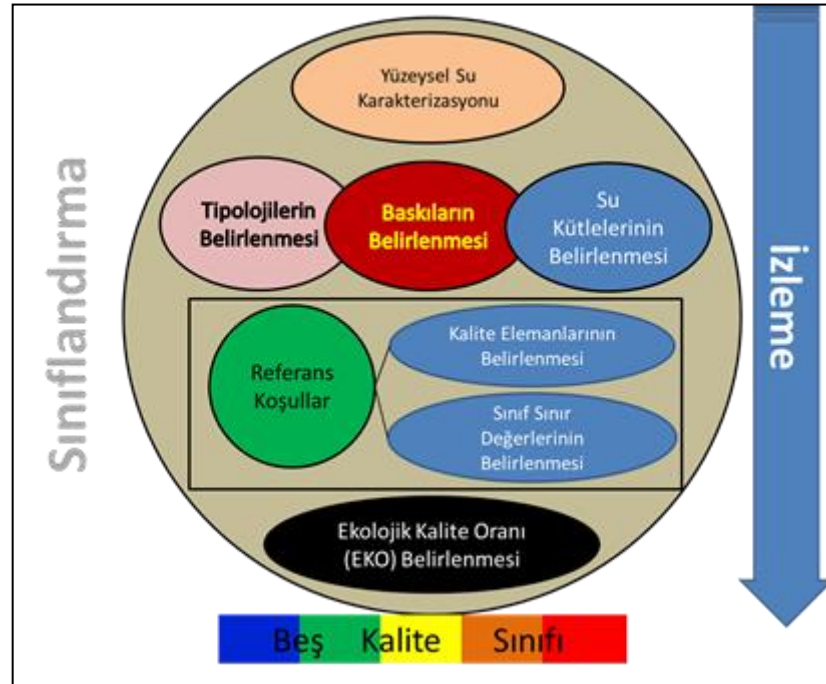
Kirliliği kaynağında önlemeyi ve tüm kirlilik kaynaklarının sürdürülebilir yönetimini sağlayacak bir kontrol mekanizmasını oluşturan SÇD'nin temel hedefleri şunlardır:

- Suların korunması kapsamını tüm suları (iç sular, yeraltı suları, kıyı suları ve geçiş suları) içerecek şekilde genişletmek,
- Var olan su kaynaklarının uzun vadeli korunmasını temel alarak sürdürülebilir kullanımlarını teşvik etmek,
- Nehir havzalarının yönetimini sağlamak,
- Emisyon limit değerlerine ve kalite standartlarına bütüncül bir yaklaşım geliştirmek,
- Ekonomik fizibilite analizlerini yapmak ve
- Halkın katılımını arttırmaktır.

3.1. Su Çerçeve Direktifi (SÇD) Uygulama Basamakları

SÇD su kaynaklarının bütüncül bir yaklaşımla yönetilmesini hedeflemektedir. Bu kapsamda, SÇD yönetim biçimi olarak tekrarlanan ve uyarlanabilir bir yaklaşım ortaya koymaktadır. Sınıflandırma sonrasında belirlenen “çevresel hedefler”e göre yönetim planlaması uygulanır ve düzenli izleme ile alınan önemlerin etkinliği kontrol edilir. İzleme sonucunda sınıflandırma basamaklarının gözden geçirilmesi sağlanmakta olup tipoloji, sınıf sınır değerler (SSD) ve çevresel hedefler bazı durumlarda değişebilmektedir. Su kütlelerinin ve referans koşulların belirlenmesi direktifin en temel basamaklarından biridir. Su kütlelerinin tanımlanması prosesi tipoloji, baskıların ve biyolojik elemanların ortak değerlendirmesi sonucu belirlenebilmektedir. Referans koşulların tespiti süreci farklı yollarla yapılabilmektedir [WFD, 2000].

SÇD’nin temel uygulama basamakları 9 tane olup Şekil 3.2’de gösterilmektedir. Söz konusu uygulama basamakları aşağıdaki bölümlerde genel hatlarıyla ele alınmaktadır.



Şekil 3.2: SÇD’nin temel uygulama basamakları.

3.1.1. İzleme

SÇD Madde 8’de yüzey suları, yer altı suları ve korunan alanların izlenmesi gerekliliği vurgulanmıştır. Yönetmeliğin EK V’inde ekolojik ve kimyasal durum tespitine yönelik izleme çalışmaları detaylandırılmıştır. Ayrıca, izleme çalışmaları teknik detayları “SÇD İzleme Çalışmaları Ortak Uygulama Kılavuzu No:7”de bulunmaktadır.

Buna göre, izleme çalışmaları kapsamında, “az riskli alanların izlenmesi” (surveillance monitoring), “riskli alanların düzenli izlenmesi” (operational monitoring), “incelemeye yönelik izleme” (investigative monitoring) olarak tanımlanmaktadır. İzleme sıklıkları izlenecek alanın özelliklerine göre tespit edilmekte olup koruma alanları için özel yönetim planları uygulanmaktadır. SÇD-EK V’te geçiş ve kıyı sularında her kalite elemanı için istenen minimum izleme sıklıkları Tablo 3.1’de verilmiştir.

Tablo 3.1: Geçiş ve kıyı suları için SÇD’de istenen kalite elemanı izleme sıklıkları.

Kalite elemanı	Geçiş suları	Kıyı suları
Biyolojik		
Fitoplankton	6 ayda bir	6 ayda bir
Diğer su florası (makro alg ve P.oceanica)	3 yılda bir	3 yılda bir
Makro bentik omurgasızlar	3 yılda bir	3 yılda bir
Balık (Geçiş sularında)	3 yılda bir	
Hidromorfolojik		
Morfoloji	6 yılda bir	6 yılda bir
Fiziksel ve kimyasal		
Sıcaklık, tuzluluk	3 ayda bir	3 ayda bir
Oksijen	3 ayda bir	3 ayda bir
Besin maddesi durumu	3 ayda bir	3 ayda bir
Belirli Kirleticiler (SÇD Ek 8) (Suda)	3 ayda bir	3 ayda bir
Öncelikli kirleticiler (SÇD Ek 10) (Suda)	Ayda bir	Ayda bir

3.1.2. Baskıların Belirlenmesi

SÇD, suyun nesillerce sürdürülebilir kullanımı için koruma ve restorasyonunu sağlamayı hedefleyen bir yönetmeliktir. Nehirler, göller, geçiş suları ve kıyı sularının yanı sıra yer altı sularını da bütünsel olarak ele alan direktifte insan kaynaklı baskılar ve bunların etkilerinin analizinin yapılması önemlidir. Su kütlelerinin su kalitesi hedeflerine ulaşabilme durumunun ortaya konulmasında baskı-etki çalışması önemli bir yere sahiptir. Bu kapsamda baskı-etki analizinin temel amacı potansiyel risk / risk altında bulunan su kütlelerinin belirlenmesidir [EC, 2003a]. Risk değerlendirmesinde en çok uygulanan süreç sırasıyla sebep, baskı-durum, etki, önlem (driver, pressure, state, impact, response (DPSIR))” elemanlarını içermektedir [EC, 2003a].

DPSIR metodu, nehir havzasından kaynaklı farklı sebep ve baskıların su kaynakları üzerindeki etkilerin ve birbirleriyle olan ilişkilerini, alıcı ortamda durum göstergeleriyle karşılaştırılarak karar vericilerin önlem paketlerin oluşturulmasını sağlanmasını amaçlamaktadır [Kristensen, 2004].

SÇD kapsamında “Baskı-Etki Analizi Teknik Dökümanı No:3 (IMPRESS)” baskı unsurlarının belirlenmesi, doğru olarak tanımlanması ve farklı analiz yöntemleri ortaya koyması açısından uygulayıcılara yol göstermektedir. [EC, 2003a].

Baskı-Etki analizi, baskılara karşın önlem programlarının hazırlanması sürecinin bir parçası olup, izleme programlarının hazırlanması için de oldukça önemlidir. Bu kapsamlı sürecin en temel parçalarından biri, çevresel hedeflerin belirlenmesidir. Çünkü baskılar ve etkilerin incelenmesi işleminde, belirlenen hedefe ulaşamayacak veya ulaşamama riski bulunan su kütlelerinin tespit edilmesi gerekmektedir. Söz konusu hedeflerin su kullanımlarına göre belirlenmesine ve diğer mevzuatlarda tanımlanan koruma alanlarına uygulanan ek hedeflere dayanmaktadır.

3.1.3. Yüzey Sularının Karakterizasyonu

SÇD’de yüzey suları nehirler, göller, geçiş suları ve kıyı suları olarak kategorize edilmektedir. Sınıflandırmada doğal su kütlelerinin yanı sıra Büyük Ölçüde Değiştirilmiş Su Kütlesi (BÖDSK) ve Yapay Su Kütleleri (YSK) de karakterizasyon çalışması sırasında belirlenir ancak durumları ayrı değerlendirilir.

BÖDSK drenaj, taşkın kontrolü, denizcilik, liman faaliyetleri veya dinlenme alanları gibi insan etkinlikleri ile su kütlelerinde belirgin fiziksel değişiklikler yapılan

alanlardır. YSK'ler ise daha önceden su kütlesi bulunmayan, fiziksel müdahale sonucu sonradan oluşturulmuş alanlardır [WFD, 2000], [EC, 2003b]. SÇD'ye göre kıyı ve geçiş sularını kapsayan deniz alanının dış sınırı 1 deniz mili olarak tanımlanmıştır [WFD, 2000]. Ancak, SÇD'de "kıyı suyu/kara" ile "geçiş suyu/kara" arasındaki sınırlar tanımlanmamıştır.

3.1.4. Yüzey Sularının Tipolojilerinin Belirlenmesi

Yönetim Temel Birimleri/Uygunluk Kontrol Birimleri olan su kütlelerini belirlemeden önceki bu basamakta biyolojik özelliklere dayanarak sınıflandırılacak olan su hacimleri fiziksel ve hidrolojik özelliklere göre benzer tiplere ayrılır (Tablo 3.2). Su kütlelerinin tipolojileri sınıflandırmaya temel oluşturduğundan önemli bir aşamadır [EC, 2003c], [EC, 2007].

Tablo 3.2: Sistem A tipoloji tanımlayıcıları (SÇD Ek II'den derleme).

Belirlenmiş Tipoloji	Tanımlayıcılar	
	Geçiş Suları	Kıyı Suları
<u>Ekobölge</u>	SÇD Ek XI, harita B	SÇD Ek XI, harita B
	Baltık Denizi	Baltık Denizi
	Barents Denizi	Barents Denizi
	Norveç Denizi	Norveç Denizi
	Kuzey Denizi	Kuzey Denizi
	Kuzey Atlantik Okyanusu	Kuzey Atlantik Okyanusu
	Akdeniz	Akdeniz
<u>Tip</u>	Ortalama yıllık tuzluluğa göre	Ortalama yıllık tuzluluğa göre
	<0,5‰: tatlısu	<0,5‰: tatlısu
	0,5 to <5‰: oligohaline	0,5 to <5‰: oligohaline
	5 to <18‰: mesohaline	5 to <18‰: mesohaline
	18 to <30‰: polyhaline	18 to <30‰: polyhaline
	30 to <40‰: euhaline	30 to <40‰: euhaline
	Ortalama gelgit aralığına göre	Ortalama derinliğe göre
	<2 m: microtidal	sığ sular: <30 m
	2 to 4 m: mesotidal	OrtaDerin: (30 to 200 m)
	>4 m: macrotidal	Derin: >200 m

Yüzey suları kategorik olarak ayrıldıktan sonra tipolojilerinin belirlenmesi çalışmaları Sistem A veya Sistem B'ye göre yapılabilir. Her iki sistemde de su kütlesinin bulunduğu ekobölge ve tuzluluk esas belirleyici etkenlerdir (SÇD Ek II, 1.2). Sistem A bölgelerin bilinen belli özelliklerinin biyolojik komünitelerin oluşmasında nasıl rol aldığı yönünde bir yaklaşım getirirken, Sistem B ise bölgenin hidrolojik, morfolojik ve kimyasal ölçümlerine dayanan yaklaşımlar getirmektedir. İki sistem arasında oluşacak farklılıkları önlemek için Sistem A tanımlayıcıları Sistem B'de analizlerde zorunlu faktör olarak belirtilmiştir.

Bu tez çalışması kapsamında, incelenen ülkelerin Sistem B yaklaşımını benimsediği görülmektedir. Sistem B kullanımında zorunlu ve seçimlik faktörlerin hiyerarşik olarak kullanımı önerilmektedir [EC, 2003c]. Sistem B'de geçiş ve kıyı suları için verilen zorunlu ve seçimlik faktörler Tablo 3.3'de verilmektedir. Ülkemizdeki gel-git yüksekliği çok düşük olduğu için söz konusu kriter denizlerimizde dikkate alınmamalıdır.

Tablo 3.3: Sistem B zorunlu ve seçimlik faktörler (SÇD Ek II'den derleme).

Alternatif karakterizasyon	Fiziksel ve kimyasal faktörler	
	Geçiş Suları	Kıyı Suları
Zorunlu faktörler	Enlem	Enlem
	Boylam	Boylam
	Gelgit aralığı	Gelgit aralığı
	Tuzluluk	Tuzluluk
Seçimlik faktörler	Derinlik	Akıntı Hızı
	Akıntı Hızı	Dalga Etkisi
	Dalga Etkisi	Ortalama Su Sıcaklığı
	Yenilenme Süresi	Karışım Karakteri
	Ortalama Su Sıcaklığı	Bulanıklık
	Karışım Karakteri	Yenilenme Süresi
	Bulanıklık	Ortalama Substrat Kompozisyonu
	Ortalama Substrat Kompozisyonu	Su Sıcaklığı Aralığı
	Su Sıcaklığı Aralığı	

3.1.5. Su Kütlelerinin Belirlenmesi

SÇD, ülkenin kıyı uzunluğu ve özelliklerinden bağımsız olarak karasal çizgisinden (yüzey suları ve yer altı suları gibi) bir mile kadar olan geçiş ve kıyı suları (ve kimyasal durum için ise 12 deniz miline kadar genişletilebilecek olan kara suları) dahil olmak üzere tüm suları kapsamaktadır. Söz konusu sular, Direktif'in uygulama amacı için coğrafi ya da idari birimlere ayrılmıştır [WFD, 2000].

SÇD'nin temel amaçlarından biri sucul ekosistemlerin daha fazla bozulmasını önlemek, korumak ve sürekliliğini sağlamaktır. Bu hedefe ulaşmak için su kütlelerinin durum'unu bilmek çok önemlidir. SÇD'de belirtildiği gibi su kütlelerinin belirlenmesi bir amaç değil bir araçtır. Ayrıca, su kütlelerinin belirlenmesi iteratif bir süreçtir [EC, 2003c].

3.1.6. Referans Koşullar

Referans koşul, bir su kütlesi tipinin Biyolojik Kalite Elemanı (BKE)'nin, insan kullanımlarından ve baskılardan etkilenmemiş/bozulmamış, yüksek kalite, durumunu gösteren-tanımlayan koşuldur. Su kütlelerinin ekolojik kalitelerini değerlendirmede ve sınıflandırmada sayısal dayanak olan Ekolojik Kalite Oranlarının (EKO) hesaplanması için referans koşulların belirlenmesi önemlidir. Her kategorideki su kütlesi için her tipoloji özelinde ayrı ayrı referans koşul belirlenmesi gerekir.

Referans koşulların belirlenmesi için dört yaklaşım vardır. Buna göre; (1) bozulmamış veya az bozulmuş alan verileri, (2) tarihi veri, (3) model ve (4) uzman görüşü sıralamasının hiyerarşik olarak kullanılması önerilmektedir [EC, 2003c].

3.1.7. Sınıf Sınır Değerlerinin Belirlenmesi

Yüzey sularının ekolojik durumlarının belirlenmesinin bu basamağında, biyolojik izleme parametreleri ile yüzey suyunun durumu arasındaki ilişkiyi gösteren oran olan EKO her bir kalite elemanı için hesaplanır. Yüzey sularının durumunu gösterir beş sınıfın belirlenebilmesi için bu sınıflar arasındaki sınır koşulların tespiti gerekir. Tablo 3.4'te kalite durumları özellikleri verilmektedir.

Tablo 3.4: EKO durumlarının özellikleri.

Ekolojik Kalite Durumu	Özellikleri
Yüksek Kalite Durumu	Fizikokimyasal ve hidromorfolojik kalite elemanlarında insan etkileri görülmez. BKE: Bozulma yoktur veya yok denecek kadar azdır
İyi Kalite Durumu	BKE: Bozulma insan kaynaklı baskılarla ilişkilidir ve düşük seviyededir. Kalite Elemanlarında sapmalar azdır.
Orta Kalite Durumu	BKE: Bozulma insan kaynaklı baskılarla ilişkilidir ve iyi kalite durumuna göre belirgin farklılıklar vardır Kalite elemanlarında sapmalar orta düzeydedir
Zayıf Kalite Durumu	BKE: Su kütleğinde başlıca bozulmaların başladığının işaretleri gözlenir Biyolojik topluluklar bozulmamış koşullara oranla belirgin sapmalar gösterir
Kötü Kalite Durumu	BKE: Su kütleğinde ciddi bozulmaların olduğunu işaret eder Bozulmamış koşullarda yaşayan birçok biyolojik topluluk yok olmuştur

3.1.8. Ekolojik Kalite Oranı (EKO) Belirlenmesi

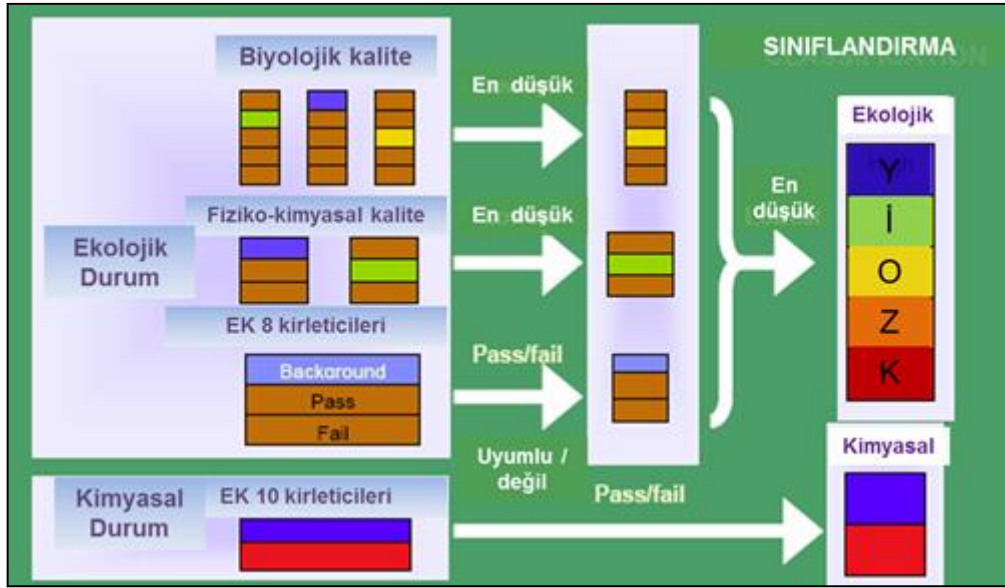
EKO, su kütlesine ait biyolojik izleme parametresi değerin referans koşul değerine bölünmesiyle elde edilmektedir. Söz konusu oran 0 ile 1 arasında değişen değerler alabilmektedir. Sınır değerler belirlenirken “iyi” ve “orta” kalite arasındaki sınırı sayısal olarak belirleyebilmek oldukça zor bir aşamadır. Yüksek, iyi ve orta kalite farklılıklarının interkalibrasyon çalışmalarında da uyumluluk göstermesi gerekir [EC, 2003c].

EKO hesaplamasının ana amaçlarından birisi, büyük coğrafi alanlarda su kütlelerinin kendine özgü özellikleri ne olursa olsun kalite ve hedeflere ulaşma konusunda karşılaştırılabilirlik sağlamasıdır. Karşılaştırılabilirlik hem izleme hem de yönetim sürecinin verimliliğini ve etkinliğini artıran önemli bir unsurdur.

3.1.9. Sınıflandırma

Çevre yönetimini etkin şekilde yapabilmek için planlanacak ve yönetilecek çevreyi tanımak, baskılarını ve ihtiyaçlarını bilmek, durumu bütünsel olarak görmek gerekir. Sınıflandırma çalışması sucul ortamların ekolojik ve kimyasal özelliklerine dayanarak durum tespiti yapılması ile yönetilecek ortam gereklerinin görülmesini sağlayan önemli bir araçtır. Sınıflandırma sonucunda çevresel hedeflerin belirlenmesi, bu hedeflere yönelik izleme programları oluşturulması ve boşlukların analizinin yapılması aşamaları mümkün olur. Tüm bunlara göre çevresel ihtiyaçları göz önünde bulunduran yönetim planları hazırlanabilir.

SÇD'nin uygulanmasında ekolojik ve kimyasal durum değerlendirmesi (sınıflandırma) “tedbirlilik ilkesi” (one-out-all-out principle) (Şekil 3.3) prensibine göre yapılmaktadır [WFD, 2000].



Şekil 3.3: Tebdirlilik ilkesine göre sınıflandırma prosedürü.

3.2. Su Çerçeve Direktifi Farklı Ülke Uygulamaları

SÇD'nin uygulanabilmesi için kıyı ve geçiş sularının sistematik ve bütüncül bir yaklaşımla ele alınması gerekmektedir. SÇD'nin yürürlüğe girmesine paralel olarak uygulama kılavuzları ve metodolojilerin oluşturulabilmesi kapsamında uzman grupları belirlenmiş ve çalışma grupları oluşturulmuştur. Sınıflandırma sonuçlarının AB üye ülkelerince karşılaştırılabilmesi için aynı bölgede ülkelerin oluşturduğu çalışma gruplarınca ortak değerlendirme metotları belirlenmiştir. Ortak değerlendirmedeki amaç, su kütlelerinin durumlarının karşılaştırılmalı olarak değerlendirilmesi ve ekosistem temelli yönetim etkinliğinin artırılmasıdır.

Ülkelerin SÇD'yi uygularken mevcut verileri kullanarak kalibre edilmiş, hızlı, kolay ve maliyeti yüksek olmayan metotların kullanıldığı görülmektedir. Söz konusu metotlar istatistiksel analizler ve indeks yöntemleri örnek olarak verilebilir. SÇD uygulama basamaklarından biri olan referans koşulların belirlenmesi direktifin uygulanması sırasında en zor aşamalarından biridir. Referans koşulların belirlenmesinde baskıların olmadığı doğal alanların belirlenmesi temel alınmaktadır. Ancak referans koşulların belirlenmesi ardından kalite sınıflandırması yapılabilmektedir. Bu nedenle, referans koşulların belirlenmesinde baskı-etki çalışması büyük öneme sahip olduğu görülmektedir.

Bu tez çalışması kapsamında, AB üye ülkelerinden Karadeniz ekobölgesinde kalan Bulgaristan ile Kuzey-Doğu Atlantik ekobölgesinde yer alan İngiltere'nin SÇD'yi uygulamaları ve yaptıkları çalışmalar detaylı olarak aşağıdaki ele alınmıştır.

3.2.1. Bulgaristan

Bulgaristan'ın Karadeniz kıyıları SÇD EK XI de verilen 3 ana ekolojik bölge (Kuzey Atlantik/Kuzey Denizi, Baltık Denizi ve Akdeniz Ekolojik Bölgesi) özelliklerine uymamaktadır. Bu nedenle SÇD EK XI'de tanımlanan ekolojik bölgelere ek olarak "Karadeniz Ekolojik Bölgesinin" tanımlanması gerekmiştir.

Karadeniz, mikro-gelgitte (<1 m) ve orta tuzlulukta (5-6 veya 18-20 ‰) olan bir bölgedir. Bulgaristan kıyısı alanları sadece gel-git değişimi ve tuzluluk faktörleriyle sınıflandırılmayacağından ek parametrelere ihtiyaç doğmuştur. Söz konusu ek parametreler dalga etkisi (wave exposure), taban yapısı ve derinliktir.

Karadeniz Ekolojik Bölgesi'nde akıntı hızı, karışım, bekleme süresi, buzlanma zamanı gibi opsiyonel parametrelerin etkisi dikkate alınmayacak derecede azdır veya yoktur [BSBD, 2007].

SÇD isterlerine göre Bulgaristan'ın kıyılarını ve iç sularını izleme durumu, su kaynakları üzerindeki baskı türleri, yüzey sularının tipolojilerinin ve su kütlelerinin belirlenmesi kriterleri, referans koşulları ve EKO belirlenmesi Tablo 3.5'de özetlenmiştir. Bulgaristan'ın kıyı suları kalite durumları yükseltmede belirlediği öncelikler aşağıda özetlenmiştir.

- Taban yapısı verisine göre tipolojiler tekrar gözden geçirilmelidir.
- İzleme çalışmalarıyla üretilen nicel verilerle (nehir etkisi, kimyasal baskılar, biyolojik veri vb.) su kütleleri tekrar değerlendirilmelidir.
- BKE için referans koşullarının belirlenmesinde kullanılacak mevcut olan tarihsel verinin sayısallaştırılması ve anlamlı formata getirilmesi gerekmektedir.
- Karadeniz ekolojik bölgesi interkalibrasyon aşamasında sonra yeni veriler üretildikçe kalite oranları tekrar ayarlanmalıdır.
- Biyolojik ve fiziko-kimyasal veriler için izleme programları oluşturulmalıdır.
- İzleme çalışmaları üretilen veriler istatistiksel olarak incelenebilmesi için paralel örneklemeler yapılmalıdır.

- Ekolojik durumları şüpheli veya belirlenmemiş su kütleleri üzerinde durulmalıdır.
- SÇD'nin uygulanması dinamik yapıya sahip olup, son aşamaya kadar gerekli gözden geçirmelerin tamamlanması gerekmektedir.

Tablo 3.5: SÇD'ye göre Bulgaristan örneği özet tablosu.

Tipoloji	Sistem A - Karadeniz Ekolojik Bölgesi olarak ekletilmiştir. 6 adet tipoloji belirlenmiştir.
Su kütletisi	Fiziksel özellikler, Baskı-Etki, Korunan alanlar kriterlerine göre 12 adet SYB tanımlanmıştır.
İzleme	17 istasyonda (Fitoplankton, Makro omurgasız, Makrofitler) izleme yapılmıştır.
Baskıların Belirlenmesi	Noktasal ve yayılı kaynaklar belirlenmiştir.
Referans koşullar	Etkilenmemiş alan bulunması baskı-etki çalışmasına göre yapılmış. Etkilenmemiş döneme ait veri taraması yapılmış ve veri yetersiz olduğu yerlerde uzman görüşlerine göre karar verilmiştir.
SSD – EKO	Fitoplankton (Biyokütle, K ₁₀ -a), TRIx, Seki Disk, Bentik Omurgasızlar (Shannon Değişim İndeksi, Çok Değişkenli Ambi), Makro Alg (Angiosperms), Fiziko kimyasal kalite elemanları (ÇO doygunluğu, ÇO, BOİ ₅ , Besin Maddeleri)

3.2.2. İngiltere

İngiltere, kıyı ve iç sularının (nehir, göl, kıyı ve geçiş suları) SÇD isterlerine göre sınıflandırmasını yapmıştır. Kıyı ve geçiş sularının tipoloji, hidromorfoloji, biyoloji ve fiziko-kimyasal kalite elemanları su kütlelerinin durumunun ortaya konması amacıyla belirlenmiştir.

Tipoloji sınıflandırması yapılırken zorunlu parametrelerin yanı sıra geçiş suları için karışım karakteristiği, açıklık - kapalılık ve taban yapısı, kıyı suları için ise açıklık-kapalılık gibi seçimli parametrelerden de yararlanılmıştır [UKTAG, 2003].

İngiltere, biyolojik ve hidromorfolojik kalite elemanlarını değerlendirmek için çeşitli araçlar (indeksler) üretmiştir. Biyolojik kalite elemanlarının değerlendirmesi

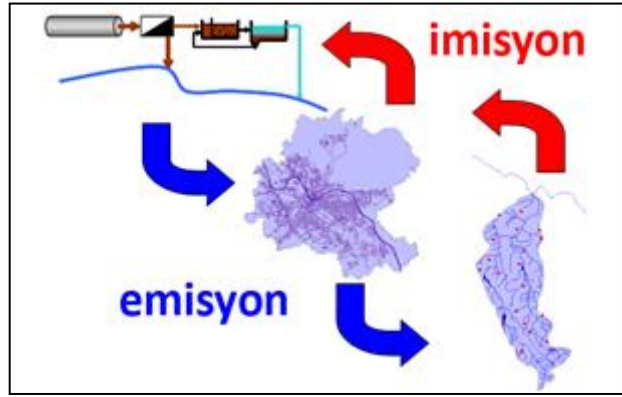
yapılırken su kütlesinin üzerindeki baskı kaynakları araştırılıp, söz konusu baskının göstergesi olabilecek biyolojik indikatörler belirlenmiştir [UKTAG, 2007]. SÇD isterlerine göre İngiltere'nin yapmış olduğu çalışmalar Tablo 3.6'da özetlenmiştir. Kıyı sularından farklı olarak geçiş suyu çalışmalarında BKE olarak ticari balıkçılık durumu değerlendirilmiştir. Ayrıca, nehir debilerindeki değişimde göz önünde bulundurulmuştur.

Tablo 3.6: SÇD'ye göre İngiltere örneği özet tablosu.

Tipoloji	Sistem A – Kuzey Denizi ve Atlantik ekobölgeye göre geçiş ve kıyı suları değerlendirilmiştir. 6 adet geçiş suyu tipolojisi, 9 adet kıyı suyu tipolojisi belirlenmiştir.
Su kütlesi	Yönetmelikle belirlenen alanlar, korunan alanlar ve baskı-etki çalışmasına göre su kütlesi bölümlendirmesi yapılmıştır.
İzleme	SÇD izleme sistematığına göre izlemeler üçe ayrılmıştır. Az riskli alanların izlenmesi, riski ve düzenli izlenmesi gereken alanlar ile araştırmaya yönelik izlemedir.
Baskıların Belirlenmesi	Noktasal-yayılı kaynaklar ve su miktarı üzerindeki baskılar belirlenmiştir.
Referans koşullar	Etkilenmemiş alan bulunması baskı-etki çalışmasına göre yapılmış. Veri, model ve uzman görüşlerine göre koşullar seçilmiştir.
SSD – EKO	BKE'ler için (Fitoplankton, Bentik Omurgasızlar, Makro Alg) kullanılan indekslerden yararlanılarak sınıflandırma yapılmıştır. Fiziko-kimyasal parametreler olarak ÇO ve Besin elementlerinin durumu değerlendirilmiştir.

4. DEŞARJ KRİTERLERİNİN TANIMLANMASI (DİĞER ÜLKE VE KURUMLARDAKİ UYGULAMALAR)

2000 yılında AB'ye üye ülkelerce imzalanan SÇD, ülkelerin su kütlelerinin korunması stratejilerinde önemli değişikliklere neden olmuştur. Söz konusu direktifin yürürlüğe girmesiyle birlikte noktasal kaynaklı kirleticileri düzenlemeyi temel alan “Emisyon Tabanlı” yaklaşımlar yerine, nehir havzasının bütününü ve alıcı ortamın durumunu göz önüne alan “İmisyon Tabanlı” yaklaşım benimsenmeye başlanmıştır (Şekil 4.1) [Benedetti L. 2006], [Kallis and Butler, 2001], [Griffiths, 2002].



Şekil 4.1: İmisyon ve emisyon temelli yaklaşım.

1970 ve 1980’lerde AB’ye üye ülkeler tarafından atıksuların deşarjında teknoloji temelli ELD yaklaşımı benimsenmiş olup, aynı dönemde farklı uygulamaya sahip olan tek ülke İngiltere olmuştur. İngiltere’de uzun dönem ELD’ler belirlenirken, alıcı ortamın asimilasyon kapasitesi ile birlikte mevcut tesislerin performansına dayalı kısa dönemde başarılabılır olan ELD’ler dikkate alınmıştır. Günümüzde yüzey su kalitesinin kullanım amacına göre ileri bir kirlilik azaltımı gerektirmediği yerlerde, teknoloji odaklı en düşük ELD’lerin uygulanması yaklaşımı giderek daha çok benimsenmeye başlamıştır. Fakat, yüzey su kalitesinin daha ileri bir kirlilik azaltımı gerektirdiği yerlerde, alıcı ortamın su kalitesinin yanı sıra uygulanabilir teknoloji ve maliyetler de göz önüne alınarak limit değerler saptanmaktadır [De Toffol et al., 2005].

4.1. Avrupa Birliği Uygulamaları

4.1.1. Deşarj Kriterleri ile İlgili Avrupa Birliği Direktifleri

Aşağıdaki bölümde Ülkemiz, AB ülkeleri ve diğer ülkelerde deşarj kriterlerine yönelik örnek düzenleme ve uygulamalara ilişki İngiltere değerlendirmeler ele alınmaktadır.

AB’de deşarj kriterlerinin belirlenmesinde ve uygulanmasında, su ortamlarının kirlenmesinin önlenmesi amacıyla uygulanan ve çerçeve bir direktif olan SÇD temel alınmaktadır. Bu Direktif’in işaret ettiği noktasal kirlilik kontrolünü sağlayan iki temel AB Direktifi olan “Kentsel Atıksuların Arıtımı Direktifi (91/271/EEC)” ve “IPPC Direktifi (96/61/EC)”, günümüz teknolojisini baz alarak, yüzey sularına yapılan atıksu deşarjlarına yönelik standartlar ortaya koymaktadır [Frost et al, 2009]. Ayrıca, yayılı kirlilik kaynaklarının kontrolünde “AB Nitrat Direktifi” temel alınmaktadır (Şekil 4.2). “Kentsel Atıksuların Arıtımı Direktifi (91/271/EEC)” ve “IPPC Direktifi (96/61/EC)” kentsel ve endüstriyel atıksular için sektörel bazda uygulanması gereken limit değerleri içermektedir. Ancak, bu direktiflerin yanı sıra SÇD özellikle çevresel hedeflerinin altındaki su ortamları için alıcı ortam su kalitesine uygun deşarj limitlerinin belirlenmesi gerektiğini işaret etmektedir.



Şekil 4.2: SÇD tarafından kapsama alınan noktasal ve yayılı kirletici kaynakların kontrolüne ilişkin mevzuatlar.

Aşağıda AB’de ve Ülkemizde deşarj kriterleri kapsamında uygulanan mevzuatla ilgili daha detaylı bir değerlendirme yapılmaktadır.

4.1.1.1. Kentsel Atıksu Arıtımı Direktifi

KAAD Direktifi 1991 yılında yürürlüğe girmiş olup yüzey sularına kentsel ve eşdeğer karakterizasyona sahip endüstriyel atıksuların arıtılarak en düşük değerde deşarjını amaçlamaktadır. Direktifin uygulanması kentsel atıksuların ELD’lerini, deşarjın yapıldığı yerdeki eşdeğer nüfusa (E.N.) ve alıcı ortamın özelliğine göre belirlemeyi sağlamaktadır. Ayrıca, direktifte bahsedilen belirli endüstrilerden kaynaklı payçalanabilir nitelikteki atıksuların içinde sınırlamalar getirilmiştir. KAAD, atıksu deşarjı olan bütün yüzey sularına uygulanmakta olup yüzey suyunun hassiyet derecesine ve E.N.’ye göre arıtma derecesi (Tablo 4.1) ve atıksu limit değerleri değişmektedir (Tablo 4.2).

Tablo 4.1: E.N.’lere ve hassasiyet derecesine göre minimum uygulanması gereken kentsel atıksu arıtımı.

E.N.	Hassasiyet Derecesi	
	Az Hassas Alan	Hassas Alan
2.000 – 10.000	İkincil Arıtma	İkincil Arıtma
>10.000	İkincil Arıtma	İleri Arıtma

KAAD kentsel ve belirli endüstriyel sektörlerin atıksularının toplanması, arıtımı ve deşarjlarına yönelik düzenlemeler getirmektedir. Yönetmelik ikincil arıtım tesislerinin Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ), Biyolojik Oksijen İhtiyacı (BOİ₅) ve Toplam Askıda Katı Madde (TAKM) parametrelerine nümerik veya yüzde giderim cinsinden limit değerler getirmiştir (Tablo 4.2). Ayrıca, deşarjın yapıldığı alıcı ortamın ötrofikasyon yönünden hassasiyetine göre limit değerler ve arıtım dereceleri belirlenmiştir. Hassas su alanlarına yapılan deşarjlarda eşdeğer nüfusa göre TN ve TP parametreleri için daha düşük limitler öngörülmüştür (Tablo 4.3) [Giovanardi and Richard, 2005].

Tablo 4.2: KAAT’lerden ikincil arıtıma ilişkin deşarj limitleri.

Parametreler	Konsantrasyon (mg/l)	Minimum arıtma verimi (%)
Nitrifikasyonsuz BOİ ₅ (20°C’de BOİ ₅)	25	70-90
KOİ	125	75
TAKM	35	90

Tablo 4.3: KAAT’lerden ileri arıtıma ilişkin deşarj limitleri.

E.N.	Parametreler	Konsantrasyon	Minimum Arıtma Verimi(%)
10.000 – 100.000	TP	2 mg/L P	80
> 100.000		1 mg/L P	80
10.000 – 100.000	TN	15 mg/L N	70-80
>100.000		10 mg/L N	70-80

KAAD’de endüstrilerin kanalizasyona bağlanma şartı ve arıtma derecesi endüstrinin eşdeğer nüfusuna göre belirlenmektedir. Buna göre; 2000 E.N’den küçük olan tesisler bulunduğu yerdeki kanalizasyon sistemine bağlanabilirler. E.N. 4000’den büyük olan tesisler atıksularını arıttıktan sonra alıcı ortama deşarj edebilmektedirler [Vinceviciene, 2007]. Endüstriyel atıksuyun kanalizasyona bağlanırken bir takım düzenlemelerin ve önemlerin alınması gerekmektedir.

4.1.1.2. Bütünleşik Kirlilik Koruma ve Kontrol Direktifi

Noktasal kirlilik kaynaklarını kontrol edebilmek için AB üye ülkeleri tarafından IPPC Direktifi 1996 yılında yürürlüğe girmiştir. Direktifin amacı, çevrenin en etkin ve geniş kapsamda korunması amacıyla hava emisyonları, atıksu deşarjları ve katı atık yolu ile meydana gelen kirlenmenin önlenmesi ve kontrol edilmesinin diğer mevzuatlara uyumlu olacak şekilde çevresel performansın bir bütün olarak ele alınmasını sağlamaktır [ResGaz, 8]. IPPC Direktifi'nin dört temel ögesi vardır:

- Mevcut En iyi Teknikler (MET),
- ELD,
- Bilgiye erişim, halkın bilgilendirilmesi, katılımı ve
- Bilginin paylaşımı.

ELD'leri içeren izin belgesi şartlarının temeli MET'lere dayanmaktadır. MET kavramı havaya, suya ve toprağa verilen kirlenmenin önlenmesi veya azaltılması sonucu yüksek seviyede bir koruma hedeflemektedir.

IPPC Direktifinin 3. Maddesine göre Direktifin EK-1 Listesi'nde yer alan tesislerin genel yükümlülükleri sıralanmaktadır. Söz konusu tesislerin aşağıda verilen hususlara uygun olarak işletilmesinin sağlanması gerekmektedir [Tuncay, 2005].

- MET'leri kullanarak kirliliğin önlenmesine/azaltılmasına yönelik önlemler alınmalıdır,
- Kirlilik unsurları bertaraf edilmelidir,
- Temiz üretim alternatifleri araştırılmalı, atık oluşumu azaltılmalı,
- Yenilenebilir enerji alternatifleri araştırılmalı veya enerjinin verimli kullanımı sağlanmalıdır,
- Kaza riskleri azaltılmalı, tedbirler alınmalıdır,
- Tesisin kapatılması sırasında/sonrasında oluşabilecek çevresel kirlilik riskleri azaltılmalı/ortadan kaldırılmalıdır.

IPPC'nin 9., 10. ve 18. Maddeleri ELD'ler hakkında düzenlemeler ortaya koymaktadır. IPPC Direktifinin Ek III'ünde verilen maddelerin deşarjlarının önemli ölçüde azaltılması gerekliliği işaret edilmektedir. Söz konusu maddelere uygun olan yerlerde ek parametreler getirilebilir veya eş değer parametreler ile yer değiştirme yoluna gidilebilir.

ELD'ler, emisyon parametreleri ve bunlara karşılık gelen teknik önlemler; MET'lere dayanmalı, belirli tek bir teknik ya da teknolojinin kullanımını zorunlu kılmamalı ve ilgili tesisin teknik özelliklerini, coğrafi konumunu ve çevresel şartlarını dikkate almalıdır. Her durumda, uygulanan yönetim anlayışı uzak mesafeli ya da sınır ötesine taşınan kirliliğin azaltılmasına yönelik bir takım hükümleri yürürlüğe koyarak çevrenin bir bütün olarak kabul edilmesini ve en yüksek mertebede korunmasını sağlamalıdır [IPCC, 1996].

MET'ler, faaliyetlerin ve işletme yöntemlerinin gelişiminde en etkin ve en ileri aşama olarak tanımlanmıştır. Bu teknikler, emisyonların ve çevreye etkilerinin önlenmesinin mümkün olmadığı durumda azaltılması amacıyla belirlenmiş limit değerlerin sağlanması için özel tekniklerin pratikte uygulanabilirliğini tarif etmektedir. Avrupa Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol Bürosu tarafından "MET Referans Belgeleri (BREF)" IPPC Ek-I'inde yer alan sektörler için yayınlanmaktadır.

BREF'ler, IPPC Ek-I'inde söz edilen sektörel faaliyetlerin geliştirilmesinde ve bunların işletme yöntemlerinde en etkin ve ileri düzey referans dökümanıdır. Bu belirli teknikler, önleme amaçlı ELD'ler için bir zemin oluştururken uygulanabilirliğinin olmadığı durumlarda da emisyonların ve bir bütün olarak çevre üzerindeki etkilerin azaltılmasına yardımcı olur.

4.1.2. Deşarj Kriteri Belirlenmesine Yönelik AB Ülkeleri Örnekleri

4.1.2.1. İngiltere

İngiltere'de, kentsel ve endüstriyel atıksu deşarj limitlerini "Kuzey İrlanda Çevre ve Miras Servisi Departmanı" ile "İngiltere ve İskoçya Çevre Ajansları" belirlemektedir. İngiltere, KAAD'nin uygulamasına 1995 yılında geçmiştir. AAT'lerden kaynaklı atıksular ve birleşik kanalizasyon sisteminin taşkın suları deşarj iznine tabi tutulmaktadır [MWW, 2005].

İngiltere Çevre Ajansı tarafından suların risk derecesine göre deşarj limit değerlerinin belirlenmesi beş kademedен oluşmaktadır [EA, 2011]. Bu aşamalar aşağıda verilmektedir:

- Kanalizasyon, nehir, körfez veya kıyı sularına deşarj edilen atıksuyun kirletici miktarının hesaplanması,
- Deşarjların büyüklüğüne göre filtrelemenin yapılması,
- Detaylı olarak modelleme çalışmasının yapılması,
- Karışım bölgesinin hesaplanması ve
- Suyun risk derecesinin ortaya konulmasıdır.

4.1.2.2. Almanya

Almanya’da Kentsel Atıksuların Deşarj İzinleri, Almanya Atıksu Yasaları [Web 4, 2016] ve Fedaral Su Kanunlarına (2002) göre belirlenmektedir. Almanya Federal Çevre Koruma Kurumu (Umweltbundesant) tarafından “Bundeslander İzinleri” dökümanı yayımlanmıştır. Söz konusu döküman AB Kentsel Atıksuların Arıtımı ve diğer AB Direktifleri temel alınarak düzenlenmiştir.

Almanya Atıksu Yasaları, yüzey sularına deşarj yapan belirli endüstriler için deşarj limit değerleri saptanmıştır. Limit değerler bölgeye özgü ve en iyi teknoloji temel alınarak KOI, BOİ₅, Amonyak-Azotu, TN ve TP parametreleri için öngörölmüştür. AAT’nin büyüklüğüne (BOİ₅ yükü temel alınarak) göre limit değerler sınıflandırılmıştır.

Ayrıca Federal Su Kanunları sayısal limit değerlerinin yanında sözel kriterlerde getirmiştir. Deşarj izinleri, kentsel atıksu arıtma tesislerinin çıkış suyu kimyasal özelliğine ve alıcı ortama göre belirlenmez. Fedaral Su Kanunlarına göre belirlenen parametrelerin izleme ve analiz sonuçları sınır değeri %80 oranında sağlamalıdır.

4.1.2.3. Finlandiya

Finlandiya’da Atıksuların Deşarj İzinleri Finlandiya Su Kanunu (1961) ve Çevre Koruma Kanunu’na [Finlanda EPA, 2000] göre belirlenmektedir. Söz konusu döküman AB Kentsel Atıksuların Arıtımı ve diğer AB Direktifleri temel alınarak düzenlenmiştir.

Çevre İzin Sistemi, Finlandiya Çevre Enstitüsü tarafından hazırlanan “Ulusal Çevre İzin Sistemi Etkinlik Raporu” temel alınarak yürütülmektedir.

Finlandiya Çevre Koruma Ajansı (EPA)’nın kirliliğin kontrolünü sağlarken bazı sektörleri izin sistemi dışında tutmaktadır. İzinler bölgeye özgü olarak belirlenmektedir.

Genel olarak, yüzey sularına deşarj izinleri kapsamında aktivite/proses biçimi, deşarjın yapılacağı alıcı ortamın su kalitesi, debi, balıkçılık kaynakları, gözlenen ya da gerçekleşmesi mümkün baskıların ortaya konulduğu bir rapor düzenlenmektedir. AAT çıkış suyu kalitesinde AB Direktiflerinde öngörülen BOİ₅, KOİ, TP, TN ve Toplam Askıda Madde (TAM) için sınır değerleri sağlamak zorunda olup, alıcı ortamın durumuna göre daha sıkı sınırlamalar getirilebilir. Buna ek olarak, atıksu içerisinde tespit edilen diğer maddeler için deşarjın yapıldığı alıcı ortama özgü bir takım sözlü ya da sayısal sınırlamalar konulabilir. Tesisler deşarj izni alabilmek için yukarıdaki çalışmalara ek olarak KAAD’de ortaya konulan şartları da (tesis performansının günlük olarak izlenmesi v.b.) sağlamak zorundadırlar.

4.1.2.4. İsveç

İsveç’te İsveç Çevre Kanunu (1999) içerisinde Çevre Yönetmeliği’nin lisanslandırma kuralları başlığı altında atıksu deşarj limitleri yer almaktadır. Çevre Yönetmeliği bir çerçeve niteliğinde olup bir çok çevre konusunu kapsamaktadır. Arıtım uygulamaları ve deşarj limitlerinin teknik/mevzuat açısından düzenlemeleri İsveç Su ve Atıksu Ortaklığınca yürütülmektedir. AAT çıkış suyu kalitesi KAAD sınır değerlerini sağlamak zorundadır.

İsveç Deşarj İzni süreci, Finlandiya ile benzerlikler göstermektedir. İzinler bölgeye özgü belirlenmekte olup bazı durumlarda alıcı ortamın çevresel değerlendirilmesinin yapılması gerekebilir. İsveç, sadece KAAD’nin ön gördüğü parametrelerin izlenmesini istemesi yönünden Finlandiya Deşarj İzni Uygulamalarına göre farklılık gösterir. Yukarıda açıklanan AB’ye üye ülkelerin uyguladıkları deşarj kriterleri Tablo 4.4’de topluca verilmektedir.

Tablo 4.4: AB üye ülkeleri olan Finlandiya, İsveç, İngiltere ve Almanya'nın uyguladığı deşarj limit değerleri.

Ülke	Uygulamadaki Yönetmelik	Kategori	BOİ ₅		KOİ		TAM		TN		TP		NH ₄
			Genel (mg/l)	% Giderim	Genel (mg/l)	% Giderim	Genel (mg/l)	% Giderim	Genel (mg/l)	% Giderim	Genel (mg/l)	% Giderim	Genel (mg/l)
AB	EU KAAD 91/271/EEC	Standart AB Direktifi	25	70-90	125	75	35	90					
Finlandiya, İsveç, İngiltere	Finlandiya EPA 86/2000, EPD 169/2000	Yüksek Değerler 2.000 – 10.000 EN		40			60	70					
	İsveç Çevre Yasası	Yüksek Değerler EN > 10.000		40			35	90					
	KAAD SI 1994 No. 2841 (İskoçya) SR 1994 No. 12 (Kuzey İrlanda)	Hassas Alanlar 10.000 – 100.000 EN							15	70-80	2	80	
		Hassas Alanlar EN > 100.000							10	70-80	1	80	

Tablo 4.4: Devam.

			BOİ ₅		KOİ		TAM		TN		TP		NH ₄
Almanya	Atıksu Yasası Haziran 2004 (Federal Resmi Gazetesi lp. 1106)	Kategori 1 < 60 kg/gün BOİ ₅ (ham)	40		150								
		Kategori 2 60 -300 kg/gün BOİ ₅ (ham)	25		110								
		Kategori 3 300 -600 kg/gün BOİ ₅ (ham)	20		90								10
		Kategori 4 600 -6000 kg/gün BOİ ₅ (ham)	20		90				18		2		10
		Kategori 5 > 6000 kg/gün BOİ ₅ (ham)	15		75				13		1		10

4.2. Diğer Ülke Uygulamaları

4.2.1. Amerika Birleşik Devletlerinde Deşarj Kriterlerinin Belirlenmesi Uygulamaları

4.2.1.1. ABD’de Deşarj Kriterleri ile İlgili Yasal Düzenlemeler

Amerika Birleşik Devletleri’nde su kirliliğini önlemeye yönelik ilk girişim 1948 yılında “Su Kirliliği Kontrolü Yasası (Water Pollution Control Act)” ile başlamıştır. 1961 yılında, Su Kirliliği Yasası’ndan yola çıkılarak “Federal Su Kirliliği Kontrolü Yasası (1961, Federal Water Pollution Control Act)” yayınlanmıştır. Söz konusu yasalar 1972 yılında tekrar düzenlenerek bugün uygulanmakta olan “Temiz Su Yasası’nı (1972, Clean Water Act)” oluşturmuştur. [Vinceviciene, 2007].

“Temiz Su Yasası” kapsamında “Ulusal Kirlilik Deşarj Eliminasyon Sistemi (National Pollutant Discharge Elimination System-NPDES)” uygulamaya konmuştur. Söz konusu sistem çerçevesinde yüzey sularına yapılacak deşarjların limit değerlerini belirleyerek noktasal deşarjları kontrol altına almayı hedeflemektedir.

Amerika’da yüzey sularının minimum kalite standartları EPA tarafından yayınlamakta olup eyaletler gereksinime göre daha sıkı kalite standartları belirleyebilmektedirler. Söz konusu limitler NPDES Programı izin sistemi kapsamında bölgeye özgü olarak belirlenmekte ve eyaletlerin alıcı ortamın taşıyabileceği “Günlük Maksimum Yük (TMDLs)” hesaplamaları gerekmektedir. Belirlenen limit değerler 5 yıllık dönemlerde tekrar değerlendirilmeye alınmaktadır [MWW, 2005].

Temiz Su Yasası, Çevre Programlarını oluşturmaktadır ve Ulusal Kirlilik Deşarj Eliminasyon Sistemi bu programlardan biridir. Yüzey sularının korunması ve programların yürütülmesi EPA tarafından sağlanmaktadır. Yasa direkt olarak yer altı sularını ve su niceliği ile ilgili düzenlemeleri kapsamamaktadır [EPA, 1972].

Temiz Su Yasası ana ve ara hedefler belirlemiştir. Ana hedef, ulusal su kaynaklarının kimyasal, fiziksel ve biyolojik entegrasyonu ile birlikte devamlılığın sağlanmasıdır. Ara hedefler,

- Sefere elverişli (“navigable”) sularda sıfır deşarj (1985),
- Mümkün olan her yerde balık, kabuklu deniz hayvanları ve yaban hayatın korunması ve gelişmesi ile rekreasyonel kullanımlar için gerekli su kalitesine ulaşılmasının (1983) sağlanmasıdır.

Yasa kapsamında 1980’lerin sonuna kadar olan dönemde noktasal kaynaklara önem verilmiştir. Noktasal kaynaklı kirleticilerin alıcı ortamdaki fiziksel ve biyolojik durumları üzerine durulmuştur. 1980’lerin sonundan itibaren noktasal olmayan kaynaklar ve ıslak dönem noktasal kaynaklar (taşkın kanalizasyon sistemi v.b.) konusunda yoğunlaşmış ve düzenlemeler getirilmiştir. Temiz Su Yasası’nın temel politikaları aşağıda verilmiştir:

- Toksik kirletici deşarjlarının yasaklanması,
- Kentsel AAT’ler için finansal destek,
- Atıksu arıtımı yönetim planları,
- Sıfır deşarj için teknolojik yatırım ve
- Yayılı kirletici kontrolü için yönetim programları.

Temiz Su Yasası, eyaletlerdeki bütün su kütlelerinin su kalitesi açısından durumunu ortaya koymayı gerekli tutmaktadır. EPA tarafından “Su Kalitesi Standartları El Kitabı” yayınlanmıştır [EPA, 1972]. Su Kalitesi Standartları üç yılda bir gözden geçirilmeli ve aşağıdaki maddeleri kapsamalıdır:

- Suları bir bütün olarak ele alarak fiziksel, kimyasal ve biyolojik durumunu devam ettirmek ve eski durumuna geri döndürmek için gerekli hükümleri,
- Doğal yaşam, balık ve kabuklu deniz hayvanlarını korumak ve üremelerini sağlamayı,
- Eyaletlerdeki mevcut su kütlelerinin su kullanımlarının belirlenmesini içermektedir.

Su kalitesi standartlarını belirleme üç ana bölümden oluşmaktadır:

- Su kütleleri belirli kullanımlara göre ayrılmaktadır. Temiz Su Yasası belirli su kullanımlarının bazılarını açıklamaktadır. Söz konusu belirli su kullanımlarına içme suyu olarak kullanılan sular ve rekreasyon suları örnek verilebilir. Özel kullanımlar (soğuk sucul yaşam, tarım ve diğer alt sınıflandırmalar v.b.) veya temiz su yasasında belirtilmeyen fakat balıkçılık/yüzme sularını desteklemesi düşünülen su kullanımlarına örnek teşkil etmektedirler.
- Su kalitesi standartları, kullanımı belirlenmiş olan su kütlesi için nümerik ve/veya sözel kriterler ortaya koymaktadır. Nümerik kriterler, EPA Altın Kitabındaki kriterler [EPA, 2001] 126 öncelikli parametre ve alana özel parametrelerin büyüklüğünü (maksimum kabul edilebilir konsantrasyonu), süresi (kriter konsantrasyonlarla karşılaştırılmak üzere kanal içi konsantrasyonların ortalamasının alındığı zaman dilimi), ve frekansını (kirlenici konsantrasyonunun hangi sıklıkla tekrar edebileceği) tanımlamaktadır. Eyaletler, EPA klavuzunda verilen nümerik kriterleri direkt olarak kullanabilecekleri gibi alana özgü şartları yansıtacak şekilde veya destekleyici bilimsel metodlar ile değiştirerek kullanabilirler.
- EPA kriterleri, sucul yaşantıyı korumak için tatlı ve tuzlu suda kısa (akut) ve uzun dönem (kronik) olarak verilmektedir. Sözlü kriterler, nümerik kriterleri destekleyici olabilir, eyaletlerin nümerik kriterleri olmadığında belirli parametreler için deşarj limitinin temelini sağlayabilir veya toksisitesi belirlenemeyen parametreler için toksisite limitlerinin belirlenmesinde kullanılabilir. Genel olarak sözlü kriterler belirli su kullanımlarının hedeflerini ortaya koymaktadır.
- Su Kalitesi Standartları koruma stratejilerini ortaya koyar. Genellikle su kalitesini koruma stratejisi üç aşamadan oluşmaktadır. Mevcut kullanım amaçlarının korunması (1975 sonrasındaki tüm kullanım amaçlarını temel oluşturur ve kullanım amacına zarar verilemez), yüksek kaliteli yüzeysel suların korunumu (anti-deg analizi sadece ispatlanabilir sosyo-ekonomik gelişme durumunda kalite düşüşü) ve mükemmel yüzeysel suların korunumudur (Milli Parklar, eyalet parkları, koruma alanları vb. Bu gibi yerlerde su kalitesi düşürülemez).

4.2.1.2. Deşarj Limitlerinin Belirlenmesi için Yaklaşımlar

Temiz Su Yasası, 1977 yılında ikincil dereceden arıtma sistemleri temel alınarak ulaşılması gereken deşarj limit değeri ortaya koymaktadır. 1983 yılında “Mevcut En İyi Atıksu Arıtma Sistemleri” temel alınarak ek gereksinimler belirlenmiştir. NPDES Programı izin sistemi, teknoloji ve su kalitesinin durumunu temel alan sistemler olarak ayrılmaktadır. Bu iki temel yaklaşımla açıklanmaktadır. Birincisi kirletici kaynağı odaklı, atıksu arıtımı verimi ile sektörel ve alt-sektörel deşarj limitlerini dikkate alan teknoloji temelli yaklaşımdır. İkincisi ise su kaynağı odaklı, teknoloji merkezli yaklaşımın yetersiz kaldığı durumlarda özel hükümler ve uygulamaları içeren su kalitesini temel alan yaklaşımdır.

Teknoloji merkezli düzenlemeler AAT çıkış suyu kalitesi ve ikincil dereceden arıtma sistemleri için minimum çıkış suyu limit değeri belirlemektedir. Eğer teknoloji merkezli limit değeri konulursa, alıcı ortamdaki su kalitesi değeri sağlamayabilir. Bu nedenle, alana özgü değerlendirme/ karakterizasyon sonrasında alıcı ortama uygun limit değeri belirlenmelidir. Amerika Birleşik Devleti’ndeki bazı eyaletlerde yukarıda anlatılan yöntemlere göre belirlenen atıksu ELD’leri Tablo 4.5’te verilmektedir.

Tablo 4.5: Amerika Birleşik Devletleri eyaletlerinden Florida, New Jersey, Ohio ve Washington'ın uyguladığı deşarj limit değerleri.

Eyaletler	Uygulamadaki Yönetmelik	Kategori	BOİ ₅			COD				TAM				Amonyak		ÇO	pH	Yağ ve Gress		F.Koliform		Oksitleyici Klorlu Ürünler	Kalıntı Klor
			Aylık (mg/L)	Haftalık (mg/L)	% Giderim	Genel (mg/L)	Aylık (mg/L)	Haftalık (mg/L)	% Giderim	Genel (mg/L)	Aylık (mg/L)	Haftalık (mg/L)	% Giderim	Aylık (mg/L)	Haftalık (mg/L)	Genel (mg/L)	Genel	Aylık (mg/L)	Haftalık (mg/L)	Aylık (Org/100 ml)	Haftalık (Org/100 ml)	Genel (mg/L)	Genel (mg/L)
EPA – Genel	CWA Section 301(b) (1) (B)	İkincil Arıtma	30	45	85						30	45	85				6-9						
	40 CFR Part 133	İkincil Arıtma Eşdeğeri	30	45							45	65											
		Alternatif Gereksinimler									37-120												
Florida	FAC Rule 62-600	Tatlı Su Deşarjı				20			90	20			90										
	FS Section 403.086	Deniz/Körfez Deşarjı				25			85	30			85										
		İleri Arıtma																					
New Jersey	NJAC 7-14A-12	İkincil Arıtma	30	45	85						30	45	85										
		Tüm Tesisler														Min. 6	6-9	10	15	200	400	0,1	
Ohio	OAC 3745-1-05	Tüm Tesisler Yıllık					10	15			12	18		1	1,5					126	235		Mak. 0,038
		Tüm Tesisler Yazlık												3	4,5								
		Tüm Tesisler Kışlık																					

4.2.2. Kanada’da Deşarj Kriterlerinin Belirlenmesi Uygulamaları

Kanada’ya bağı bazı eyaletlerin kendi sınırları içerisinde uyguladıkları deşarj izin sistemi uygulamaları aşağıda verilmektedir.

4.2.2.1. Alberta

Alberta’da belediye AAT’lerinin çıkış suyu kalitesi yönetimi “Taşkın Drenaj Sistemi ve Belediye Atıksu Tesisleri Kullanım Kılavuzu ve Standartları” raporuna uygun olarak yürütölmektedir. Alberta Çevre Koruma Kurumu deşarj izni verme ve izleme ile yükümlüdür. 1997 yılında kılavuzunda nüfusu 20.000 kişiden küçük/büyük olan tesisler için genel limitler ve arıtım teknolojileri (ikincil arıtma, havalandırmalı lagünler) ortaya konulmuştur. Atıksu lagünleri için deşarj limitleri bulunmamaktadır. Nüfusu 20.000’den küçük olan yerler için karbon kaynaklı BOİ₅ ve TAKM deşarj limit değeri getirilmiştir. Nüfusu 20.000’den büyük olan yerler içinse KOİ, TAKM, toplam fosfor, fekal koliform ve amonyak deşarj limit değeri belirlenmiştir (Tablo 4.6) [Chinniah, 2006].

Alberta deşarj izin sistemi alıcı ortamın su kalitesini dikkate alarak teknoloji merkezli deşarj limitlerini belirlemektedir. Deşarj kriterleri konsantrasyon ya da yük cinsinden verilebilir. Kirletici yükü, konsantrasyonun ortalama günlük debi ile çarpılmasıyla elde edilir. Alıcı ortama deşarj edilecek atıksuyun standartları iki temel işlem ile karar verilmektedir:

- İlk aşamada uygun arıtma teknolojisine göre uygulanabilir minimum deşarj kriterleri belirlenir.
- İkinci aşamada ise çeşitli kirleticilerin alıcı ortama etkisi araştırılarak uygun arıtım teknolojileri ortaya konulur.

Alberta Çevre Koruma Kurumu değerlendirme/doğrulama yapar ve alıcı ortamın su kalitesini koruyan ELD’leri belirler.

4.2.2.2. Nova Scotia

AAT'lerin yönetimi ve idaresi belediyelere aittir. Fakat bazı özel kuruluşlar ile devlet kurumları da belirli sayıdaki AAT'leri yönetmektedirler. Nova Scotia Çevre Kanunu (1995) çerçevesinde hazırlanan “Belirli Su Aktiviteleri Yönetmeliği” deşarj kriterlerini oraya koymuştur.

Nova Scotia deşarj kriterleri, “Atlantik Kanada Standartları” ve “Atıksuların Toplanması, Arıtımı ve Deşarjı Klavuzu” referans alınarak hazırlanmıştır. Kurulu olan tesislerin BOİ₅ ve TAM parametrelerinde %80–95 civarında azaltım yapmaları gerekmektedir. Yeni kurulacak tesislerin deşarj izinleri 2000 yılı klavuzlarına göre alıcı ortam merkezli belirlenmektedir. Buna göre;

- Açık deniz deşarjları BOİ₅/TAM: 30/30
- Acı su ve kapalı körfezler de BOİ₅/TAM: 20/20
- Nehir ve göllerde BOİ₅/TAM: 10/10 veya 5/5

oranını sağlamalıdır.

Tablo 4.6: Kanada'nın bazı eyaletlerinde uygulanan deşarj limitleri.

Eyalet	Uygulanmadaki Yönetmelik	Kategori	Deşarj Limiti veya Kategori														
			BOİ ₅ (mg/L)	CBOİ (mg/L)	Askıda Katılar (mg/L)	ÇÖ (mg/L)	T. Koli. (mg/L)	Fekal Koli. (mg/L)	TP (mg/L)	Fosfat (P ₂ O ₅) (mg/L)	Amonyak (mg/L)	TN (mg/L)	Kalıntı Klor (mg/L)	pH (mg/L)	Yağlar (mg/L)	Yağ ve Gress (mg/L)	Toksiste Testi (mg/L)
Alberta	Alberta Çevre Koruma (1997b)	Nüfus <20.000	-	25	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Nüfus >20.000	-	20	20	-	1.000	200	1	-	-	-	-	-	-	-	-
		Lagün	Deşarj Kriteri Belirlenmemiş														
British Columbia	Atık Yönetim Kanunu Belediye Atıksu Yönetmeliği (1999)	Nehirler (≥40:1 seyrelme, göller (≥ 100 ha), deniz	45/130	-	45/130	-	-	2,2-200 ^c	1	1	-	-	1	6-9	-	-	Rainbow trout metodu ile biyolojik testi ^e
		Nehirler (≥10:1 seyrelme)	10	-	10	-	-		0,5	0,5	-	-	1	6-9	-	-	
Kanada (Federal Tesisler)	Kanada Çevre Kanunu (1976)	-	20	-	25	-	-	400	1	-	-	-	0,5-1	6-9	-	Saydam	-

Tablo 4.6: Devam.

Eyalet	Uygulanmadaki Yönetmelik	Kategori	Deşarj Limiti veya Kategori														
			BOİ ₅ (mg/L)	CBOİ (mg/L)	Asitlik Katılar (mg/L)	ÇÖ (mg/L)	T. Koli. (mg/L)	Fekal Koli. (mg/L)	TP (mg/L)	Fosfat (P ₂ O ₅) (mg/L)	Amonyak (mg/L)	TN (mg/L)	Kalıntı Klor (mg/L)	pH (mg/L)	Yağlar (mg/L)	Yağ ve Gress (mg/L)	Toksosite Testi (mg/L)
New Brunswick		Havalandırılmalı fakültatif lagün	20	20	-	-	-	200	-	-	-	-	0,3-7	-	-	-	-
		Lagünler veya küçük tesisler	20	20	-	-	-	200	-	-	-	-	0,3-7	-	-	-	-
		Büyük tesisler	20	20	-	-	-	200	-	-	-	-	0,3-7	-	-	-	-
Nova Scotia	Kanada Çevre Kanunu (1976)	Tatlı su, Limitli Seyrelme	5	-	5	-	-	200	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Tatlı Su, Seyrelme Yüksek	10	-	10	-	-	200	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Acı Su veya Kapalı Körfezler	20	-	20	-	-	1000	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		Açık Deniz	30	-	30	-	-	5000	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tablo 4.6: Devam.

Eyalet	Uygulanmadaki Yönetmelik	Kategori	Deşarj Limiti veya Kategori														
			BOİ ₅ (mg/L)	CBOİ (mg/L)	Asitlik Katılar (mg/L)	ÇÖ (mg/L)	T. Koli. (mg/L)	Fekal Koli. (mg/L)	TP (mg/L)	Fosfat (P ₂ O ₅) (mg/L)	Amonyak (mg/L)	TN (mg/L)	Kalıntı Klor (mg/L)	pH (mg/L)	Yağlar (mg/L)	Yağ ve Gress (mg/L)	Toksiste Testi (mg/L)
Ontario	Ontario Çevre ve Enerji Bakanlığı (1994b)	Lagünden büyük olan tesisler	25	-	25	-	-	200	1	-	-	-	0,5	6-9,5	-	-	-
		Mevsimsel Lagünler	30	-	40	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
Prince Edward Island	-	-	25	-	25	-	-	200	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Quebec		Havalandırmalı Lagün	20-30	-	-	-	-	1.000-200.000	1	-	-	-	-	-	-	-	-
		Aktif Çamur	20	-	20	-	-	-	0,8-1	-	-	-	-	-	-	-	-
		İleri Arıtma	15	-	15	-	-	-	0,4-0,5	-	-	-	-	-	-	-	-

4.3. Ülkemizde Atıksu Deşarjlarına Yönelik Yasal Düzenlemeler

Kentsel ve endüstriyel atıksu arıtımıyla ilgili düzenlemeler getiren yönetmelik ve tebliğler aşağıda verilmektedir:

- Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği (08 Ocak 2006 – R.G. 26047)
- Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği Hassas ve Az Hassas Su Alanları Tebliği (27 Haziran 2009 - R.G. 27271)
- Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (31 Aralık 2004 – R.G. 25687)
- Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği (23 Mart 2010 – R.G. 27527)
- Derin Deniz Deşarjı İzleme Genelgesi (30 Temmuz 2009)
- Yüzme Suyu Kalitesi Yönetmeliği (09 Ocak 2006 - R.G. 26048)
- Tehlikeli Maddelerin Su ve Çevresinde Neden Olduğu Kirliliğin Kontrolü Yönetmeliği (3 Mart 2010 – R.G. 2872)
- Tekstil Sektöründe Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrolü Tebliği (14 Aralık 2011 – R.G. 28142)

4.3.1. Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği (KAAY)

“KAAY Yönetmeliği”, Türkiye’nin AB’ye giriş süreci içerisinde Çevre Kanunu kapsamında “Kentsel Atıksu Arıtımı Direktifi (91/271//EEC)”ni temel olarak 2006 yılı başında yürürlüğe soktuğu bir yönetmeliktir. KAAY’ın amacı, kentsel atıksuların toplanması, arıtılması ve deşarjı ile belirli endüstriyel sektörlerden kaynaklanan atıksu deşarjının olumsuz etkilerine karşı çevreyi korumaktır [ResGaz, 2].

KAAY’da ötrofikasyon; suların, besin maddelerince özellikle azot ve/veya fosfor bileşiklerince, alg ve daha yüksek yapıları bitkilerin üremesini hızlandıracak, böylece sudaki canlıların dengesini bozacak ve su kalitesinde istenmeyen bozulmalara yol açacak şekilde zenginleşmesi olarak tanımlanmaktadır.

2006 yılında yürürlüğe giren KAAY uyarınca hassas su alanları ve az hassas su alanlarının tespiti, izlenmesi ile bu alanlara yapılacak kentsel atıksu deşarjlarının tabi olacağı usul ve esaslarını belirlemek amacıyla 27 Haziran 2009 tarihli ve 27271 sayılı Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği Hassas ve Az Hassas Su Alanları Tebliği yürürlüğe girmiştir.

KAAY’ye göre kıyıların yukarıdaki tanımlar esas alınarak ilan edilmiş hassas/az hassas olma durumları ve yerleşimlerdeki nüfus büyüklüklerine göre olması gereken atıksu arıtma seviyeleri Tablo 4.7’de özetlenmiştir. Yönetmeliğe göre AAT’lerin planlanmasının bu tabloya uygun olarak yapılması gerekmektedir. Nüfusu 2.000 altında olan yerlerde toplama sistemi varsa uygulanabilir. Ayrıca nüfusu 150.000 olan yerler içinse bilimsel ispatlar yapıldığı takdirde birinci arıtım kullanılabilir (Tablo 4.7).

Tablo 4.7: KAAY’a göre alıcı su ortamlarında hassaslık durumu ve nüfus büyüklüğüne göre atıksu arıtma seviyeleri.

Nüfus Eşdeğer	< 2.000	2.000 - 10.000		10.000 - 150.000	> 150.000
		Deniz	Kıta içi sular		
Hassas su ortamları	Uygun arıtma	Uygun arıtma	İkincil veya eşdeğer arıtma	İleri	İleri
Az hassas su ortamları	Uygun arıtma	Uygun / Birincil arıtma		Birincil arıtma	İkincil arıtma

“Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği Hassas ve Az Hassas Su Alanları Tebliği”nde alıcı ortama göre olmayan teknoloji merkezli ikincil arıtma sistemlerinde olması gereken BOİ₅, KOİ ve AKM değerleri için sınır değerler verilmiştir (Tablo 4.8). Ayrıca, tebliğde ileri arıtma sistemleri için TN ve TP parametreleri için olması gereken limit değerlerde belirlenmiştir (Tablo 4.9) [ResGaz, 4].

Tablo 4.8: İkincil ve ileri arıtıma ilişkin BOİ₅, KOİ ve TAKM deşarj limitleri.

İkincil ve üçüncül arıtım deşarj limitleri		
Parametreler	Konsantrasyon (mg/L)	Minimum arıtma verimi (%)
Nitrifikasyonsuz BOİ ₅ (20°C’de BOİ ₅)	25	70-90
KOİ	125	75
TAKM	35	90 ²

Tablo 4.9: Üçüncül arıtıma ilişkin TN ve TP deşarj limitleri.

İleri arıtım TN ve TP deşarj limitleri		
Parametreler	Konsantrasyon	Minimum arıtma verimi (%)
TP	2 mg P/L (10000 - 100000 E.N.) 1 mg P /L (100 000 E.N.’den fazla)	80
TN	15 mg N/L (10000 - 100000 E.N.) 10 mg N/L (100 000 E.N.’den fazla)	70-80

4.3.2. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY)

Ülkemizde yeraltı ve yerüstü su kaynakları potansiyelinin korunması ve en iyi bir biçimde kullanımının sağlanması için, su kirlenmesinin önlenmesini sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle uyumlu bir şekilde gerçekleştirmek üzere gerekli olan hukuki ve teknik esasları belirlemek üzere “SKKY Yönetmeliği (31/12/2004 – R.G. 25687)” yürürlüğe girmiştir.

Bu Yönetmelik 04/09/1988 tarih ve 19919 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanan SKKY’nin ülkemiz su yönetimi ihtiyaçları çerçevesinde büyük ölçüde revize edilmiş halidir. Bu Yönetmelik su ortamlarının kalite sınıflandırmaları ve kullanım

amaçlarını, su kalitesinin korunmasına ilişkin planlama esaslarını ve yasaklarını, atıksuların boşaltım ilkelerini ve boşaltım izni esaslarını, atıksu altyapı tesisleri ile ilgili esasları ve su kirliliğinin önlenmesi amacıyla yapılacak izleme ve denetleme usul ve esaslarını kapsamaktadır [ResGaz, 1].

Kentsel atıksuların alıcı ortama doğrudan deşarjı, arıtılmış atıksuların sulamada kullanımı ve derin deniz deşarjı (DDD) bertaraf yöntemlerinin su kaynaklarında oluşturabileceği kirlenmeleri en aza indirmek için, SKKY’de atıksuların alıcı ortama deşarjları ve geri kullanımları bir takım kurallara bağlanmaktadır. Atıksuların doğrudan alıcı ortama deşarjının yapıldığı durumlarda SKKY’nin Tablo 21.1-4’te verilen Alıcı Su Ortamlarına Deşarj Standartları dikkate alınmalıdır. Aşılmaması gereken sınır değerler tablolarda anlık, 2 saatlik ve 24 saatlik kompozit numuneler için ayrı ayrı deşarj standart değerleri olarak verilmektedir. Alıcı su ortamı deşarj standartları BOİ₅ kirlilik yüküne göre E.N. aralıkları belirlenmiş olup E.N. aralıklarına göre çeşitli deşarj standartları getirilmiştir. Aşağıda kirlilik yükleri ve kirlilik yüklerine karşılık gelen eş değer nüfus aralıkları verilmektedir:

- Kirlilik yükü ham BOİ₅ olarak 5 - 60 kg/gün arasında (E.N. 84 - 1000).
- Kirlilik yükü ham BOİ₅ olarak 60 - 600 kg/gün (E.N. 1000 - 10 000).
- Kirlilik yükü ham BOİ₅ olarak 600 - 6000 kg/gün (E.N. 10 000 - 100 000).
- Kirlilik yükü ham BOİ₅ olarak 6000 kg/gün’den büyük (E.N. ≥100 000).

SKKY’de yer alan hususların detaylı olarak ele alınması gerekliliğinden dolayı Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği yayınlanmıştır. Tebliğ’de atıksu arıtımı için uygulanabilir olduğu kabul edilmiş arıtma metotları, AAT kapasitesinin belirlenmesi ve projelendirilmesine esas teşkil edecek bilgileri, atıksu toplama sistemi bulunmayan yerleşim yerlerinin atıksu uzaklaştırmada uygulayacağı teknik esasları, atıksu toplama sistemi bulunan yerleşim yerlerinde ise değişik nüfus aralıklarına göre uygulanabilecek teknik esasları belirlemektedir. Ayrıca, dezenfeksiyon yöntemlerini, DDD sistemlerini, arıtma çamurlarının işlenmesi ve bertarafı ile arıtılmış atıksuların geri kazanımı ve yeniden kullanımı ile ilgili teknik esasları kapsamaktadır [ResGaz, 6]. Bu sektörlere giren tesislerden tamamen kuru tipte çalışanlar için SKKY’yede verilen Tablo 5-20 arasındaki atıksu standartları uygulanmaz. Söz konusu sektörler aşağıda verilmektedir:

- Gıda sanayi sektörü,
- Selüloz, kağıt, karton sanayi sektörü,
- İçki sanayi sektörü,
- Kimya sanayi sektörü,
- Maden sanayi sektörü,
- Cam sanayii sektörü,
- Ağaç mamülleri ve mobilya sanayi sektörü
- Kömür hazırlama işleme ve enerji üretimi sektörü,
- Seri makine imalatı, elektrik makinaları ve teçhizatı,
- Tekstil sanayi sektörü,
- Petrol sanayi sektörü,
- Deri ve deri mamülleri sanayi.

Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği, yerleşim birimlerinden kaynaklanan atıksuların arıtılması ile ilgili AAT'lerin teknoloji seçimi, tasarım kriterleri, arıtılmış atıksuların dezenfeksiyonu, yeniden kullanımı ve DDD ile arıtma faaliyetleri esnasında ortaya çıkan çamurun bertarafı için kullanılacak temel teknik usul ve uygulamaları düzenlemek üzere Çevre Kanunu (9/8/1983 – 2872 sayılı Kanun) ile adı geçen kanunda ek ve değişiklik yapan kanun hükümlerine uygun olarak hazırlanan "Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği" (31/12/2004 – R.G. 25687) ve "Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği"ne (8/1/2006 – R.G. 26047) dayanılarak hazırlanmıştır.

Yukarıda sözü edilen konuları kapsayan tebliğ, atıksu arıtımı için uygulanabilir arıtma metotlarını ele almaktadır. Söz konusu arıtım metotları önerilmiş olsa da SKKY ve KAAY'da öngörülen deşarj standartlarını karşılayabilecek mevcut ve/veya yeni diğer arıtım metotlarının kullanılmasını engellememektedir.

4.3.3. Yüzme Suyu Kalitesi Yönetmeliği

İnsan sağlığını ve çevreyi korumak üzere, yüzme ve rekreasyon amaçlı kullanılan suların kalitesi belirlenmelidir. Söz konusu suların başta mikrobiyolojik olmak üzere her türlü kirletici ile kirlenmesinin engellenmesini sağlamak amacıyla Çevre Kanunu'nun (9/8/1983 – 2872 sayılı Kanun) 8. ve 11. maddelerine ve "Çevre

ve Şehircilik Bakanlığı Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun”un (1/5/2003 - 4856) 9. maddesine dayanılarak hazırlanmıştır [ResGaz, 3].

Söz konusu yönetmelik sağlık amacıyla kullanılan sular ile yüzme havuzlarındaki sular haricindeki yüzme ve rekreasyonel amaçlı kullanılan sulara uygulanacak kriterlerin belirlenmesi, izlenmesi, denetlenmesi ve raporlanması ile ilgili teknik ve idari esasları kapsamaktadır.

Yönetmeliğe göre, yüzme ve rekreasyon amacıyla kullanılan su ortamlarına her türlü atık suyun deşarj edilmesi yasaktır. Bu su ortamlarını besleyen akarsu ve kuru derelere söz konusu su ortamlarının kalitesini değiştirecek şekilde atıksu deşarjına izin verilmemektedir. Ayrıca, AAT’lerden yapılacak deşarjların söz konusu su ortamlarını olumsuz yönde etkilememesi gerekmektedir.

4.3.4. Derin Deniz Deşarjına (DDD) Yönelik Mevzuat

Deşarj edilecek atıksular SKKY Tablo 21.1 - 4’e tabi olan yerlerde, öngörülen sınır değerlere indirildikten sonra alıcı ortama verilebilirler. Fakat, denize kıyısı olan yerleşimlerde alıcı ortamdaki yeterli seyrelme kapasitesinin bulunduğu ayrıntılı mühendislik çalışmaları sonucunda kanıtlanması halinde, atıksuların DDD ile bertarafına izin verilir [ResGaz, 5].

Bu durumda evsel atıksuların alıcı ortama doğrudan deşarjı için belirlenmiş olan deşarj standartları uygulanmamaktadır. Arıtılmamış evsel nitelikli atıksuların değişim ve seyreltme potansiyeli düşük olan yarı kapalı koy ve körfezlere, coğrafi şartlar nedeniyle DDD yapılması zorunlu olduğu takdirde yapılacak deşarja, alıcı ortamdaki ekolojik dengeleri bozmayacağı ve özellikle ağır metaller, besi maddeleri ve “Tehlikeli ve Zararlı Maddeler Tebliği”nde belirtilen diğer maddelerin birikim yapmayacağı, bir çevresel etki değerlendirme (ÇED) çalışması ile ispat ediliği takdirde izin verilmektedir.

Evsel atıksuların DDD ile alıcı ortama verilmesinde uygulanacak kriterler ve deşarj standartları Tablo 4.10 ve Tablo 4.11’de verilmektedir. Ayrıca, SKKY’de boru derinliği, seyrelme faktörleri ve T90 parametrelerine sınırlamalar getirilmiştir.

Tablo 4.10: Derin deniz deşarjı için uygulanacak kriterler.

Parametre	Limit
Sıcaklık	Deniz ortamının seyreltme kapasitesi ne olursa olsun, denize deşarj edilecek suların sıcaklığı 35°C'yi aşamaz. Sıcak su deşarjları difüzörün fiziksel olarak sağladığı birinci seyrelme (S ₁) sonucun da karıştığı deniz suyunun sıcaklığını Haziran - Eylül aylarını kapsayan yaz döneminde 1°C'den, diğer aylarda ise 2°C'den fazla arttıramaz. Ancak, deniz suyu sıcaklığının 28°C'nin üzerinde olduğu durumlarda, soğutma amaçlı olarak kullanılan deniz suyunun deşarj sıcaklığına herhangi bir sınırlama getirilmeksizin alıcı ortam sıcaklığını 3°C'den fazla artırmayacak şekilde deşarjına izin verilebilir.
En muhtemel sayı (EMS) olarak toplam ve fekal koliformlar	Derin deniz deşarjıyla sağlanacak olan toplam seyrelme sonucunda insan teması olan koruma bölgesinde, zamanın %90'ında, EMS olarak toplam koliform seviyesi 1000 TC/100 mL ve fekal koliform seviyesi 200 FC/100 mL'den az olmalıdır.
Katı ve yüzen maddeler	Difüzör çıkışı üzerinde, toplam genişliği o noktadaki deniz suyu derinliğine eşit olan bir şerit dışında gözle izlenebilecek katı ve yüzer maddeler bulunmayacaktır.
Diğer parametreler	Deniz Suyunun Genel Kriterleri Tablosunda verilen limitlere uyulacaktır.

30 Temmuz 2009'da yayınlanan "Derin Deniz Deşarjı İzleme Genelgesi"ne göre, DDD hattının izlenmesi, alıcı ortamın ve atıksudaki kirlilik parametrelerinin izlenmesi, izleme noktaları ve aralığı hakkında düzenlemeler getirmektedir.

Tablo 4.11: DDD’lerde izin verilebilecek atıksuların özellikleri.

Parametre	Sınır	Düşünceler
pH	6 - 9	-
Sıcaklık, °C	35	-
Askıda katı madde, mg/L	350	-
Yağ ve gres, mg/L	15	-
Yüzer maddeler	Bulunmayacaktır	-
5 günlük BOİ ₅ , mg/L	250	-
KOİ, mg/L	400	-
TN, mg/L	40	-
TP, mg/L	10	-
Metilen mavisi ile reaksiyon veren yüzey aktif maddeleri (MBAS), mg/L	10	Biyolojik olarak parçalanması TSE standartlarına uygun olmayan maddelerin boşaltımı prensip olarak yasaktır.
Diğer parametreler		Tehlikeli ve Zararlı Maddeler Tebliği’nde bu parametreler için verilen sınır değerlere uymalıdır.

4.3.5. Tekstil Sektöründe Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrolü Tebliği

Noktasal kirlilik kaynaklarını kontrol edebilmek için AB üye ülkeleri tarafından IPPC Direktifi" 1996 yılında yürürlüğe girmiştir. Direktifin amacı, çevrenin en etkin ve geniş kapsamda korunması amacıyla hava emisyonları, atıksu deşarjları ve katı atık yolu ile meydana gelen kirlenmenin önlenmesi ve kontrol edilmesinin diğer mevzuatlara uyumlu olacak şekilde çevresel performansın bir bütün olarak ele alınmasını sağlamaktır [ResGaz, 8].

ELD'leri içeren izin belgesi şartlarının temeli MET'lere dayanmaktadır. MET kavramı havaya, suya ve toprağa verilen kirlenmenin önlenmesi veya azaltılması sonucu yüksek seviyede bir koruma hedeflemektedir.

Ülkemizin, SÇD'yi uygulama sürecinde yönetmeliğin önemli unsurlarından biri olan IPPC Direktifi'ne yönelik çalışmaları başlatması gerekmektedir. IPPC Direktifiyle AB ülkeleri özellikle tekstil sektörü gibi fazla su ve enerji tüketen sektörlerden kaynaklı kirleticileri önlemeyi amaçlamıştır. Bu kapsamda ülkemizde, AB çevre mevzuatına uyum çerçevesinde "Tekstil Sektöründe Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrolü Tebliği"ni, 14 Aralık 2011 tarihinde yürürlüğe konmuştur. Söz konusu tebliğe, kurulu kapasitesi 10 ton/gün üzerinde olan yıkama, ağartma, merserizasyon, haşıllama, baskı, haşıl sökme ve benzeri ön işlem, boyama ve son işlemlerinin gerçekleştirildiği tekstil tesisleri tabidir [ResGaz, 8].

Tekstil üreticilerinin IPPC yaklaşımı çerçevesinde, gerek üretim gerekse her türlü emisyon, deşarj ve atıkların yönetimi süreçlerinde bu tebliğin uygulanmasına ilişkin yükümlülükleri belirlenmiştir.

4.3.6. Tehlikeli Maddelerin Su ve Çevresinde Neden Olduğu Kirliliğin Kontrolü Yönetmeliği

Tehlikeli Maddelerin Su ve Çevresinde Neden Olduğu Kirliliğin Kontrolü Yönetmeliği 09/8/1983 tarihli ve 2872 sayılı Çevre Kanununun 8. maddesi ile 1/5/2003 tarihli ve 4856 sayılı Çevre ve Orman Bakanlığı Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanunun 2. ve 9. maddelerine dayanılarak hazırlanmıştır.

Söz konusu yönetmelik yüzeysel sularda, haliç sularında, bölgesel sularda kirliliğe neden olan tehlikeli maddelerin belirlenmesi, kirlilik azaltma programlarının oluşturulması, kirliliğin önlenmesi ve izlenmesi, suya deşarj edilen tehlikeli maddelerin envanterinin yapılması, deşarj standartları ve kalite kriterlerinin belirlenmesi esaslarını kapsamaktadır.

Ulusal ve/veya bölgesel bazda bu Yönetmeliğin Ek-1 (çok tehlikeli maddeler ve bunlara ait özel hükümler) ve Ek-2'sinde (daha az tehlikeli maddelere) verilen tehlikeli maddeler için deşarj limit değerleri ile su kalite kriterlerinin belirlenmesi için envanter çalışmasının yapılması, izleme sisteminin oluşturulması ile deşarjı söz konusu olan tehlikeli maddelerin envanterinin tutulması gerekliliği belirtilmektedir.

Yönetmeliğin Ek-1'inde yer alan tehlikeli maddeleri içeren sektörlerin sağlaması gereken deşarj standartları ile kalite kriterleri yönetmelikte Tablo (1–14) arasında verilmiştir. Yönetmelik Ek–1'inde yer alan tehlikeli maddelerin bu yönetmelik kapsamında alıcı ortama deşarjının söz konusu olması halinde gerçek ve tüzel kişiler bu yönetmelik hükümleri kapsamında deşarj izin belgesi almakla yükümlüdür. Ayrıca, SKKY'de Tablo (5–21) arasında yer alan sektörlerden; atıksuyunda tehlikeli madde bulunduran sektörler deşarj izin belgesi almak zorundadırlar. SKKY Ek-1'de yer alan tehlikeli maddeler ve Ek 2'de yer alan tehlikeli gruplar verilmektedir.

Tehlikeli maddeleri içeren atıksuların doğrudan alıcı ortama deşarjı yasaktır. Atıksuların kanalizasyona veya alıcı ortama deşarjında izinlerin alınması ve kirliliği önleyici tedbirlerin ve programların oluşturulması gerekmektedir. Söz konusu yönetmelikte verilen deşarj limit değerleri aşılamaz [ResGaz, 7].

5. SU ÇERÇEVE DİREKTİFİ UYGULAMA YÖNTEMLERİ

5.1. Marmara Denizi’nde Yapılan Bilimsel Çalışmaların Envanter Analizi

SÇD kapsamında Marmara Denizi’nin değerlendirilebilmesi için veri setlerinin güvenilir, kesintisiz ve uzun yıllara yayılan biçimde olması gerekir. Marmara Denizi’nde birçok çalışma yapılmış olmasına karşın verilerin ortak bir veri tabanında toplanması mümkün olmamıştır. Bu tez çalışması kapsamında yapılan envanter analizinin amacı, belirlenen Marmara Denizi su kütlelerindeki istasyonların dağılımı ve ölçüm sıklığının belirlemek; bu tez çalışması ve bundan sonra yapılacak olan çalışmalara yönelik SÇD isterlerini karşılayıp/karşılamadığını ve veri yeterliliğinin sorgulanmasıdır. Söz konusu veriler bu tez çalışmasında sadece etkilerin değerlendirilmesinde (Klo-a konsantrasyonları) kullanılmıştır. Diğer veri setleri DEKOS Projesi kapsamında sınıflandırma çalışmasında değerlendirilmiştir. Marmara Denizi’ndeki çalışmalar üniversiteler ve araştırma projeleri ile T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’nın desteğiyle yapılan bütünleşik izleme projeleri olarak iki grupta ele alınabilir.

Tez çalışması kapsamında üniversitelerde ve araştırma kurumlarında yapılan bireysel çalışmaların verilerine ulaşmadaki güçlükler nedeniyle boşluk analizi değerlendirilmesi yapılamamıştır. Ancak, SÇD kapsamında kullanılabilecek veri envanteri ortaya konulmuştur. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’nın desteğiyle yürütülmüş/yürütülen projeler olan 2005-2007 yılı “Marmara Çevre Master Planı ve Yatırım Stratejisi” (MEMPIS) Projesi ile 2009-2011 ve 2013 yıllarında düzenlenen “Bütünleşik İzleme Projeleri” boşluk analizi kapsamında değerlendirilmiştir. Boşluk analizi çalışması için düzenlenen veri seti formatı Tablo 5.1’de verilmektedir. Bireysel çalışmaların envanter tablosu ise aşağıdaki bilgileri içermektedir:

- Temel veri seti bilgisi (Makro Alg, Deniz Çayırıları, Fitoplankton vb.)
- Destekleyici veri seti bilgisi (Sıcaklık, Tuzluluk vb.)
- Bölge bilgisi
- İstasyon adı ve kodu
- Tarih aralığı

- Ölçüm sıklığı

Tablo 5.1: Veri seti boşluk analizi formatı.

İstasyon Kodu	İstasyon Adı	Koordinatlar		Matriks (Su kolonu) - Parametreler (Sıcaklık, Tuzluluk, Klo-a ...vb) Ölçüm Sıklığı
		Enlem	Boylam	
SD1	Susurluk Nehri	40,3937	28,5160	Su kolonu: Sıcaklık Tuzluluk, İletkenlik, ÇO – BKE: Klo-a

5.2. Su Kütleleri Belirlenmesi Yöntemi

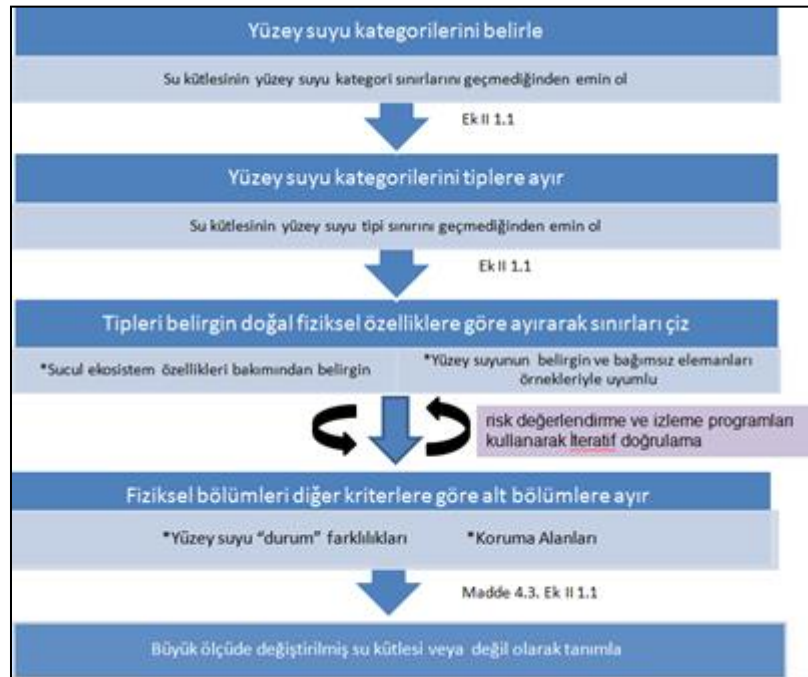
SÇD’ye göre ülkelerin kıyı uzunluğu ve özelliklerinden bağımsız olarak karasal çizgisinden (yüzey suları ve yer altı suları gibi) bir mile kadar olan geçiş ve kıyı suları (ve kimyasal durum için ise 12 deniz mile kadar genişletilebilecek olan kara suları) dahil olmak üzere tüm suları kapsamaktadır. Söz konusu sular, Direktifin uygulama amacı için coğrafi ya da idari birimlere ayrılmıştır: Özellikle nehir havzası, nehir havza bölgesi ve “su kütlesi (su yönetim birimleri (water body))” [WFD, 2000].

SÇD’nin temel amaçlarından biri sucul ekosistemlerin daha fazla bozulmasını önlemek, korumak ve iyi kalite sürekliliğini sağlamaktır. Bu hedeflere ulaşmak için “su kütlelerinin ekolojik kalite durum”unu bilmek çok önemlidir. SÇD’de belirtildiği gibi “Su kütlelerinin belirlenmesi bir amaç değil, bir araçtır”. Ayrıca, su kütlelerinin belirlenmesi tekrarlanan bir süreçtir (Şekil 5.1). Genel olarak su kütlesi, yüzey suyunun yönetilebilir bir birimi (kıyı suyunun uzantısı ya da geçiş suyunun tümü) olarak tanımlanabilir.

5.2.1. Temel Prensipler ve İhtiyaçlar

Su kütlesi belirleme sırasında dikkate alınması gereken temel prensipler ve ihtiyaçlar “SÇD Ortak Uygulama Kılavuzu 2”de ayrıntıları olarak anlatılmaktadır. Söz konusu kılavuz doküman ışığında bu prensipler aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir [EC, 2003c]:

- Su kütlesinin belirlenmesi, yüzey suyu “durum”unun hassas bir şekilde tanımlanmasını sağlayacaktır. Bunun için süreç içinde, Madde 5 analizleri (karakteristik özellikler, insan aktivitelerinin durum üzerine etkisi) ve Madde 8 (izleme programları) bilgilerine ihtiyaç vardır.
- Önemli fiziksel özellikler, jeolojik ve hidromorfolojik özellikler ekosistem üzerine etkileri açısından önemlidir.
- Suyun farklı kullanım alanları (içme suyu vb.) ve koruma alanları dikkate alınmalıdır.
- Bir su kütlesi farklı kategorilerde olmamalıdır.
- Bir su kütlesi farklı tiplerde olmamalıdır.
- Yüzey suyunun “durum” bilgisi su kütlesi sınırlarını belirlemede önemlidir.
- “Baskı-Etki analizi”, “durum” bilgisi olmadığı durumlarda kullanılabilir.
- Bazı koşullarda ve yönetim kolaylığı açısından gerekli görüldüğünde küçük su kütleleri birleştirebilir veya büyük su kütleleri bölünebilir. Söz konusu bölünme ya da birleştirilme işlemi ekolojik statü dikkate alınarak yapılmalıdır. Ayrıca, izleme çalışmalarıyla bu durum desteklenmelidir [EC, 2003c].



Şekil 5.1: Yüzey su kütlelerinin belirlenmesi süreci.

5.2.2. Su K t leleri Belirleme Aşamaları

Tez  al şması kapsamında Marmara Denizi'nin ekolojik durumunu daha iyi ortaya koyabilmek ve idari açıdan daha kolay yönetilebilmesi açısından su kütlesini (su yönetim birimi (SYB) bölümlenme çalışması yapılmıştır. Ülkemiz kıyısal alanlarının SYB'lere bölümlenmesi çalışması yukarıda anlatılan S D Su Kütlesi Belirleme süreçleri takip edilerek [EC, 2003c] uygulanmıştır.

Aşağıda SYB belirleme çalışmalarında yararlanılan veri setleri, izlenen adımlar sunulmaktadır.

- Denizler'in SYB bölümlenmesinde ötrofikasyon risk alanları göz önünde bulundurulmuştur. Ötrofikasyon risk alanları bilgisi "Mülga T.C.  evre ve Orman Bakanlığı'nın 2009 yılından yayınladığı "Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliğı Hassas ve Az Hassas Su Alanları Tebliğı"den yararlanılmıştır.
- Kıyı tipolojisi özelliğı su kütlesi ayırımında dikkate alınmıştır. Marmara Denizi tipoloji bilgisi T B TAK MAM  evre ve Temiz  retim Enstitüsü tarafından 2013 yılında tamamlanan DEKOS Projesi'nden alınmıştır.
- Kıyısal alanlarındaki baskılar incelenmiştir. Buna göre nehir etkisi, kentsel alanlar, nüfus yoğunluğı, düzensiz katı atık alanları, deniz trafiğı yoğunluğı, endüstri tesisleri yoğunluğı; yayılı kaynaklar; liman; lagün; platform; tersane ve turizm yoğunluğı gibi baskı elemanları göz önünde bulundurulmuştur (Bkz. Bölüm 5.3).
- DEKOS Projesi kapsamında ekolojik durum bilgisi için yararlanılan veri setlerinin bilgisi aşağıda verilmiştir. Tez  al şması kapsamında su kütlelerine göre yapılan ekolojik sınıflandırmanın detayları Bölüm 5.6'da verilmektedir.
 - Marmara Denizi'nde 2009-2010 yılları arasında İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve İşletmeciliğı Enstitüsü tarafından gerçekleştirilen ve Mülga  evre ve Orman Bakanlığı tarafından desteklenen izleme çalışmaları ait veriler
 - 2011 yılında T B TAK MAM  evre ve Temiz  retim Enstitüsü tarafından gerçekleştirilen ve Mülga  evre ve Orman Bakanlığı tarafından desteklenen Bütünleşik İzleme Projesi sonuçları kullanılmıştır.
- Denizlerde baskı-etki analizi kapsamında seçilen etki elemanı ile baskılar arasındaki ilişkiye bakılmıştır. Baskı değıerlendirmesi, LUSI/LUSIV al baskı

indekslerine göre yapılmıştır. Söz konusu indeksler hakkında detaylı inceleme ve yöntemi Bölüm 5.4'te verilmektedir.

- SÇD'de bütünleştirilmiş nehir havzası yönetimi için tüm korunan alanların göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Korunan alanlar için özel hedefler ve gereksinimler (örneğin izleme gibi) ortaya koyulmuştur. Söz konusu su kütlesi belirleme çalışmalarında korunan alanların mevcut sınırları göz önünde tutulmalıdır [EC, 2003c]. Buna göre askeri alanlar (örn: İmralı Adası) ayrı su kütlesi olarak değerlendirilmiştir.

Yukarıdaki toplanan veriler çerçevesinde Marmara Denizi su kütleleri belirlenmesinde kullanılmak üzere detaylı analiz tablosu hazırlanmıştır. Söz konusu su kütlelerine ilişkin hazırlanan tablo içeriği aşağıda açıklanmaktadır.

Su kütlesi tanımlayıcı bilgileri, su kütlesinin kodu, bulunduğu havza ve su kütlesinin ismi.

Tipoloji bilgisi, su kütleleri belirlenirken kıyı tipolojisi önemli bir bileşendir. TÜBİTAK MAM Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü tarafından 2013 yılında tamamlanan DEKOS Projesi ile Marmara Denizi tipoloji belirleme çalışması yapılmıştır. Söz konusu proje kapsamında Marmara Denizi'nin tipolojisinin belirlenmesinde zorunlu parametrelerden enlem-boylam kullanılmış olup tuzluluk parametresi uzman görüşüyle değerlendirmeden çıkarılmıştır. Ayrıca, gel-git genliği ülkemizde ayırt edici bir özellik olmadığı için kullanılmamıştır (bkz Bölüm 3.1.4). Seçmeli parametrelerden ise ulusal ölçekte mevcudiyeti sebebiyle derinlik ve dip yapısı parametreleri tercih edilmiştir.

Proje'de tipolojilerin belirlenmesi için kullanılan parametrelerin seçilmesindeki etkili hususlar aşağıda sıralanmıştır [Beken vd., 2013].

- Su kütlelerini temsil edebilme,
- Su kütlelerini ayırt ve kategorize edebilme,
- Veri seti mevcudiyeti, ve
- Veri seti erişebilirliği ve kullanılabilirliğidir.

DeKoS Projesi tipoloji çalışmaları sonucu, Marmara Denizi'nde farklı 6 tip tanımlanmıştır. Tanımlanan 6 tip içinde en geniş yayılım 3.701 km²'lik alan ile derin-sedimenter Marmara suyuna (MD-6: D-SD) ait iken, derin-sert Marmara suyu (MD-

5: D-SR) 4,1 km²'lik alanı ile minimum dağılım göstermektedir (Tablo 5.2). Marmara kıyı sularının büyük bir bölümü derin sınıfına aittir. Su tiplerinin adlandırılması SHKYP EK-1 C'ye göre yapılmıştır.

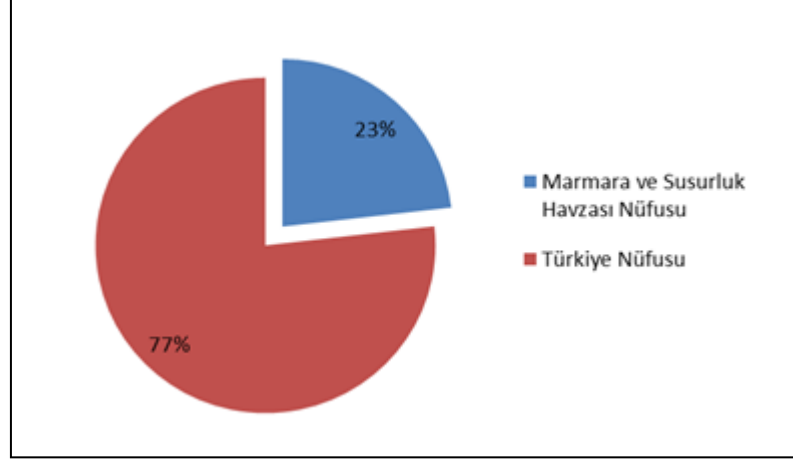
Tablo 5.2: Marmara Kıyı suları tipleri ve özellikleri.

SHKYP (2012) Tip Kodu	Tip kodu	Tuzluluk sınıfı	Derinlik Sınıfı	Dip Yapısı Sınıfı	Alan (km ²)
D1Ç1	MD-1 (S-SR)	Tuzluluk sınıfı uygulanmamıştır	Sığ (D ≤ 15)	Sert	149
D1Ç2(Ç3)	MD-2 (S-SD)		Sığ (D ≤ 15)	Sedimenter	1.152
D2Ç1	MD-3 (O-SR)		Orta derin (15 < D ≤ 30)	Sert	22
D2Ç2(Ç3)	MD-4 (O-SD)		Orta derin (15 < D ≤ 30)	Sedimenter	801
D3Ç1	MD-5 (D-SR)		Derin (30 < D)	Sert	4
D3Ç2(Ç3)	MD-6 (D-SD)		Derin (30 < D)	Sedimenter	3.701
Oluşturulan tiplerin toplam alanı					5.829
Marmara Denizi kıyı suları toplam alanı					5.829

Baskı bilgisi, su kütlesi üzerindeki doğal ya da antropojenik (insan kaynaklı) baskıların belirlenmesidir. Baskı-Etki analiz yöntemlerine ait yapılan çalışmanın detayları Bölüm 5.4'te yer almaktadır. Durum bilgisi, desteklenen parametreler (TP, ÇİN, SD, Klo-a), ekolojik durum sınıflandırması ve kimyasal sınıflandırmaya ait detaylı bilgiler Bölüm 5.6'da ele alınmıştır.

5.3. Marmara Denizi Kara Kökenli Kirleticilerin Analizi

Marmara Denizi, Susurluk ve Marmara Havzası sınırları içerisinde kalmaktadır. KKK çalışmasında Susurluk ve Marmara Havzası dahilinde kalan ilçeler değerlendirilmiştir. Söz konusu havzaların toplam nüfusu Türkiye nüfusunun %23'ünü oluşturmaktadır (Şekil 5.2) [TÜİK, 2013]. İlçelerdeki turizmden kaynaklı nüfuslar T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı'nın yayınladığı ilçe bazlı "Tesiste Ortalama Kalış" dökümanından yararlanılmıştır.



Şekil 5.2: Marmara ve Susurluk Havzaları nüfusunun Türkiye toplam nüfusuna oranı.

Bu tez çalışmasında, kirlilik yüklerinin hesaplanmasında “Atıksu Arıtma Teknik Usuller Tebliği (2010)”ndeki nüfusa bağlı olarak atıksu oluşumu ve yüklerinin değişimi değerleri Ülkemiz şartlarına uyarlanarak kullanılmıştır (Tablo 5.3).

Tablo 5.3: Kirlilik yüklerinin nüfusa göre değişimi.

Nüfus Aralıkları (kişi)	KOİ (g/kişi- gün)	TN (g/kişi- gün)	TP (g/kişi- gün)
2.000 - 10.000	55	4	0,7
10.000 - 50.000	75	5	0,8
50.000 - 100.000	85	6	0,9
100.000 - 300.000	95	7	1,0
300.000 - 500.000	105	8	1,1
>500.000	115	9	1,2

Ülkemiz kıyı yerleşimlerinde kentsel atıksu arıtma tesislerine gelen kirlilik yükü tahminleri, Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) Genel Nüfus Sayımı’nda verilen şehir nüfusu sonuçları ve Tablo 5.3’deki kişi başına düşen kirlilik yükleri kullanılarak hesaplanmıştır. Hesaplanan yükler ile TÜİK’den 2008 yılına ait kanalizasyon hizmet yüzde verileri çarpılarak, kanalizasyona giren atıksu kirlilik yükleri hesaplanmıştır [TÜİK, 2008].

Endüstriyel tesislerden kaynaklanan kirlilik yükleri, TÜBİTAK MAM Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü'nün 2011 yılında tamamladığı “Havza Koruma Eylem Planlarının Hazırlanması Projesi - Marmara Havzası ve Susurluk Havzası” endüstriyel kirlilik yüklerinden alınmıştır.

Tez çalışması kapsamında; alıcı ortama deşarj edilen kentsel ve endüstriyel tesislerden kaynaklı kirlilik yükleri atıksuların mevcut arıtma durumlarına göre hesaplanmıştır. Biyolojik arıtması olan yerleşimlerin atıksu kirlilik yükleri hesaplanırken, “Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği Hassas ve Az Hassas Su Alanları Tebliği”nde ikincil arıtma sistemlerinde olması gereken KOİ arıtma verimleri kullanılmıştır (Tablo 5.4). İkincil arıtmada TN ve TP’un %25 artırıldığı varsayılmış olup ileri arıtması olan yerleşim yerlerinde Tebliğ’de verilen TN ve TP giderim verimleri kullanılmıştır (Tablo 5.5). Ön arıtması olan yerleşimlerin atıksu kirlilik yükleri hesaplanırken, organik maddelerin (KOİ) %30, TN ve TP’nin yaklaşık %10 verimle artırıldığı varsayımı yapılmıştır [Qasim, 1988].

Tablo 5.4: İkincil ve ileri arıtıma ilişkin BOİ₅, KOİ ve TAKM deşarj limitleri.

İkincil ve üçüncül arıtım deşarj limitleri		
Parametreler	Konsantrasyon (mg/L)	Minimum arıtma verimi (%)
Nitrifikasyonsuz BOİ ₅ (20°C’de BOİ ₅)	25	70-90
KOİ	125	75
TAKM	35	90

Tablo 5.5: Üçüncül arıtıma ilişkin TN ve TP deşarj limitleri.

İleri arıtım TN ve TP deşarj limitleri		
Parametreler	Konsantrasyon	Minimum arıtma verimi (%)
TP	2 mg P/L (10000 - 100000 E.N.) 1 mg P /L (100 000 E.N.'den fazla)	80
TN	15 mg N/L (10000 - 100000 E.N.) 10 mg N/L (100 000 E.N.'den fazla)	70-80

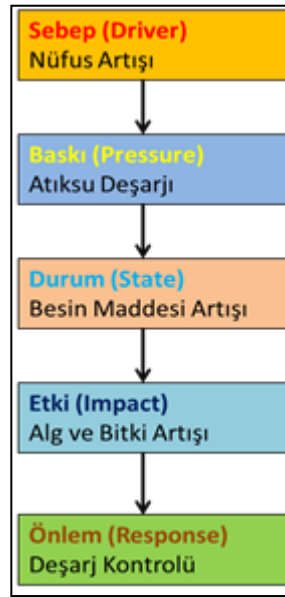
5.4. Baskı-Etkilerin Belirlenmesi Yöntemleri

Baskı ve etki analizi, SÇD kapsamında sucul ortamlar için istenilen su kalitesi hedeflerinin gerçekleştirilme durumuyla ilgili riskleri değerlendirmek amacıyla kullanılan analiz yöntemidir. Analizin temel amacı potansiyel risk/risk altında bulunan su kütlelerinin belirlenmesidir [EC, 2003a]. Ayrıca, belirlenen deşarj kriterlerinin sağlanabilmesi için belirlenen su kütlesi üzerindeki baskıların bilinmesi önemlidir. Risk değerlendirmesinde en çok uygulanan süreç sırasıyla DPSIR elemanlarını içermektedir (Tablo 5.6). Şekil 5.3'te DPSIR sürecine ait örnek verilmektedir.

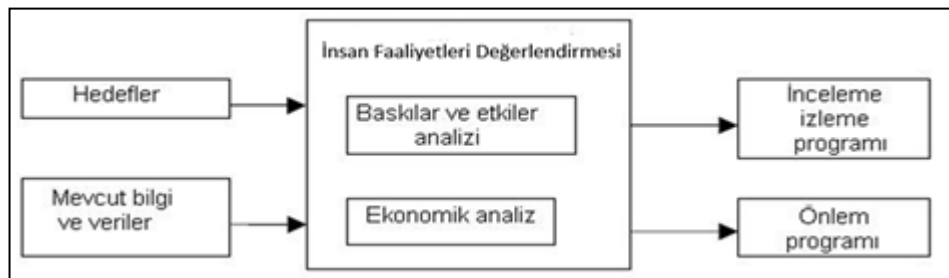
Tablo 5.6: Baskı-etki analizi DPSIR metodu.

DPSIR Aşamaları	Açıklama
Sürücü (Sebep) (Driver)	Çevre üzerindeki antropojenik aktiviteler (tarım, endüstri v.b.)
Baskı (Pressure)	Sürücünün doğrudan etkisi (örn: akış rejiminin değişimi, su kimyasının değişimi vb.)
Durum (State)	Doğal ya da antropojenik etkinin sonucunda su kütlesinin durumu (örn: Fiziksel, kimyasal ve biyolojik karakteristikler)
Etki (Impact)	Baskının çevresel etkisi (balık ölümleri, ekosistemde değişimler)
Önlem (Response)	Noktasal deşarjların önlenmesi, iyi tarım uygulamaları gibi önlemler.

Baskı-Etki analizi, baskılara karşın önlem programlarının hazırlanması sürecinin bir parçası olup, izleme programlarının hazırlanması için de oldukça önemlidir (Şekil 5.4). Bu kapsamlı sürecin en temel parçalarından biri, çevresel hedeflerin belirlenmesidir. Çünkü baskılar ve etkilerin incelenmesi işleminde, belirlenen hedefe ulaşamayacak veya ulaşamama riski bulunan su kütlelerinin tespit edilmesi gerekmektedir. Söz konusu hedeflerin su kullanımlarına göre belirlenmesine ve diğer mevzuatlarda tanımlanan koruma alanlarına uygulanan ek hedeflere dayanmaktadır.



Şekil 5.3: DPSIR uygulama süreci örneği.



Şekil 5.4: Planlama sürecinin bileşenleri.

SÇD, antropojenik baskıların sadece etkilerini değil çevresel risklerini de ortaya koyan bir anlayış getirmiştir. SÇD'ye göre kıyı alanlarındaki antropojenik baskıların değerlendirilmesi için yönetim planlarının oluşturulması gerekmektedir. Yönetim planları oluşturulurken, kıyı alanlarına havzalardan gelen olası baskıların da

dikkate alınarak analizin gerçekleştirilmesi oldukça büyük önem taşımaktadır [Flo et al, 2011].

Söz konusu gereklilik, yönetim yaklaşımı şeklinin belirlenmesi açısından da önemlidir. Çevresel baskıların alıcı ortam üzerine olan etkileri Tablo 5.7’de özetlenmiştir. Nehir havzası içerisinde söz konusu baskılardan farklı olarak su kütlelerini etkileyen başka baskı türlerinin olup/olmadığı ve nehir havzası bölgesi içerisindeki su kütlelerinin kendi aralarındaki ilişkilerin de göz önünde bulundurulması gerekmektedir [EA RMBP, 2009].

Tablo 5.7: Alıcı ortam üzerindeki baskı grupları.

SÇD Baskıları	Spesifik Baskılar
Nokta Kaynaklı Kirleticiler	Organik Kirlilik –BOİ ₅ ’i içermektedir. Kimyasallar – Öncelikli Tehlikeli Kirleticiler, Öncelikli Kirleticiler, Spesifik Kirleticileri içermektedir. Diğer Kirleticiler – Fekal indikatör organizmalar Asidifikasyon Nutrientler – Nitrat, fosfat Maden ve maden suları
Yayılı Kaynaklı Kirleticiler	Kimyasallar – Öncelikli Tehlikeli Kirleticiler, Öncelikli Kirleticiler, Spesifik Kirleticileri (Pestisitler dahil) içermektedir. Yağ ve hidrokarbonlar Sediment Organik Kirlilik – BOİ ₅ ’i içermektedir. Diğer Kirleticiler – Fekal indikatör organizmalar Asidifikasyon Besin maddeleri – Nitrat , fosfat Maden ve maden suları
Su Miktarı Üzerine Yapılan Baskılar	Su azaltımı yapan yapılar Fiziksel modifikasyonlar - morfoloji
Su Durumu Üzerine Yapılan Diğer Etkiler	Fiziksel modifikasyon – morfoloji Yabancı türler Biyolojik Baskılar – Balık stoğu, biyota azaltımı Sediment Yeni geliştirilen maddeler – Endokrin bozucu maddeler gibi Kentsel ve taşımacılıkla oluşan baskıları Rekrasyonel Yeraltı su kütlelerinin su çekilmesine bağlı olarak tuzlanması

Baskıların ve iklim değişikliklerinin çevre üzerine etkisi belirlendiğinde, su kütlesinin durumunu koruma veya iyileştirme önerileri geliştirilebilir. Örneğin, sıcaklık değişiminin türlerin, habitatın ve su miktarının üzerine etkisi büyüktür.

Bölgesel olarak su sıcaklığındaki değişimler takip edilirse, belirli insan aktivitelerinden kaynaklandığı görülebilir. Örneğin, elektrik üretim istasyonlarındaki su soğutma kulelerinin neden olduğu sıcaklık farklılığı söylenebilir.

Baskı-Etki analizi, model aracılığıyla veya baskı-etki indeksleri geliştirilmesi gibi çeşitli yöntemlerle yapılabilmektedir. Söz konusu indeksler içerisinde yer alan baskı grupları ve bunların etki dereceleri uzman görüşlerine göre belirlenmektedir. Geliştirilen indekslerin baskı-etkilerinin doğru tanımlanması, uyumluluğu ve sonuçların karşılaştırılabilir olması önemlidir.

Model yaklaşımının, baskılara bağlı etkilerin öngörülmesine olanak sağlamasına rağmen bazı dezavantajları vardır. Özellikle model kalibrasyonu ve kurulumu zaman alıcı bir süreçtir. Ayrıca, uygulanacak alanda çeşitli ve detaylı veri setlerine (morfolojik, kimyasal ve biyolojik vb.) ihtiyaç duymaktadır.

SÇD'yi uygulayan AB'ye üye ülkelerce baskı-etkilerin belirlenmesinde büyük oranda indeks kullanımı tercih edilmektedir. Bunun nedeni, ülkelerin su kütlelerinin belirlenmesi sürecinin hızlı, kolay ve maliyeti yüksek olmayan yöntemlerle yapılmasını istemeleridir. Söz konusu indekslere örnek olarak LUSI (Land Uses Simplified Index), LAWA (Almanya Etki Değerlendirme Metodu) ve İtalya kıyılarına uygulanan baskı-etki analiz uygulaması verilebilir [Lopez et al, 2009].

Tez çalışması kapsamında Marmara Denizi'ne "LUSI" ve "LUSIVaI" baskı-etki analiz yöntemleri uygulanmıştır. Aşağıda tez çalışması baskı-etki değerlendirmelerinde kullanılan yöntemlerin yanı sıra İtalyan kıyılarına uygulanan basit harita metodu da ele alınmıştır. Ayrıca bu tezin açıklamalar kısmında İzmit Körfezi LUSI/LUSIVaI örnek çalışması uygulama kılavuzu verilmiştir.

5.4.1. LUSI (Land Uses Simplified Index)

LUSI indeksi, İspanya tarafından insan kaynaklı baskıların kıyısız alanlardaki ötrofikasyona olan etkisini belirlemek amacıyla geliştirilen bir metottur. Söz konusu metot üç ana temele dayanmaktadır [Flo et al, 2011]. Bunlar;

- Farklı arazi kullanımları su kalitesini etkilemektedir. Bu durum çok değişken olmasına rağmen, karada doğal durumunda bulunduğu minimum değerinden yerleşim alanlarına kadar olan alandan kaynaklanan besin maddesi zenginliği gradyanı mevcuttur.

- Kıyısal alana olan etki havza kullanımlarından kaynaklanmaktadır.
- Kıyının morfolojik yapısı baskılardan etkilenme oranını belirlemektedir. İç bükey yapısı olan kıyısal alanlarda (körfezler, koylar vb.) etkinin maksimum, dış bükey yapıdaki (burunlar vb.) yerlerde ise etkinin minimum olduğu kabul edilir. Bunun nedeni, iç bükey alanlara giren suyun yenilenme hızının düşük olması; buna karşın, dış bükey (burunlar vb.) alanlarda yüksek akıntı ve yüksek yenilenme hızı nedenleriyle kirletici seyrelme oranının yüksek olmasıdır.

LUSİ indeksi yukarıda bahsedilen ana prensiplerden yola çıkarak; kentsel, endüstriyel, tarımsal (sadece sulanan alanlar) ve nehir etkilerini dikkate alarak kıyı alanlarındaki baskıların belirlenmesini sağlamaktadır. Söz konusu parametreler alansal veri olarak “Arazi Sınıflandırma Sistemi”nden (Coordination of Information on the Environment - CORINE) elde edilmektedir (Tablo 5.8) [Web 1, 2015].

Tablo 5.8: LUSİ indeksinde kullanılan arazi sınıflandırma sistemi bilgileri.

LUSİ Parametresi	Sınıflandırma Kodu	Açıklaması
Kentsel	11	Şehir yapısı
Ticari ve Endüstriyel	12	Endüstriyel, ticari ve ulaşım alanları
	13	Maden, boşaltım ve inşaat alanları
Tarımsal	21	Ekilebilir alanlar
	22	Sürekli ürünler
	23	Meralar
	24	Karışık tarımsal alanlar

Bu indeksin uygulanmasında, farklı su tipleri için üretilen alansal verilerin oransal ağırlıkları hesaplanmakta ve Tablo 5.9’te verilen puanlandırma sistemine göre değerlendirmeler yapılmaktadır [MED-GIG, 2011]. Baskıların yüzde aralıklarına göre puan tablosu uzman görüşlerine göre oluşturulmaktadır. Kıyı alanının morfolojik yapısına göre düzeltme faktörü (Tablo 5.10) belirlenmektedir ve parametrelerin toplam değeri çarpılarak LUSİ skoru aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanmaktadır [Gardi et al, 2010], [Flo et al, 2011]:

$$\text{LUSİ Skoru} = (\text{Kentsel Puan} + \text{Tarımsal Puan} + \text{Endüstriyel Puan}) * \text{Düzeltilme Faktörü} \quad (5.1)$$

Tablo 5.9: Baskıların oransal ağırlıklarına göre aldıkları puanlar.

Kentsel (%)	Tarımsal (%)	Endüstriyel (%)	Puan
< 10	< 10	< 10	0
10 - 33	10 - 40	10 - 30	1
33 - 66	40 - 60	≥ 30	2
≥ 66	≥ 60		3

Tablo 5.10: Kıyısız alanların yapısına göre düzeltme faktörü.

Kıyı Morfolojisi	Düzeltilme Faktörü
İç Bükey	1,25
Dış Bükey	0,75
Düz	1,00

LUSİ skoru kıyı alanının büyüklüğüne göre değişebilmektedir. LUSİ indeksini uygulayan ülkeler, kıyı şeridinden olan farklı uzaklık seviyelerine göre kıyı alanının büyüklüğünü belirlemişlerdir. Buna göre, Fransa kıyı şeridinden 1500 m, 2000 m ve 3000 m mesafe içerisinde kalan alanların LUSİ skorları hesaplanarak değerlendirme yapılmıştır [MED-GIG, 2011]. İspanya’da ise kıyı şeridinden 1500 m mesafe içerisinde kalan alanın LUSİ skoru hesaplanmıştır [Flo et al., 2011].

Baskıların su ortamında oluşturduğu etkiyi değerlendirebilmek için su tipine göre hesaplanan LUSİ skoruna karşılık gelen ve aynı su tipinde ölçülen KLO-a ya da Fitoplankton Bollluğu değerleri arasındaki korelasyona bakılmaktadır. Korelasyonunun %50 ya da üzeri bir uyumluluk gösterdiği durumlarda, su kütlelerinde LUSİ skorlarına göre ötrofikasyon değerlendirmesi yapılabilir.

2012 yılında yayınlanan MED-GIG raporlarında, sığ sulardaki makroalg komünitelerinin de değerlendirilmesi için LUSİ indeksine yeni parametreler eklenmiştir. “Makro Alg LUSİ (MA-LUSİ)” olarak adlandırılan bu yöntemde, LUSİ indeksinde kullanılan parametrelere ek olarak balık çiftlikleri, atıksu deşarj bilgisi, limanlar veya düzensiz tatlı su girdileri verileri de kullanılmıştır. Ayrıca, bazı ülkeler arka plan trofik durum bilgisini yerel baskı olarak değerlendirmeye almışlardır. MA-LUSİ, örnekleme noktası etrafında 3 km’lik bir tampon bölge içerisindeki arazi kullanım bilgisi dikkate alınarak hesaplanmıştır. Baskıların su ortamında oluşturduğu etkiyi değerlendirebilmek için makroalglerle arasındaki korelasyona bakılmaktadır.

İspanya, LUSI değerlendirmesinin modifiye edilmiş halini Valencia Kıyılarına uygulamıştır. Söz konusu uygulanan yeni indekse LUSIV al denmektedir. LUSI indeksinden farklı olarak “diğer baskıları” da dikkate almaktadır [Romero et al.,2013]. LUSIV al her baskı grubu için LUSI indeksine bir puan eklenerek hesaplanmaktadır (bkz 5.2). Bu yöntem ile LUSI skoru toplamı en fazla üç puan arttırılabilir. Diğer baskılar;

- Nehir Etkisi,
- Körfez, Liman, vb.
- Su kalitesinin düşük ya da kötü olduğu bilinen/tahmin edilen yerlerin etkisi,

şeklinde gruplanmaktadır. LUSIV al skoru aşağıda gösterildiği şekilde hesaplanmaktadır.

$$\text{LUSIV al Skoru} = (\text{Kentsel Puan} + \text{Tarımsal Puan} + \text{Endüstriyel Puan} + \text{Diğer Baskılar}) * \text{Düzeltilme Faktörü} \quad (5.2)$$

Baskıların su ortamında oluşturduğu etkiyi değerlendirebilmek için su tipine göre hesaplanan LUSI/LUSIV al skoruna karşılık gelen ve aynı alanı temsil eden BKE arasındaki korelasyona bakılmaktadır.

5.4.2. İtalya’nın Uyguladığı Baskı – Etki Analiz Yöntemi

İtalya kıyılarında baskı-etki analizinin yapılmasında iki yöntem kullanılmıştır. Söz konusu analizlerden birincisi “Google Earth uydu görüntülerine (2004-2007)” ikincisi ise “İtalyan Devlet İstatistik Enstitüsü (ISTAT)” verilerine dayanmaktadır [Lopez et al., 2009]. Söz konusu metotlar İtalya’nın dört nehir havzasına (Liguria, Tuscany, Latium, Sardinia) uygulanmıştır. Uydu görüntülerinin sınırları, izleme noktaları paralelinde ve 25 km x 25 km’lik bir alanı kapsayacak şekilde elde edilmiştir. Uydu görüntüleri değerlendirme prosesinde kullanılan beş parametre (arazi kullanımı, nehir etkisi, endüstri, limanlar ve yapay yapılar) ve bunların sınıflandırma kriterleri Tablo 5.11’de verilmiştir.

Tablo 5.11: Uydu görüntülerinden elde edilen baskı çeşitlerinin sınıflandırma aralıkları.

Baskı Çeşidi	Yüksek	Orta	Düşük	Yok
Arazi Kullanımı (% kıyı şeridi)	Şehir Yapısı> 90%	Doğal : <50 % + tarımsal : >50%	Şehir Yapısı + Tarımsal : <50%; veya sadece tarımsal: <90%	Doğal: >90%
Nehir (Seçilen noktaya olan uzaklık)	Yok	<10 km (aynı koyda)	> 10km	Bulunmuyor
Endüstri (Seçilen noktaya olan uzaklık)	<10 km	Endüstriyel: > 10km	Yok	Yok
Limanlar (Çeşidi ve seçilen noktaya olan uzaklık)	Endüstriyel: <10 km	Endüstriyel: > 10 km ve/veya Ticari: < 10 km	Ticari: >10 km; Rekreasyon Sahası: <10 km	Yok
Yapay Yapılar	Yok	Var	Yok	Yok

Seçilen alandaki Tablo 5.11'e uygun olarak sınıflandırması yapılan baskı çeşitlerinin değerlendirmesinde kullanılan yöntem Tablo 5.12'de özetlenen kriterlere göre yapılmaktadır.

Tablo 5.12: Sınıflandırması yapılan baskıların değerlendirilmesi.

Sınıflandırılmış Baskı	Baskı	Baskı Derecesi
En az bir yüksek	Yüksek	Yüksek Seviye
En az iki orta	Orta	
En az iki Düşük	Düşük	Düşük Seviye
Hepsi Yok	Baskı Yok	

5.5. Büyük Ölçüde Değiştirilmiş Su Kütlelerinin Belirlenmesi Yöntemi

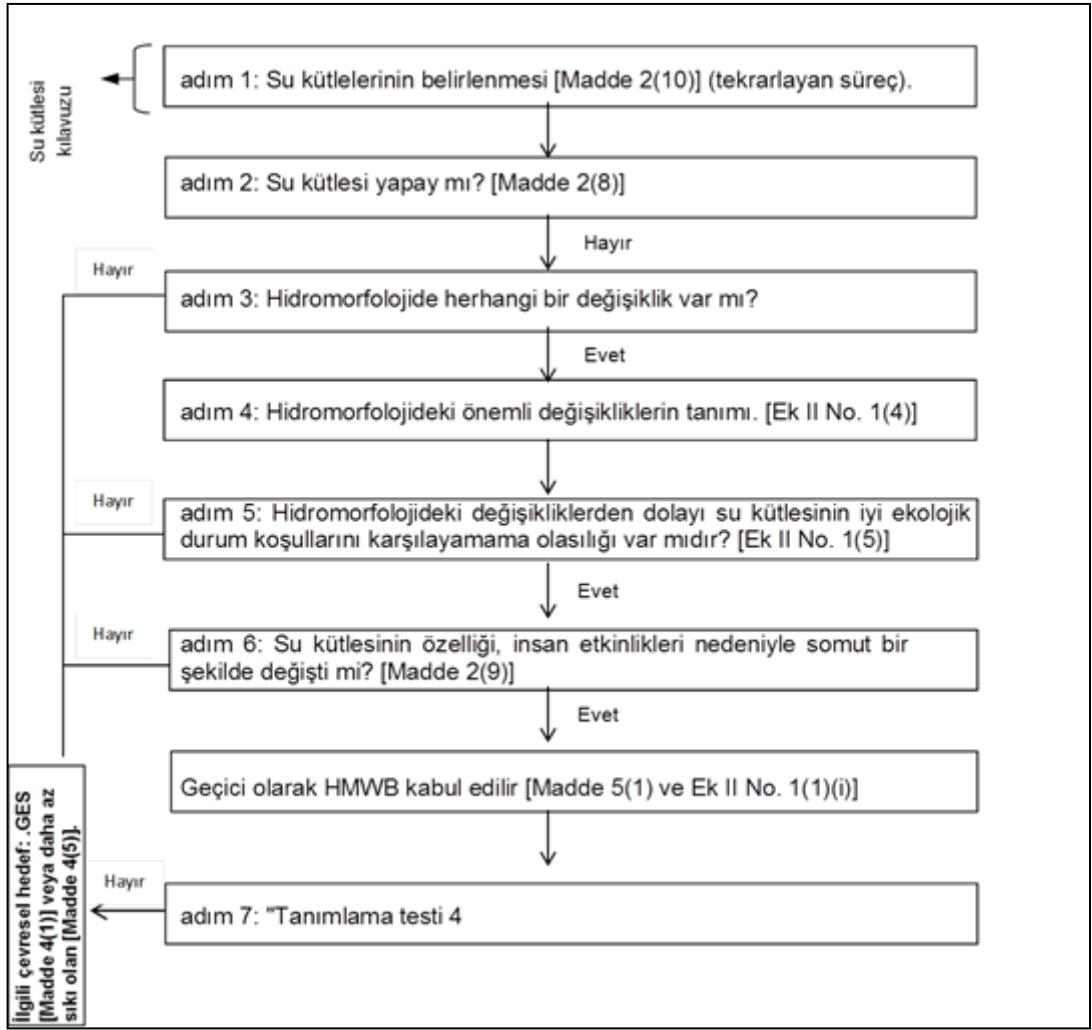
SÇD'nin yüzey suları ile ilgili genel hedefi, üye devletlerin 2015 yılına kadar tüm yüzey suyu kütlelerinde iyi ekolojik ve kimyasal durum sağlamalarıdır. Bazı su kütleleri bu hedefi gerçekleştiremeyebilir. Su kütlelerine dair daha az zorlayıcı hedeflerin konulması ve hedefleri gerçekleştirmek için sürenin uzatılması da mümkündür. SÇD'de Madde 4(4) ve 4(5)'te belirtilmiştir [EC, 2003b].

BÖDSK'ler, insan etkinliklerinden kaynaklanan fiziksel değişimler sonucunda karakteri somut şekilde değişen ve bu nedenle iyi ekolojik durumu sağlayamayan su kütleleridir. Bu bağlamda:

- Fiziksel değişiklikler bir su kütlesinin hidromorfolojik özelliklerindeki değişiklikler anlamına gelir ve
- Bir su kütlesinin özelliğinin somut şekilde değişmiş olması, bu su kütlesinin Madde 4(3)'te belirtilen kullanımları sürdürdüğü için uzun vadeli ciddi hidromorfolojik değişikliklere uğradığı anlamına gelir. Bu hidromorfolojik değişiklikler genellikle morfolojik ve hidrolojik özellikleri değiştirirler.

YSK'ler, önceden su kütlesi bulunmayan bir konumda oluşturulan ve mevcut bir su kütlesinin fiziksel olarak değiştirilmesi, hareket ettirilmesi veya konumunun değiştirilmesi olmaksızın oluşturulan yüzey suyu kütleleridir.

BÖDSK ve YSK'nın tanımlanması isteğe bağlıdır; üye devletlerin su kütlelerinin BÖDSK ve YSK'larını tanımlama zorunlulukları yoktur [EC, 2003b]. SÇD "BÖDSK ve YSK'ların Belirlenmesi ve Tanımı Kılavuzu"nda BÖDSK ve YSK belirleme ve tanımlama sürecinin adımları Şekil 5.5'de verilmektedir.



Şekil 5.5: BÖDSK ve YSK belirleme ve tanımlama sürecinin adımları.

Öncelikle, tanım gereği Türkiye kıyı sularında YSK bulunmamaktadır. Tez kapsamında, belirlenen su kütlelerinin büyük ölçüde değiştirilmiş olup olmadığını belirlemek amacıyla kıyı alanlarındaki yol veya rekreasyonel amaçlı doldurulmuş alan, liman vb. bilgilerine ulaşılmaya çalışılmıştır. Ancak, kıyısız alanlarda yeterli sayısal veriye ulaşılamamıştır. Bu nedenle Şekil 5.5'e göre 6. adımı da içerecek şekilde aşağıdaki çalışma gerçekleştirilmiştir.

BÖDSK'leri belirleme ön çalışması Harita Genel Komutanlığı'nın üretimini 1970'li yıllarda çekilen hava fotoğraflarıyla yaptığı 1/25.000 ölçekli standart topoğrafik haritalar ve 2010 yılında TÜBİTAK MAM Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü tarafından yürütülen "Acil Müdahale Merkezlerinin Oluşturulması ve Muhtelif Denizlerimizde Mevcut Durumun Tesbiti İçin Fizibilite Çalışması" kapsamında temin edilen 50 cm çözünürlüklü Türkiye Kıyı Alanları sayısal ortofotoları kullanılmıştır.

Şekil 5.6'da görüldüğü gibi Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ortamında her iki veri katmanı görselleştirilmiş ve dolgu alanları sayısallaştırılmıştır. Söz konusu dolgu alanları sayısallaştırıldıktan sonra elde edilen dolgu alanları katmanı su kütlelerine ait veri katmanı ile bindirme analizi (overlay analizi) yapılmıştır.



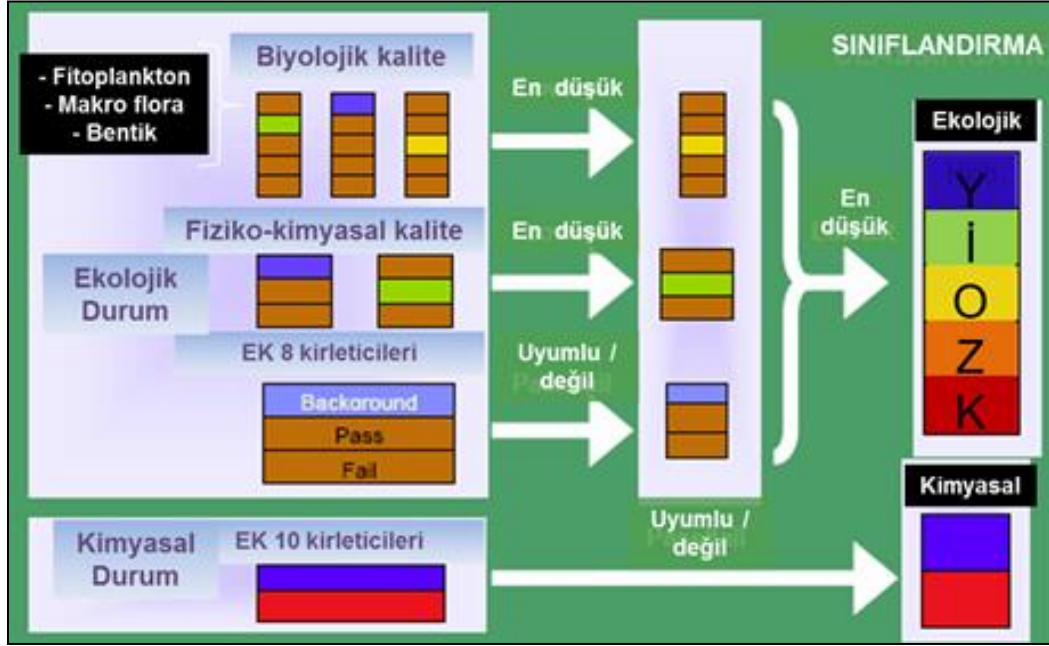
Şekil 5.6: CBS ortamında dolgu alanlarının belirlenmesi.

5.6. Marmara Denizi Ekolojik Sınıflandırma Yöntemi

Ekolojik sınıflandırma SÇD’de yer alan yüzey sularının ekolojik ve kimyasal duruma göre sınıflandırması için, Avrupa Komisyonu’nun ilgili “Ortak Uygulama Belgeleri olan No 5 [EC, 2003c] – Su Kütlelerinin Karakterizasyonu ve No 13- Ekolojik Statünün Sınıflandırması Kılavuzları [EC, 2003d]” dikkate alınarak tedbirlilik ilkesine (one out all out principle) göre değerlendirilmiştir. Söz konusu kılavuz ve ülke uygulamaları “Bölüm 3.1 SÇD uygulama basamakları” başlığı altında detaylı olarak verilmiştir. Sınıflandırmada kullanılan “tedbirlilik ilkesi”ne göre kalite elemanlarının gösterdiği en kritik (düşük) kalite esas alınır (Şekil 5.7).

Bu tez çalışması kapsamında Marmara Kıyıları su kütleleri’nin ekolojik durum değerlendirmesi için 3 Biyolojik Kalite Elemanı (BKE) dikkate alınmıştır. Söz

konusu BKE (Fitoplankton, Makro flora ve Bentik) ve fiziko kimyasal kalite gösterleri (TP, ÇİN, SD ve KİO-a) için DeKoS Projesi kapsamındaki değerlendirmeler kullanılmıştır. Sınıflandırma çalışması Türkiye Denizleri Bütünleşik İzleme Projelerinin 2011 yılı verilerine dayalı olarak yapılmıştır. Bu çalışmada “Kimyasal Durum” göz önünde bulundurulmamıştır [EC, 2003d].



Şekil 5.7: Tedbirlik ilkesine göre kıyı suları kalite sınıflandırması.

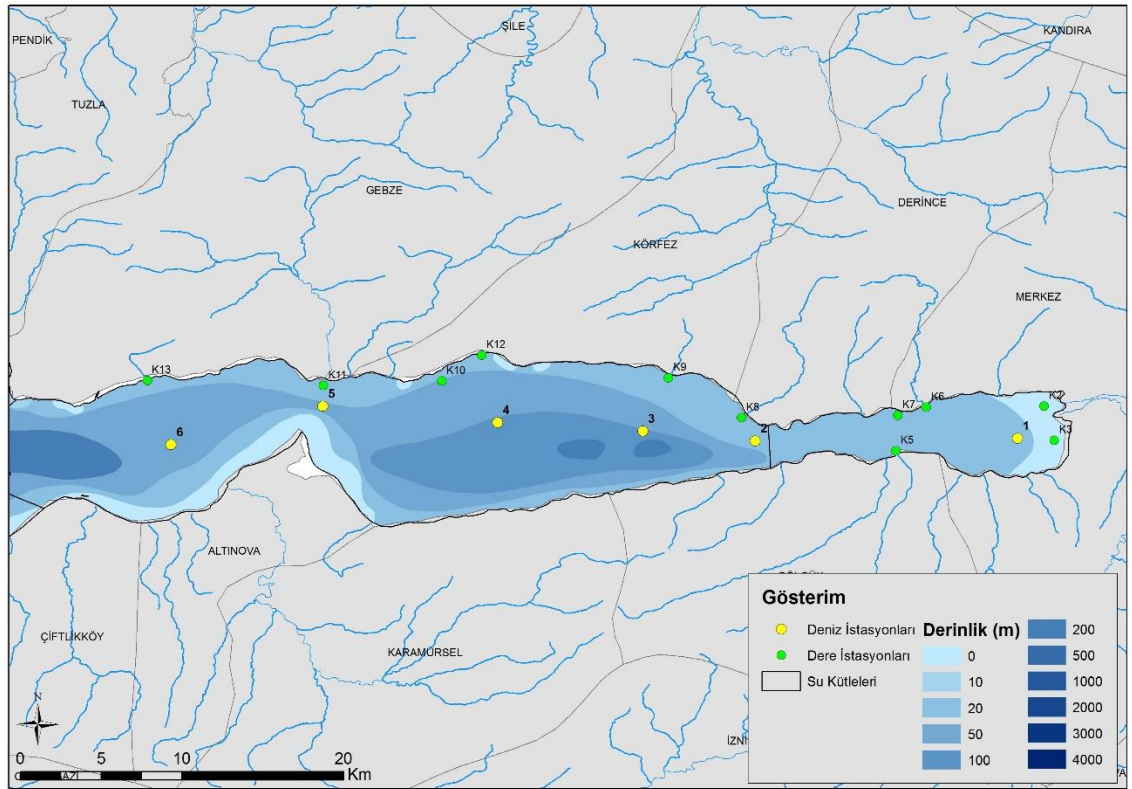
5.7. İzmit Körfezi Pilot Alanında Deşarj Kriterlerinin Belirlenmesi Yöntemi

SÇD'nin sınıflandırmasındaki amaç su kütlesi kalitelerinin çok iyi veya iyi statüye ulaşmasının sağlanmasıdır. Bu hedefe ulaşılabilmesi için su kütleleri kıyı ve kıyı çizgisi gerisindeki KKK kontrol altına alınması ve deşarj kriterlerinin belirlenmesi önem arz etmektedir. Alıcı ortam özelliklerine göre deşarj kriterlerinin belirlenebilmesi için seçilen bölgedeki baskı gruplarının belirlenmiş olmasının yanında veri bütünlüğünün ve sıklığının yeterli olması gerekmektedir.

Marmara Denizi'nin doğu ucunda yer alan İzmit Körfezi'nin üzerinde çok çeşitli noktasal ve yayılı kaynaklı baskı gruplarının olması (kentsel, endüstriyel, tarımsal vb), su akışının düşük olması ve Marmara Denizi'nde belirlenen diğer su kütlelerine göre veri bütünlüğü ve sıklığının (bkz. Bölüm 5.1 ve Bölüm 6.1) deşarj

kriterleri belirleme ve değerlendirmeye uygun olması nedeniyle bu tez çalışmasında pilot bölge olarak seçilmiştir.

Deşarj kriterleri belirleme çalışması İzmit Körfezi'ni temsil eden su kütlesi numarası M_16 ve M_17 olan iki su yönetim biriminde yapılmıştır. Bu çalışma kapsamında TÜBİTAK MAM'ın yürütücülüğünü yaptığı ve İzmit Büyükşehir Belediyesi'nin desteklediği “İzmit Körfezi Su Kalitesinin ve Karasal Girdilerin İzlenmesi ve Kirliliğin Önlenmesine Yönelik Önerilerin Geliştirilmesi Projesi” kapsamında 2008-2013 yılları arasında üretilen veriler değerlendirilmiştir. İzmit Körfezi'nin su kütlesi sınırları ve çalışma kapsamında kullanılan istasyonların yerleri Şekil 5.8'da gösterilmektedir. Şekil 5.8'da görülen batıdan doğuya doğru bir hat boyunca olan istasyonlar alıcı ortamın özelliklerini belirlemede kullanılmış olup, yayılı kaynaklardan gelen kirleticilerin durumunu ortaya koymak için dere/nehir ağzlarına yakın olan istasyonlar da dikkate alınmıştır.



Şekil 5.8: İzmit Körfezi izleme istasyonları.

Tez çalışması kapsamında İzmit Körfezi verileri genel değerlendirilmesi yapılmış olup, mevsimsel farklılıklar göz ardı edilmiştir. Ayrıca çalışma ötrofikasyon izlemelerinin temel iki parametresi olan TP ve ÇİN üzerine değerlendirmeler yapılmıştır. Söz konusu iki parametrenin seçilmesinin bir diğer nedeni de veri sıklığının en iyi bu iki parametrede sağlanmasındandır.

Deşarj kriterleri belirlenirken 2008-2013 yılları arasındaki veriler istasyon bazlı olarak derlenmiş olup istatistiksel bir çalışma yapılmıştır. Verilerin ortalaması, standart sapması, minimum ve maksimum değişim aralıkları belirlenmiştir. Ayrıca, %10-90 güven aralığı arasında kalan verilerde de aynı istatistiksel çalışma yapılarak karşılaştırması yapılmıştır. Verinin yıllar içerisindeki yönelimi dikkate alınarak toplam verinin ortalaması ile güven aralığı içerisinde kalan verilerin standart sapmasının yarısı ortalama değere eklenerek deşarj kriteri belirlenmiştir. Güven aralığı içerisinde kalan verinin standart sapmasının eklenmesinin sebebi deşarj kriterleri belirlerken güvenli tarafta kalınmasının sağlanması ve ölçümden kaynaklı hataların önüne geçilmesi hedeflenmiştir. Belirlenen deşarj kriteri yöntemi alıcı ortamın verilerinin ele alınması, noktasal kaynaklı (evsel ve endüstriyel) ve yayılı kaynaklı kirlilik yüklerinin göz önünde bulundurulması, riskli bölgelerin ele alınması yönünden AB üye ülkeleri, Amerika Birleşik Devletleri ve Kanada’da uygulanan deşarj kriteri belirleme basamakları açısından benzerlik göstermektedir. Bu çalışmada istatistiksel olarak deşarj kriterleri ortaya koyulmuş olup Amerika Birleşik Devletleri’nde uygulanan TMDL yöntemiyle benzerlik gösterse de konsantrasyon parametresi baz alınarak deşarj kriterlerinin hesaplanması yönünden farklılık göstermektedir.

Elde edilen veriler 2012 yılında yayımlanan ve 2015 yılında güncellenen “Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği (YSKYY)”ndeki Marmara Denizi için verilen sınır değerlerle karşılaştırılmıştır (Tablo 5.13).

Tablo 5.13: Marmara kıyı ve geçiş suları ötrofikasyon kriterleri.

Su Kalitesi Sınıfı	ÇİN (µg/l)	TP (µg/l)	Klo-a (µg/l) (İlkbahar)	Klo-a (µg/l) (Sonbahar)	Seki Disk Derinliği (m)
Oligotrofik	< 14	< 14	<3	< 1	> 6
Mezotrofik	14-20	14-21	4,3	2	4,5
Ötrofik	20-34	21-30	6	4	3
Hipertrofik	> 34	> 30	> 6	> 4	< 3

SÇD kıyılara bütüncül bir gözle bakmakta olup, sadece kıyıs alana odaklanmamaktadır. Bu nedenle, kıyı çizgisinin gerisinden yani havza kaynaklı kirleticilerinde kıyıs alana üzerine baskıların belirlenmesi önemlidir. Bu tez çalışması kapsamında deşarj kriterlerinin doğru olarak belirlenebilmesi için havzadan kaynaklı noktasal ve yayılı kirleticilerin denize taşıdığı yükler hesaplanmış (bkz. Bölüm 5.3 ve Bölün 6.3) olup bu kısımda değerdendirmelere dahil edilmiştir.

6. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRMELER

6.1. Marmara Denizi’nde Yapılan Bilimsel Çalışmaların Envanter Analizi Sonuçları ve Değerlendirmesi

Marmara Denizi’ne ait kimyasal ve biyolojik oşinografi verilerinden hangilerinin eksik olduğu ve/veya tamamlanması gerektiği hakkında bir değerlendirmenin yapılabilmesi amacıyla 2005-2013 yılları arasındaki veriler değerlendirilmiştir. Söz konusu denize ait boşluk çalışmasının yöntemi Bölüm 5.1’de verilmiştir. Marmara Denizi’nde 2005-2013 yılları arasında su kolonuna ait istasyonların dağılımı ve sıklıkları Şekil 6.1’de gösterilmiştir.

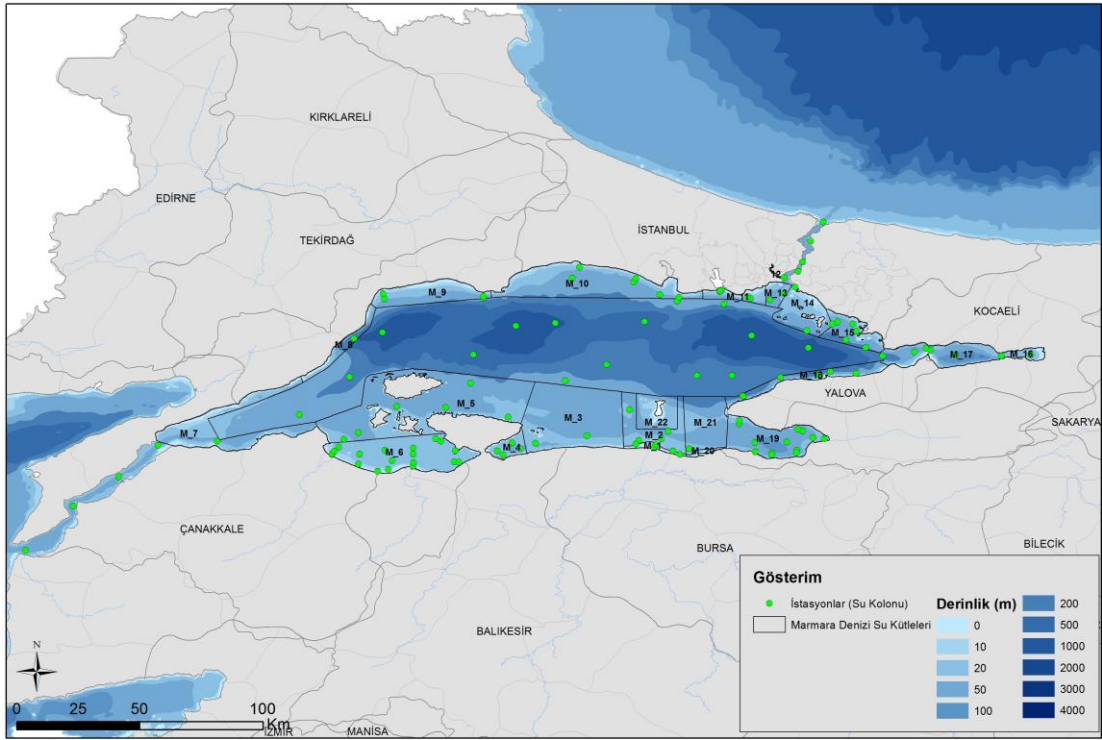
Şekil 6.1’de verilen istasyonlar, verisine ulaşılabilen ve daha çok T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’nın deniz izleme çalışmaları kapsamında gerçekleştirdiği verilerden oluşmaktadır. Bunun yanı sıra üniversiteler tarafından TÜBİTAK ya da diğer proje fonlarından yararlanılarak yapılan çalışmalar bulunmaktadır. DEKOS projesinde toplanan ve bu tez çalışmasında tekrar derlenerek Tablo 6.1’de Marmara Denizi’nde araştırma kurumları tarafından gerçekleştirilen çalışmalar ile zaman serisi istasyonları bilgileri verilmiştir [Beken vd., 2013].

Tablo 6.1: Marmara Denizi’nde araştırma kurumları tarafından gerçekleştirilen çalışmalar ile zaman serisi istasyonları bilgileri.

Çalışmayı Yapan Kurum/Kuruluş/Kişi	Veriler	Tarih	Açıklamalar
Celal Bayar Üniversitesi - Doç.Dr.Ergun Taşkın / Prof.Dr.Mehmet Öztürk	Sucul flora (Makro Alg ve Deniz Çayırları) Veri Setleri - Fizikokimyasal Verileri	1982 – 2013	Veriler oldukça kesiklidir. 1982’de çalışılmaya başlanmış fakat devam çalışmaları 2000 yılından sonra hız kazanmıştır. İstasyonlar kıyıya yakın bölgelerde bulunmaktadır.
Çanakkale 18 Mart Üniversitesi - Doç.Dr.Muhammet Türkoğlu / Doç.Dr.Mehmet Akbulut	Biyolojik Veri Seti	2000-2006	Çanakkale üniversitesinin yürüttüğü izlemeler genellikle lokal çalışmalar olup, Çanakkale Boğazı ve çevresi, Gelibolu ve Tekirdağı kapsamaktadır.

Tablo 6.1: Devam.

Çalışmayı Yapan Kurum/Kuruluş/Kişi	Veriler	Tarih	Açıklamalar
İstanbul Üniversitesi - Fen Fak. Biyoloji B. / Hidrobiyoloji ABD - Prof Dr. Neslihan Balkıs	Biyolojik Veri Seti	1993-2008	Veriler oldukça kesiklidir. 1993’de çalışılmaya başlanmış fakat devam çalışmaları 2000 yılından sonra hız kazanmıştır. Çalışmalar haftalık ya da aylık periyotlarda gerçekleştirilmiştir. Ayrıca 1993-1995 yılları arasında 2 Mevsim fitoplankton çalışmasını tüm Marmara Denizinde 52 istasyonda yapmışlardır.
Ege Üniversitesi –Su Ürünleri Fakültesi - Prof Dr Melih Ertan Çınar	Bentik Veri Seti – Destekleyici parametreler	2008	Bandırma Körfezinde gerçekleşen çalışma tek yıllık veriyi kapsamaktadır.
TÜBİTAK MAM / Kocaeli BB	Fizikokimyasal değişkenler, sediman, Klo-a İstasyon Tipi Derinlik <30	2007 – 2013 Aylık	Zaman Serisi Çalışmasıdır. İzmit Körfezi (İç Körfez) İzmit Körfezi (Orta Körfez)
İÜ DBİE / İstanbul BB	Fizikokimyasal değişkenler, Klo-a İstasyonu Tipi Derinlik < 30 & Derinlik > 30	1999-2009 aylık	Zaman Serisi Çalışmasıdır. B2 İstasyonu
İÜ DBİE / İstanbul BB	Fizikokimyasal değişkenler, Klo-a	1999-2009 aylık	Zaman Serisi Çalışmasıdır. Haliç



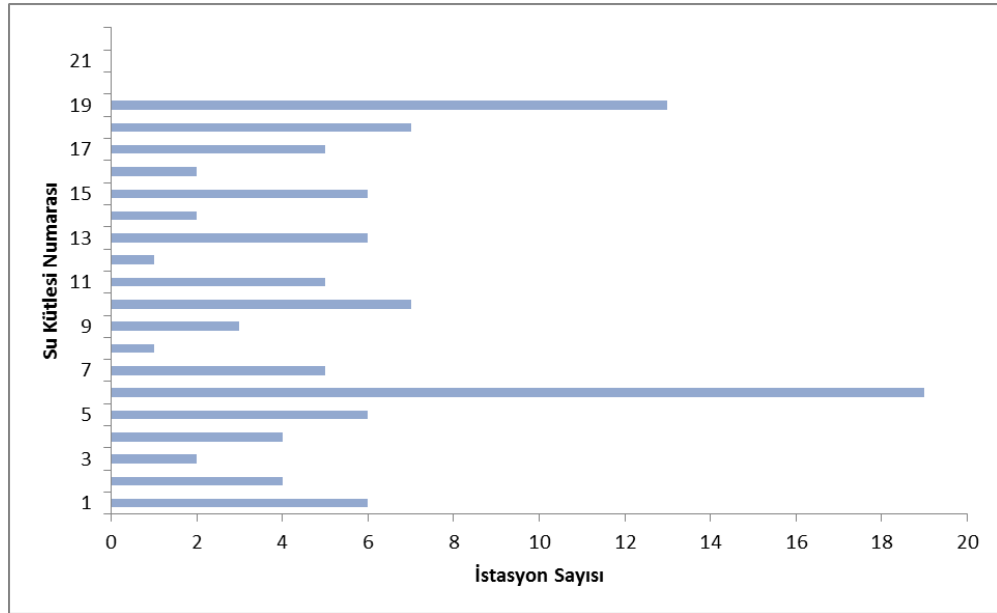
Şekil 6.1: Marmara Denizi su kolonu istasyonları dağılımı (2005-2013 Yılı).

Marmara Denizi’nde yapılan bilimsel çalışmaların envanter analizlerinin incelenmesi sonucunda;

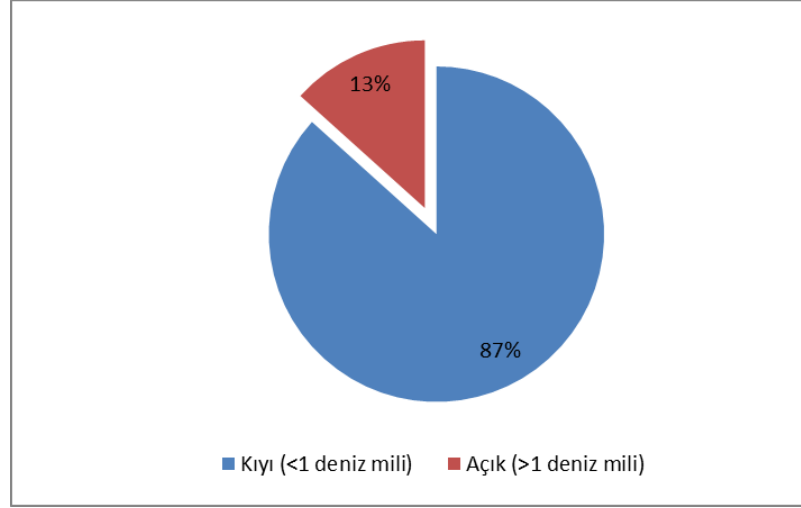
- Marmara Denizi’nde yapılan izleme çalışmaları istasyonları incelendiğinde (2005- 2013); istasyonların devamlılığının olmadığı, proje bazında yapılan izlemelerin istasyon yerlerinin yıllar içerisinde değiştirilmesinden dolayı verinin süreliliğini kaybetmesi, istasyonlara verilen kodların sürekli değişmesinden dolayı takibinin zorlaşması, genellikle istasyon yerlerinin uzman görüşüne göre karar verilmesinden dolayı zaman serisi istasyonlarının oluşturulmasında sıkıntılar yaşandığı görülmektedir.
- Marmara Denizi’ndeki istasyon niteliğine bakıldığında genellikle aylık/mevsimlik istasyonların varlığı göze çarpmakta olup, zaman serisi istasyonlarının artırılması gerektiği tespit edilmiştir. Özellikle referans koşulların belirlenmesi açısından zaman serisi istasyonları önem arz etmektedir. Ayrıca mevsimsel döngülerin tanımlanması, baskılar ve etkilerin belirlenmesi ve değerlendirme çalışmalarının daha sağlıklı yapılabilmesi açısından da önemlidir.
- Marmara Denizi istasyonları incelendiğinde izlemelerin genellikle geçiş, kıyı ve deniz suyu izleme etkinlikleri “operasyonel” ve “düzenli” olmak üzere iki ayrı

klasmanda gerçekleşmektedir. Operasyonel izleme etkinlikleri genel olarak atık ve deşarjla ilişkili “faaliyet sahibi” tarafından gerçekleştirilmektedir.

- Marmara Denizi’ndeki istasyonların su kütlelerine göre dağılımı orantısız gibi gözükse de kıyısız baskıların yoğun olduğu alanların istasyon sayılarının fazla olması gerekmektedir (Şekil 6.2). Buna karşın, istasyon sayılarının gereğinden çok ve hatalı seçimi izleme maliyetlerini arttırmaktadır. Bu nedenle, su kütlelerinde operasyonel olarak tabir edilen sabit istasyonların oluşturulması gerekmektedir. SÇD’ye uyum kapsamında kıyı alanlarının izlenmesinin yanı sıra açık deniz istasyonlarının da izlenmesi önemlidir. Açık deniz istasyonlarının izlenmesinin bir diğer önemi de “Deniz Stratejisi Çerçeve Direktifi (DSÇD)” gibi diğer AB Direktiflerine uyum açısından önem arz etmektedir. Şekil 6.3’te kıyı ve açık deniz istasyonlarının dağılımları verilmiştir. Buna göre, Marmara Denizi açık deniz istasyonlarının sayıları artırılmalı ve özellikle üç büyük çukur bölgesi üzerindeki istasyonlara önem verilmelidir.



Şekil 6.2: Marmara Denizi su kütlelerine göre istasyon dağılımı.



Şekil 6.3: Kıyı ve açık deniz istasyonlarının Marmara Deniz’indeki oranları.

- Marmara Deniz’inde su kütlelerinde operasyonel olarak tabir edilen sabit istasyonların oluşturulmasının yanı sıra gerekli ve şüphe uyandıran durumlarda “incelemeye yönelik izleme” istasyonlarının da dahil edilmesi gerekmektedir.
- SÇD kapsamında Marmara Denizi’nde yapılan izleme ağı zaman serisi istasyonları hariç yeterli olduğu gözükmemekle birlikte, izleme sıklıklarının arttırılması gerekmektedir. Bu noktada ulusal deniz izleme çalışmaları sürecine yerel belediyeleri dahil etmek gerekmektedir. Böylelikle izlemelerin daha hızlı ve daha düşük maliyet ile yapılabilmesi mümkün olacaktır.

6.2. Su Kütlelerinin Belirlenmesi Sonuçları ve Değerlendirmesi

Tez çalışması kapsamında Marmara Denizi’nin ekolojik durumunu ortaya koyabilmek ve idari açıdan daha kolay yönetilebilmesini sağlamak açısından su kütlesi birimlerine (SYB) bölünmüştür. Ülkemiz kıyısal alanlarının su yönetim birimlerine bölünmesi yöntemi Bölüm 5.2’de anlatılmıştır. Bu kapsamda kıyısal alanların ötrofikasyon riskine göre değerlendirilmesi, kıyı tipolojisi, kıyısal alanlardaki baskı-etkiler dikkate alınarak Marmara Denizi’ndeki su kütlelerinin belirlenmesi gerçekleştirilmiştir.

Buna göre Marmara Denizi 22 adet su kütlesine ayrılmıştır. Tablo 6.2’de su yönetim birimlerinin detay bilgileri sunulmuş olup, SYB’lerin sınırlarını gösteren harita Şekil 6.4’te verilmiştir. Ayrıca, Tablo 6.3’te her su kütlesinin baskın tipolojisi DEKOS Projesinden derlenerek verilmiştir.

SYB’lerin belirlenmesi dinamik ve iteratif bir süreçtir. Su kütlelerinin doğru olarak belirlenmesi çevresel hedefler ve izleme planlarının oluşturulması açısından çok önemlidir. Değişen baskılar ve durumlara göre SYB sınırları değiştirilebilir. Bu nedenle sürecin 3-4 yılda bir gözden geçirilmesi gerekmektedir.

Tablo 6.2: Marmara Denizi su kütleleri (SYB) detay bilgileri.

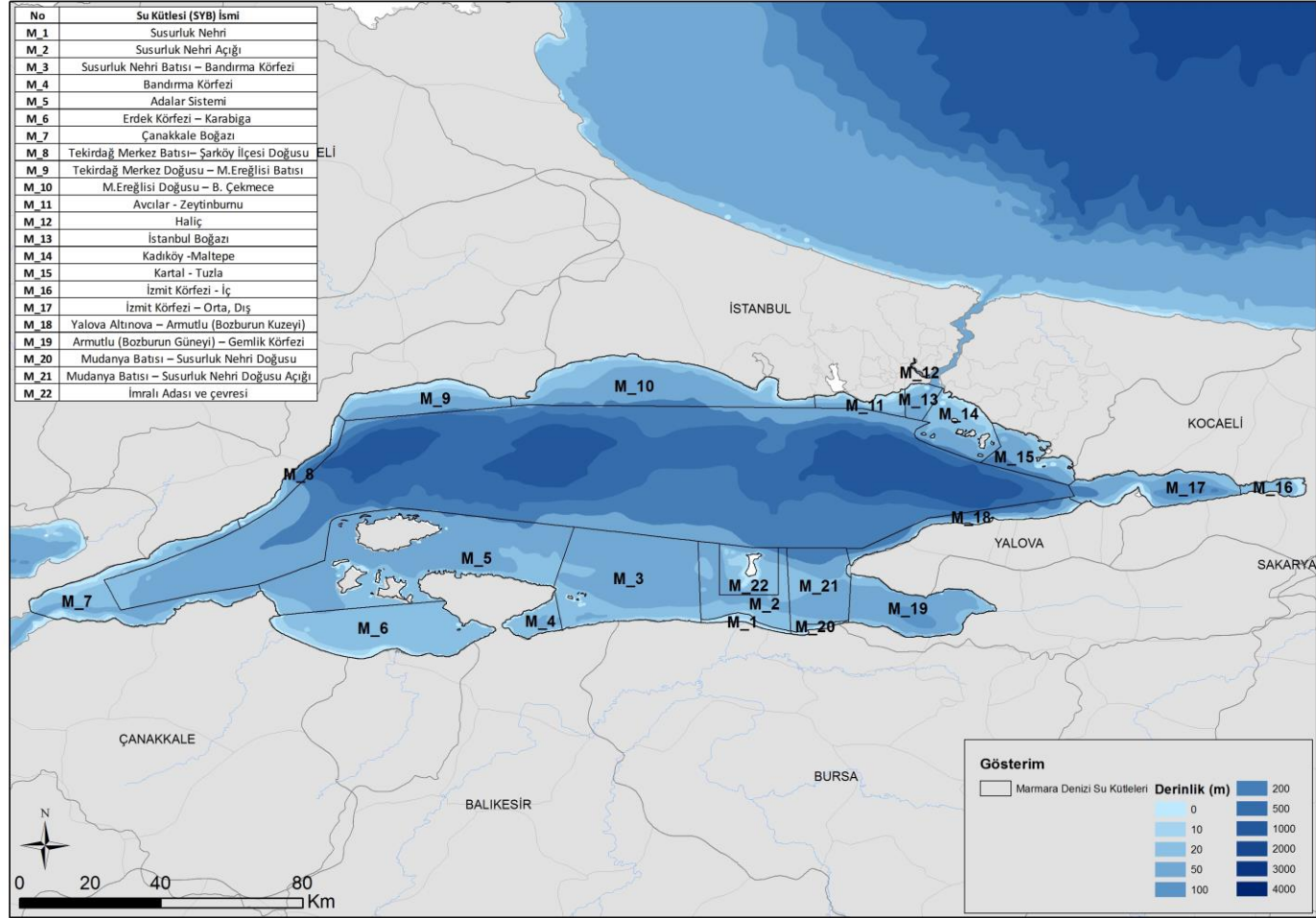
Su Kütlesi Kodu	Su Kütesinin Bulunduğu Havza	Su Kütlesi İsmi	Tipoloji	Baskı			Destekleyici parametreler				Ekolojik Durum Sınıflandırma (3 BKE + Destekleyici Parametreler)	Açıklama
				Baskı Grupları	LUSI/LUSIVaI	Baskı - Etki Analizi	TP	ÇIN	SD	Klo-a		
M_1	Susurluk Havzası	Susurluk Nehri	Marmara Denizi Su Kütleleri ve Su Kütleleri İçerisinde Tiplerin Alansal Dağılımı	NE; E; YK	LUSI: 4 / LUSIVA: 7	Baskı - Etki Analizi Sonucu Yüksek İlişki Bulunmuştur						
M_2	Susurluk Havzası	Susurluk Nehri Açığı		NE; E; YK	LUSI: 4 / LUSIVA: 7							İmralı Adası Askeri alan olduğundan dolayı su kütlesi dışında tutulmuştur
M_3	Susurluk Havzası	Susurluk Nehri Batısı – Bandırma Körfezi		Baskı Yok	LUSI: 4 / LUSIVA: 4							
M_4	Susurluk Havzası	Bandırma Körfezi		K; KA; E; YK	LUSI: 5 / LUSIVA: 8,75							Bandırma Körfezi benzer baskı altında olduğu için tek su kütlesi olarak değerlendirildi.
M_5	Marmara Havzası	Adalar Sistemi		L; KA, Dsalt	LUSI: 3 / LUSIVA: 4							Avşa adasında desalinizasyon tesisi
M_6	Susurluk – Marmara Havzası	Erdek Körfezi – Karabiga		NE;K;KA; E; YK,L	LUSI: 5 / LUSIVA: 6,25							Kapalı sistem olarak aynı baskılara maruz kaldığı için tek su kütlesi olarak değerlendirildi. Tiplerin alansal yüzdesine göre M2 tipinde.
M_7	Marmara Havzası	Çanakkale Boğazı		K; KA; L; T	LUSI: 3 / LUSIVA: 3							Boğazın Marmara girişinden boğaz Ege çıkışı tanımlanmadı.
M_8	Marmara Havzası	Tekirdağ Merkez Batısı– Şarköy İlçesi Doğusu		Baskı Yok	LUSI: 2,25 / LUSIVA: 3							
M_9	Marmara Havzası	Tekirdağ Merkez Doğusu – M.Ereğlisi Batısı		K; KA; E; L	LUSI: 5 / LUSIVA: 5							
M_10	Marmara Havzası	M.Ereğlisi Doğusu – B. Çekmece		K; KA; E; TU	LUSI: 5 / LUSIVA: 5							

Tablo 6.2: Devam.

Su Kütlesi Kodu	Su Kütlesinin Bulunduğu Havza	Su Kütlesi İsmi	Tipoloji	Baskı ¹			Destekleyici parametreler ²				Ekolojik Durum Sınıflandırma (3 BKE + Destekleyici Parametreler) ²	Açıklama
				Baskı Grupları ³	LUSI/LUSIVA	Baskı - Etki Analizi	TP	ÇİN	SD	Klo-a		
M_11	Marmara Havzası	Avcılar - Zeytinburnu		K; L; LA; P; TU	LUSI: 4 / LUSIVA: 4							
M_12	Marmara Havzası	Haliç		K; L	LUSI: 7							
M_13	Marmara Havzası	İstanbul Boğazı		K; DT	LUSI: 3 / LUSIVA: 3							
M_14	Marmara Havzası	Kadıköy -Maltepe		K; DT	LUSI: 3 / LUSIVA: 3							Buyukada , Kınalı Ada, Heybeli Ada, Burgaz Adalar söz konusu su kütlesi içerisinde değerlendirilmektedir. Maltepe ilçesi sahili 2.2 km dolgu alanı içeriyor (2013)
M_15	Marmara Havzası	Kartal - Tuzla		K; E; T; DT	LUSI: 5 / LUSIVA: 7,5							
M_16	Marmara Havzası	İzmit Körfezi - İç		K; E; L; DT; P; T	LUSI: 5 / LUSIVA: 8,75							
M_17	Marmara Havzası	İzmit Körfezi – Orta, Dış		K; E; L; DT; P; T	LUSI: 5 / LUSIVA: 7,5							
M_18	Marmara Havzası	Yalova Altınova – Armutlu (Bozburun Kuzeyi)		K; TU	LUSI: 3 / LUSIVA: 3							
M_19	Marmara Havzası	Armutlu (Bozburun Güneyi) – Gemlik Körfezi		K; E; L; DT	LUSI: 5 / LUSIVA: 8,75							
M_20	Marmara Havzası	Mudanya Batısı – Susurluk Nehri Doğusu		K; E; L; DT								Gemlik Körfez çıkışı ve Susurluk Nehri etkisinde baskılar
M_21	Marmara Havzası	Mudanya Batısı – Susurluk Nehri Doğusu Açığı		Olası Baskı								Baskılar bilinmiyor, Bozburun yüksek biyoçeşitlilik gösteriyor (Makro Alg)
M_22	Susurluk Havzası	İmralı Adası ve çevresi		Baskılar bilinmiyor								İmralı Adası askeri alan olarak 1 Nolu su kütlesi dışında tanımlanmıştır.

Tablo 6.3: Su kütleleri içerisinde tiplerin alansal dağılımı.

SU KÜTLE NO	TİP SAYISI	TİP ALAN % DEĞERİ	SU KÜTLE NO	TİP SAYISI	TİP ALAN % DEĞERİ	SU KÜTLE NO	TİP SAYISI	TİP ALAN % DEĞERİ	SU KÜTLE NO	TİP SAYISI	TİP ALAN % DEĞERİ	SU KÜTLE NO	TİP SAYISI	TİP ALAN % DEĞERİ
M_1	2	0,50%	M_6	5	8,90%	MD-3	1	0,10%	MD-4	1	17,40%	MD-2	1	11,50%
MD-1	1	0,70%	MD-1	1	1,10%	MD-4	1	18,30%	MD-5	1	0,10%	MD-3	1	0,10%
MD-2	1	99,30%	MD-2	1	52,80%	MD-6	1	60,80%	MD-6	1	44,00%	MD-4	1	3,80%
M_2	2	4,00%	MD-3	1	0,00%	M_10	5	10,50%	M_15	6	2,90%	MD-6	1	81,80%
MD-4	1	16,10%	MD-4	1	31,80%	MD-1	1	3,50%	MD-1	1	4,40%	M_19	6	5,80%
MD-6	1	83,90%	MD-6	1	14,20%	MD-2	1	7,70%	MD-2	1	11,80%	MD-1	1	0,90%
M_3	4	12,80%	M_7	6	6,70%	MD-3	1	0,20%	MD-3	1	0,90%	MD-2	1	11,30%
MD-1	1	1,60%	MD-1	1	5,30%	MD-4	1	14,40%	MD-4	1	10,80%	MD-3	1	0,10%
MD-2	1	5,10%	MD-2	1	22,00%	MD-6	1	74,20%	MD-5	1	0,00%	MD-4	1	6,70%
MD-4	1	5,80%	MD-3	1	0,30%	M_11	4	1,40%	MD-6	1	72,10%	MD-5	1	0,10%
MD-6	1	87,50%	MD-4	1	23,60%	MD-1	1	2,60%	M_16	3	0,80%	MD-6	1	80,90%
M_4	4	1,40%	MD-5	1	0,10%	MD-2	1	26,10%	MD-2	1	98,60%	M_20	4	5,10%
MD-1	1	11,00%	MD-6	1	48,90%	MD-4	1	22,20%	MD-4	1	0,90%	MD-1	1	1,50%
MD-2	1	30,50%	M_8	6	1,60%	MD-6	1	49,10%	MD-6	1	0,40%	MD-2	1	4,20%
MD-4	1	15,10%	MD-1	1	2,60%	M_13	4	1,00%	M_17	6	4,60%	MD-4	1	3,80%
MD-6	1	43,30%	MD-2	1	24,80%	MD-1	1	0,00%	MD-1	1	0,80%	MD-6	1	90,40%
M_5	6	18,20%	MD-3	1	0,30%	MD-2	1	11,40%	MD-2	1	18,20%	M_21	6	2,80%
MD-1	1	3,70%	MD-4	1	8,60%	MD-4	1	12,90%	MD-3	1	0,10%	MD-1	1	3,40%
MD-2	1	28,80%	MD-5	1	0,10%	MD-6	1	75,60%	MD-4	1	5,40%	MD-2	1	9,00%
MD-3	1	0,10%	MD-6	1	63,70%	M_14	6	3,60%	MD-5	1	0,00%	MD-3	1	0,20%
MD-4	1	11,10%	M_9	5	4,40%	MD-1	1	5,70%	MD-6	1	75,50%	MD-4	1	25,80%
MD-5	1	0,10%	MD-1	1	5,00%	MD-2	1	32,40%	M_18	5	3,00%	MD-5	1	0,00%
MD-6	1	56,30%	MD-2	1	15,80%	MD-3	1	0,30%	MD-1	1	2,80%	MD-6	1	61,60%



Şekil 6.4: Marmara Denizi su kütleleri (SYB'ler).

Ülkemiz kıyı çizgisi uzunluğu Devlet Su İşleri (DSİ) Genel Müdürlüğü verilerine göre 8.484 km'dir. Ülkemiz kıyı çizgisi uzunluğuna göre dünyada 14, Avrupa ülkeleri arasında dördüncü sırada yer almaktadır. Bu nedenle, su kütlelerimizin yüzey alanları AB ülkelerinin belirlediği su kütlelerine göre çok büyük kalmaktadır.

Tez çalışması kapsamında belirlenen Marmara Denizi su kütlelerinin yüzey alanı büyüklükleri Tablo 6.4'de verilmiştir. Baskıların yoğun olduğu bölgelerde SYB'lerin daha sık olduğu ve yüzey alanlarının küçük olduğu görülmektedir (Şekil 6.4, Tablo 6.4). Bunun nedeni, idari açıdan yönetimi kolaylaştırmak, izleme istasyonlarının sıklığını arttırarak baskıların oluşturduğu etkileri ortaya koyabilmektir.

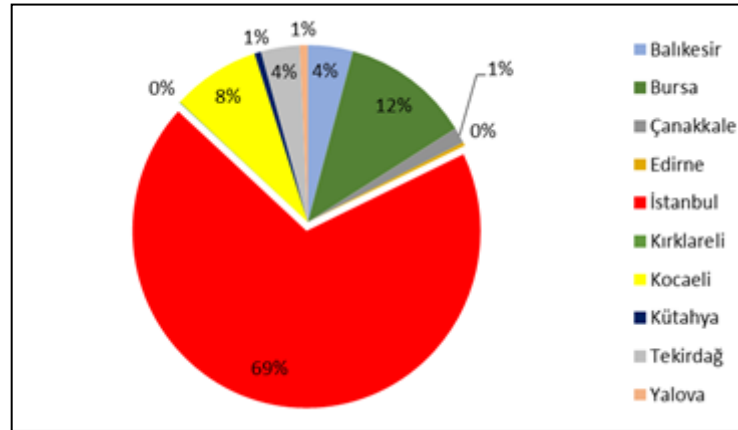
Tablo 6.4: Su kütlelerinin yüzey alanı dağılımları.

SYB_No	Yüzey Alanı (km ²)
M_1	29
M_2	234
M_3	759
M_4	85
M_5	1.076
M_6	528
M_7	394
M_8	96
M_9	260
M_10	618
M_11	82
M_12	3
M_13	60
M_14	211
M_15	171
M_16	50
M_17	271
M_18	175
M_19	344
M_20	15
M_21	287
M_22	166

6.3. Kara Kökenli Kirleticilerin Analizi Sonuçları ve Değerlendirmesi

Marmara Denizi kıyıs alarındaki kara kökenli kirleticilerin durumunun ortaya koyulması, su kütlelerinin belirlenmesi, baskı-etki çalışmaları ve deşarj sınır değerlerinin belirlenmesi açısından önemlidir. KKK'ların belirlenmesinde takip edilen yol ve hesaplama yöntemleri Bölüm 5.3'te ortaya konmuştur.

Marmara Denizi, Susurluk ve Marmara Havzası sınırları içerisinde kalmaktadır. KKK çalışmasında Susurluk ve Marmara Havzası dahilinde kalan ilçeler değerlendirilmiştir. Söz konusu havzaların toplam nüfusu 23.134.014 kişi olup, Türkiye nüfusunun %23'ünü oluşturmaktadır [TÜİK, 2013] (Şekil 6.6). Havza sınırları içerisinde Balıkesir, Bursa, Çanakkale, Edirne, İstanbul, Kırklareli, Kocaeli, Kütahya, Tekirdağ ve Yalova illeri kalmaktadır. Havza içerisindeki illerin nüfus dağılımına bakıldığında İstanbul, Kocaeli ve Bursa illerinin öne çıktığı görülmektedir (Şekil 6.5, Şekil 6.6). Ayrıca, İstanbul, Kocaeli ve Bursa illeri sanayi tesisi yoğunluğunda oldukça yüksektir [Burak et al, 2004], [Atmış et al., 2007]. Bursa İli şehir merkezi Marmara Bölgesi güney doğusunda ve kıyı şeridinden yaklaşık olarak 20 km uzaklıkta konumlanmıştır. Ancak, Nilüfer Çayı aracılığıyla şehrin kentsel ve endüstriyel atıksuları Susurluk Nehrine bağlanarak Marmara Denizi'ne dökülmektedir [Küçükali, 2013].



Şekil 6.5: Marmara ve Susurluk Havzası içerisinde kalan illeri % nüfus dağılımları.

TÜİK 2013 yılı adrese dayalı kayıt sistemine göre ilçelerin nüfus dağılımlarına bakıldığında, Marmara Denizi'nin kuzey kıyılarının nüfus açısından daha yoğun olduğu görülmektedir (Şekil 6.6). Ayrıca nüfus yoğunluğunun genellikle kıyı ilçelerinde toplandığı tespit edilmiştir. Kıyı ilçelerinin dışında kalan bütün ilçelerin nüfusları “Orta Yoğun” ölçektedir.

Marmara Denizi'nin kuzey şelfi nüfus ve sanayi tesisleri baskısı altında iken güney şelfinde yayılı kaynak etkisinin daha baskın olduğu gözükmemektedir [Altıok et al, 2014]. Örneğin, Marmara Denizi'ne dökülen Susurluk, Biga ve Gönen Nehirleri güney şelfinde yer almaktadır. Ayrıca, İstanbul Boğazı'ndan geçen petrol tanker trafiği denizel ekosistem üzerine baskı oluşturmaktadır.

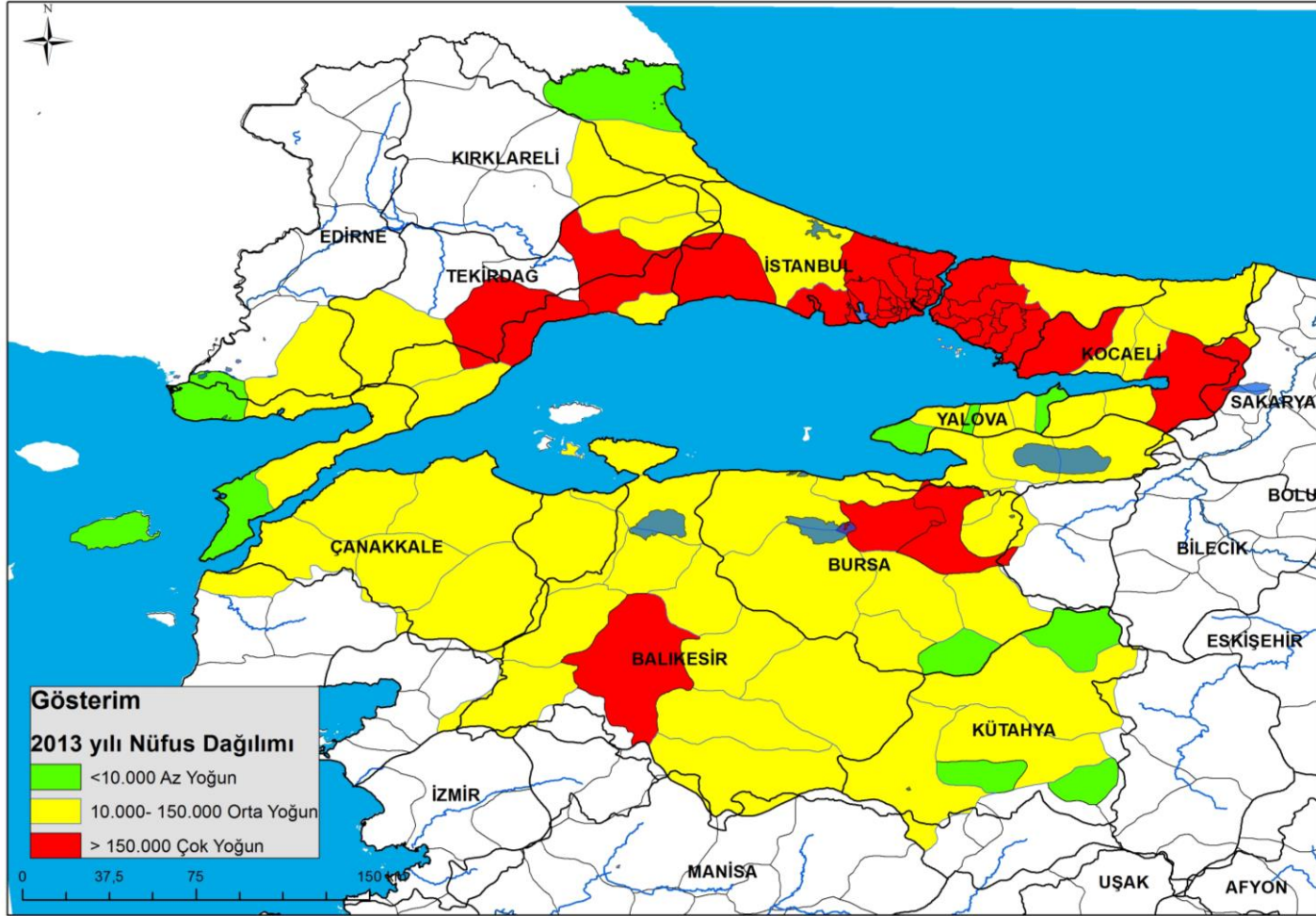
İlçelerdeki turizmden kaynaklı nüfuslar T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı'nın yayınladığı ilçe bazlı “Tesiste Ortalama Kalış” dökümanından alınmıştır ve turizm nüfusu haritası Şekil 6.7'de sunulmuştur. Turizm açısından Marmara Denizi kıyılarının ülkemizin diğer kıyısal alanlarına göre yoğunluğunun az olduğu görülmektedir. Marmara kıyısal alanlarındaki turizm yoğunluğunun olduğu bölgelerin deniz kalitesi açısından uygun olduğu tespit edilmiştir. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından desteklenen ve TÜBİTAK MAM Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü tarafından 2014 yılında tamamlanan “Yüzme Riski Olan Alanların Belirlenmesi Projesi” kapsamında da yüzme açısından ülkemiz yüzme alanlarının risk analizi yapılmış olup, Silivri, Şarköy, Erdek ve Bandırma İlçeleri “Az riskli” alanlar olarak belirlenmiştir. Bu durum, söz konusu bölgelerdeki turizm nüfus yoğunluğunu açıklamaktadır (Şekil 6.7).

Tez çalışması kapsamında; alıcı ortama deşarj edilen kentsel ve endüstriyel tesislerden kaynaklı kirlilik yükleri atıksuların mevcut arıtma durumlarına göre hesaplanmıştır. Buna göre, Marmara ve Susurluk havzalarındaki AAT'lerin durum haritası Şekil 6.8'de verilmiştir. AAT'lerin alt yapısı incelendiğinde Gemlik ve İzmit Körfezlerini içerisine alan Batı Marmara kıyı yerleşimlerinde mevcut AAT'lerde bölge'nin hassas alan [ResGaz, 4] içerisinde olmasından dolayı ileri arıtıma geçilmesi gerekliliği gözükmemektedir.

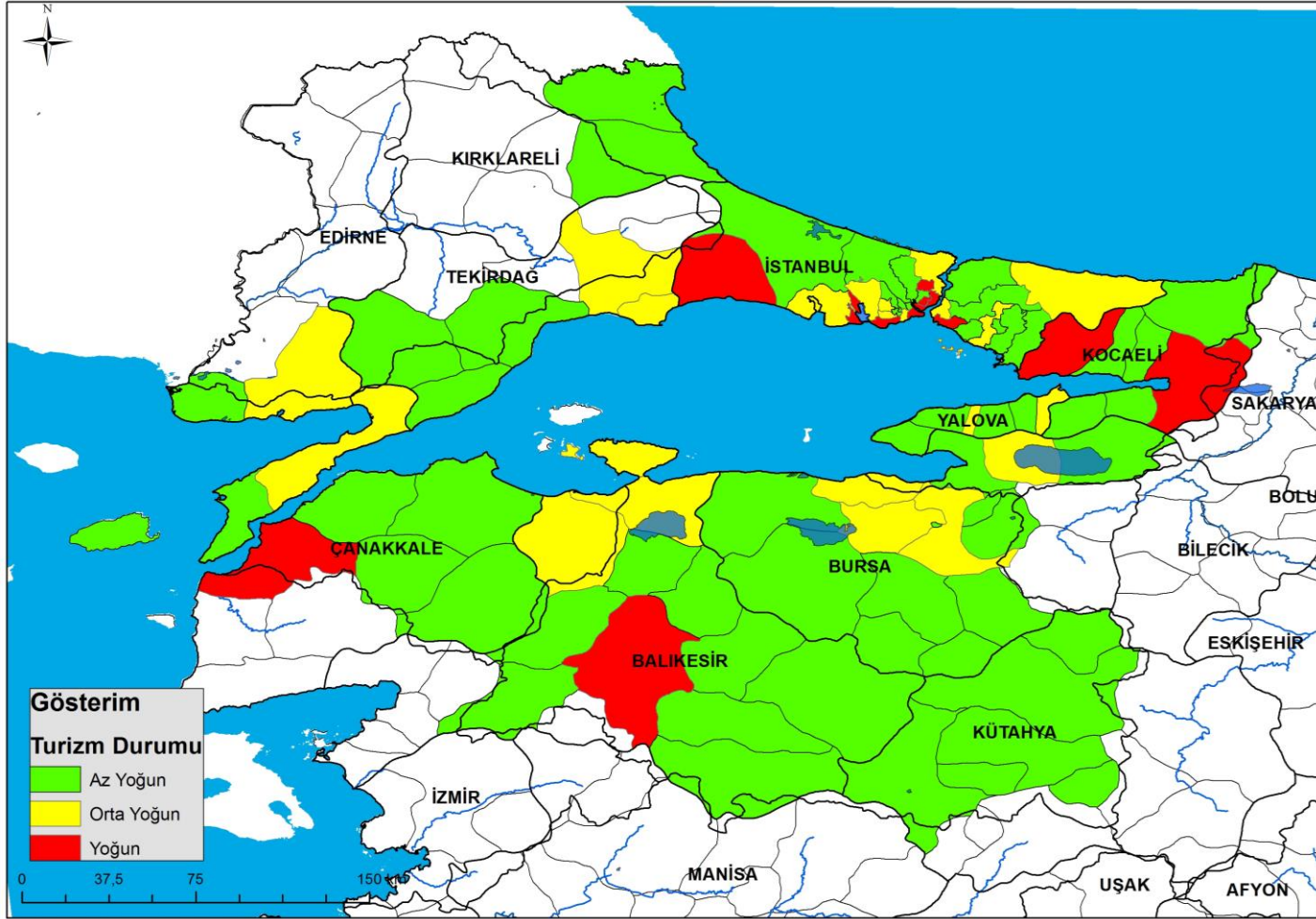
Benzer durum Güney Marmara kıyılarında bulunan Erdek ve Bandırma Körfezleri için de geçerlidir. Bu durum, Marmara Denizi karasal kaynaklı kirlilik yüklerini artırmaktadır. Şekil 6.9 - Şekil 6.11 incelendiğinde, KAAT'lerin yeterliliğine bağlı olarak KOİ, TN ve TP parametrelerinin söz konusu bölgelerde orta yoğun veya yoğun olduğu gözükmemektedir.

AAT'ler açısından en büyük sorun nüfusu 14.160.467 kişiye varan İstanbul İli'ndeki birçok ilçenin atıksularını ön arıtma sonrasında DDD ile uzaklaştırmasıdır (Şekil 6.8). Şekil 6.9 - Şekil 6.11 KOİ, TN ve TP haritalarına bakıldığında İstanbul ilçelerinin yoğun kirlilik yükü getirdiği tespit edilmiştir.

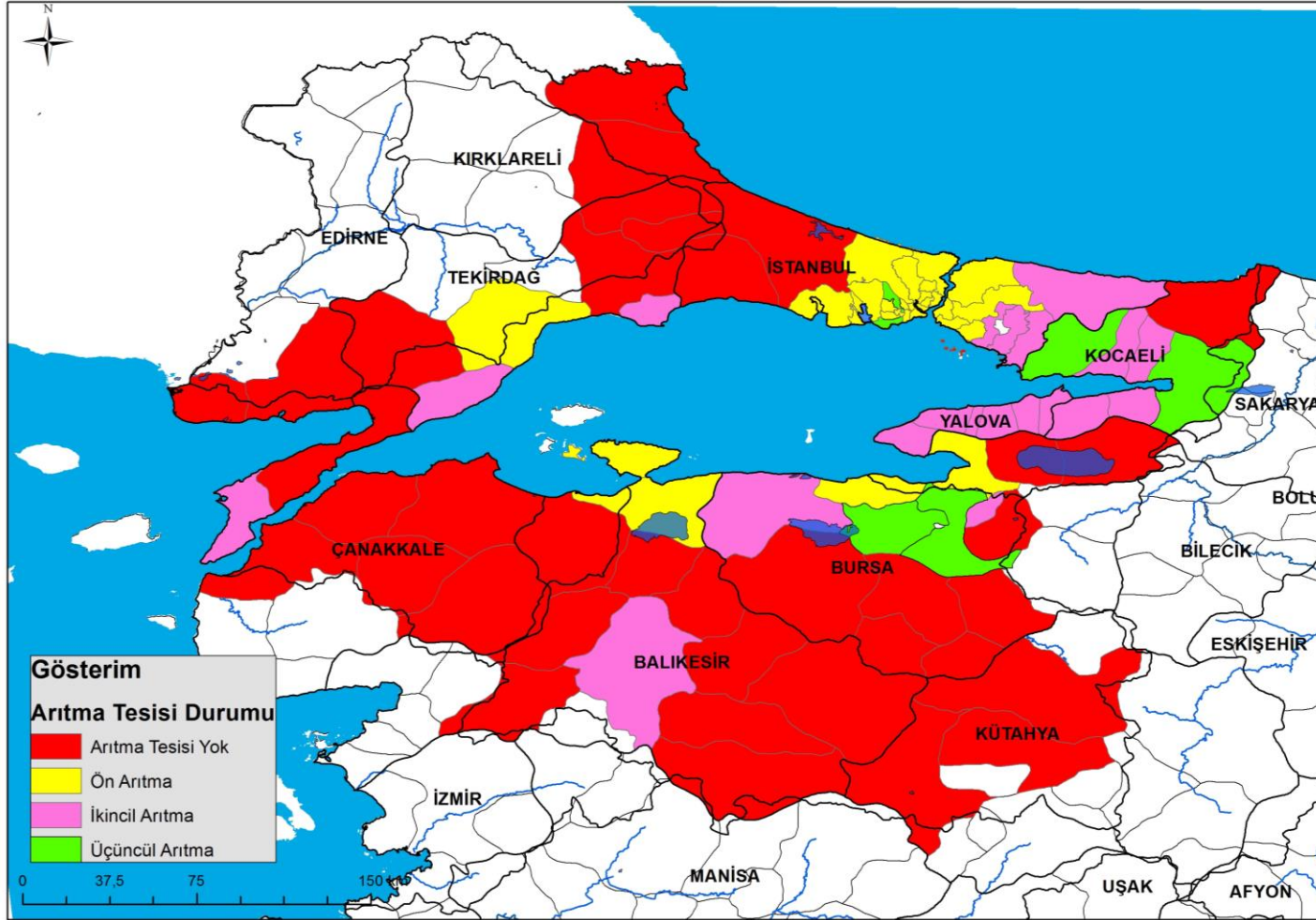
Marmara ve Susurluk Havzası içerisinde kalan ilçelerin 2013 yılına ait nüfus, turizm nüfusu ile Bölüm 5.3 hesaplama yöntemi anlatılan KOİ, TN ve TP değerleri Tablo 6.5'de sunulmuştur.



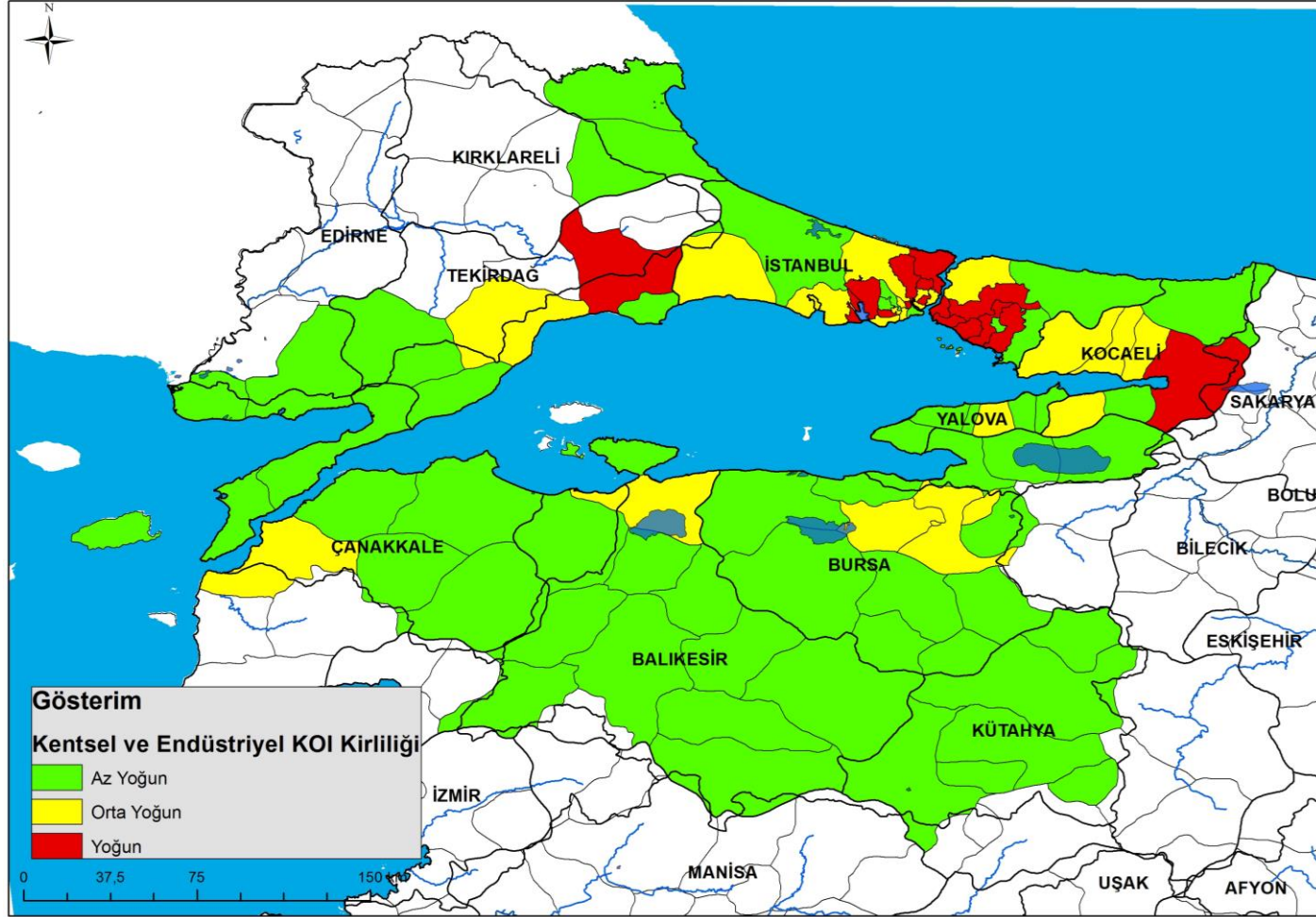
Şekil 6.6: Marmara ve Susurluk Havzası'na ait ilçelerin nüfus dağılımı.



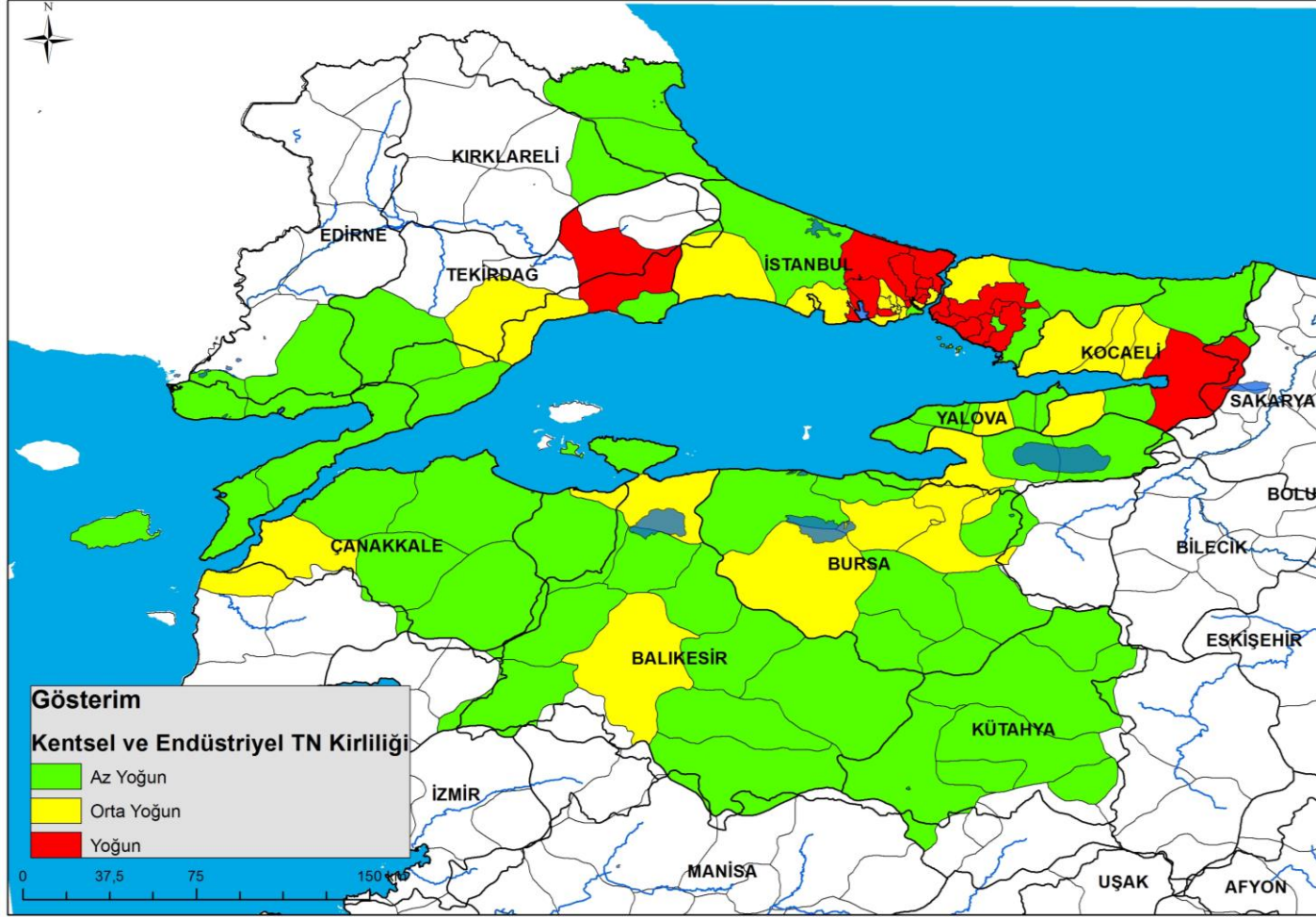
Şekil 6.7: Marmara ve Susurluk Havzası'na ait ilçelerin turizm nüfusu dağılımı.



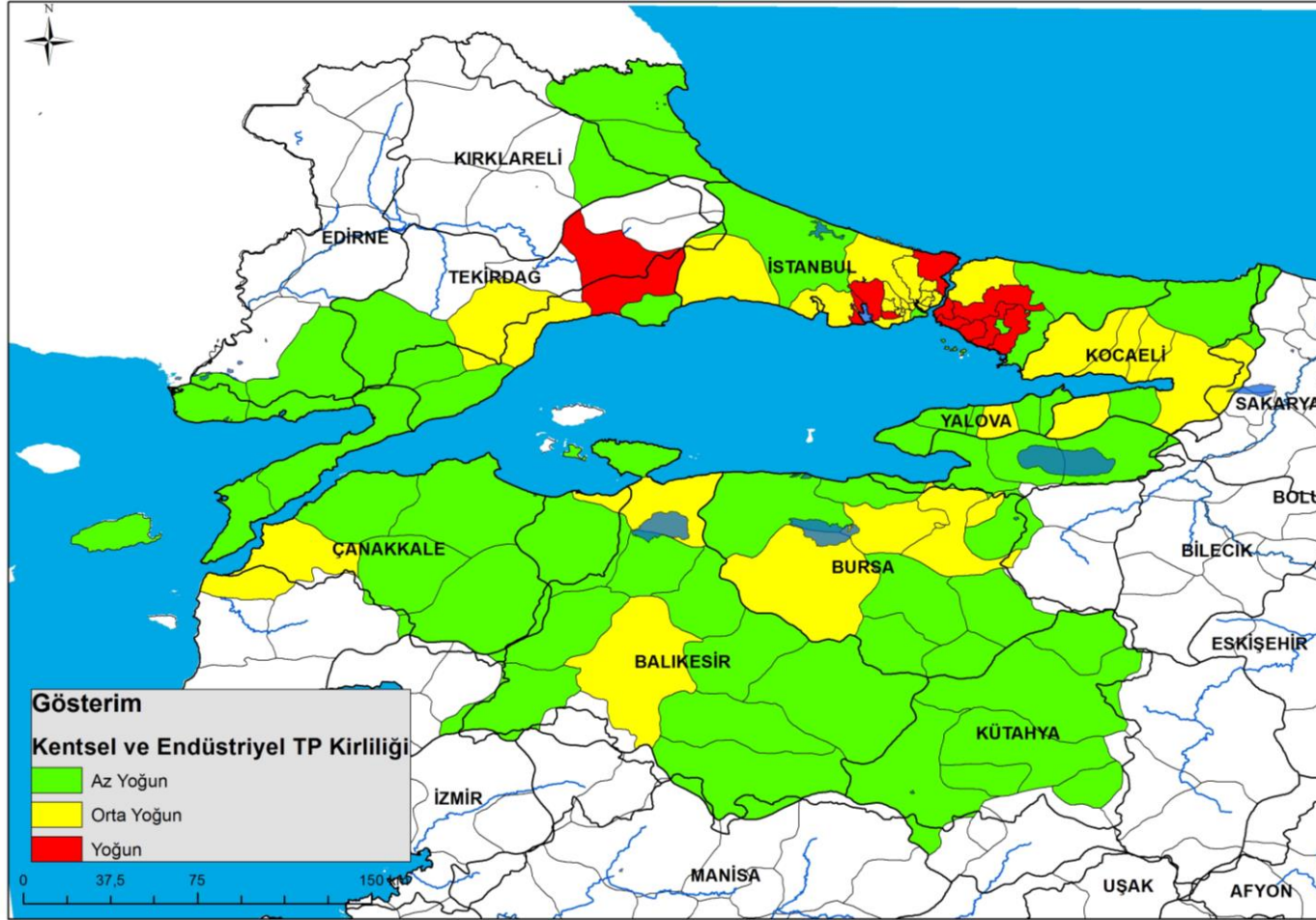
Şekil 6.8: Marmara ve Susurluk Havzası'na ait atıksu arıtma tesisleri durumları.



Şekil 6.9: Marmara ve Susurluk Havzası'na ait ilçelerin KOİ yük dağılımı.



Şekil 6.10: Marmara ve Susurluk a Havzası'na ait ilçelerin TN yük dağılımı.



Şekil 6.11: Marmara ve Susurluk Havzası'na ait ilçelerin TP yük dağılımı.

Tablo 6.5: Marmara ve Susurluk Havzası'na ait ilçelerin nüfus, turizm nüfusu ve kirlilik yükleri dağılımı.

Havza	İl	İlçe	Belde/Köy	Durum	Nüfus (2013 Yılı)	Turizm Nüfusu	Yerleşim_Sanayi 2010_KOI yuku ton/yıl	Yerleşim_Sanayi 2010_TN yuku ton/yıl	Yerleşim_Sanayi 2010_TP yükü ton/yıl
Marmara	Balıkesir	Gönen	GÖNEN	İlçe	73.361	60.253	1.862	124	21
Marmara	Bursa	Mudanya	MUDANYA	İlçe	77.461	21.864	1.973	129	21
Marmara	Bursa	İznik	İZNİK	İlçe	43.287	20.000	481	42	7
Marmara	Bursa	Gemlik	GEMLİK	İlçe	101.389	13.021	3.698	251	41
Marmara	Bursa	Orhangazi	ORHANGAZİ	İlçe	75.672	23.777	2.979	246	39
Marmara	Bursa	Kestel	KESTEL	İlçe	51.872	0	109	25	5
Marmara	Çanakkale	Biga	YENİCE	İlçe	45.969	15.858	274	19	4
Marmara	Çanakkale	Yenice	YENİCE	İlçe	7.423	1.308	293	38	6
Marmara	Çanakkale	Çan	ÇAN	İlçe	29.725	402	1.280	99	17
Marmara	Çanakkale	Merkez	MERKEZ	İlçe	116.078	358.547	14.024	997	154
Marmara	Çanakkale	Biga	BİGA	İlçe	45.969	15.856	1.750	112	17
Marmara	Çanakkale	Eceabat	ECEABAT	İlçe	5.541	11.460	258	17	3
Marmara	Çanakkale	Lapseki	LAPSEKİ	İlçe	11.062	11.062	324	22	4
Marmara	Çanakkale	Gelibolu	GELİBOLU	İlçe	27.927	45.746	1.104	74	13
Marmara	Edirne	Enez	ENEZ	İlçe	3.793	19.100	261	17	3
Marmara	Edirne	Keşan	KEŞAN	İlçe	59.510	33.361	2.344	155	26
Marmara	İstanbul	Tuzla	TUZLA	İlçe	208.807	18.176	54	4	1
Marmara	İstanbul	Pendik	PENDİK	İlçe	646.375	8.483	36.996	2.690	404
Marmara	İstanbul	Kartal	KARTAL	İlçe	447.110	26.760	20.276	1.475	221
Marmara	İstanbul	Maltepe	MALTEPE	İlçe	471.059	6.655	20.536	1.494	224
Marmara	İstanbul	Sultanbeyli	SULTANBEYLİ	İlçe	309.347	0	1.883	220	35
Marmara	İstanbul	Zeytinburnu	ZEYTİNBURNU	İlçe	292.313	47.695	14.010	996	154
Marmara	İstanbul	Küçükçekmece	KÜÇÜKÇEKMECE	İlçe	740.090	88.200	86.032	6.331	936
Marmara	İstanbul	Avcılar	AVCILAR	İlçe	407.240	348.635	20.684	1.526	225
Marmara	İstanbul	Bakırköy	BAKIRKÖY	İlçe	220.974	442.926	10.573	740	116
Marmara	İstanbul	Güngören	GÜNGÖREN	İlçe	306.854	3.517	9.215	796	125
Marmara	İstanbul	Kadıköy	KADIKÖY	İlçe	506.293	305.258	68.373	4.852	697
Marmara	İstanbul	Çekmeköy	ÇEKMEKÖY	İlçe	207.476	0	5.356	463	73
Marmara	İstanbul	Ümraniye	ÜMRANİYE	İlçe	660.125	7.341	16.949	1.465	230

Tablo 6.5: Devam.

Havza	İl	İlçe	Belde/Köy	Durum	Nüfus (2013 Yılı)	Turizm Nüfusu	Yerleşim_Sanayi 2010_KOI yuku ton/yıl	Yerleşim_Sanayi 2010_TN yuku ton/yıl	Yerleşim_Sanayi 2010_TP yükü ton/yıl
Marmara	İstanbul	Büyükçekmece	BÜYÜKÇEKMECE	İlçe	211.000	52.151	7.530	527	83
Marmara	İstanbul	Üsküdar	ÜSKÜDAR	İlçe	534.636	50.011	27.456	2.059	297
Marmara	İstanbul	Bağcılar	BAĞCILAR	İlçe	752.250	59.817	4.758	555	87
Marmara	İstanbul	Esenyurt	ESENYURT	İlçe	624.733	96.315	11.968	1.036	162
Marmara	İstanbul	Beyoğlu	BEYOĞLU	İlçe	245.219	2.241.450	12.319	876	135
Marmara	İstanbul	Bayrampaşa	BAYRAMPAŞA	İlçe	269.677	371	7.966	688	108
Marmara	İstanbul	Şişli	ŞİŞLİ	İlçe	274.420	1.066.441	15.199	1.105	166
Marmara	İstanbul	Beşiktaş	BEŞİKTAŞ	İlçe	186.570	906.514	8.138	570	90
Marmara	İstanbul	Gaziosmanpaşa	GAZİOSMANPAŞA	İlçe	495.006	3.629	13.636	1.178	185
Marmara	İstanbul	Eyüp	EYÜP	İlçe	361.531	3.899	15.669	1.140	171
Marmara	İstanbul	Esenler	ESENLER	İlçe	461.621	0	3.022	353	55
Marmara	İstanbul	Kağıthane	KAĞITHANE	İlçe	428.755	0	12.234	1.057	166
Marmara	İstanbul	Silivri	SİLİVRİ	İlçe	155.923	110.868	5.583	387	61
Marmara	İstanbul	Beykoz	BEYKOZ	İlçe	248.056	3.146	13.569	991	148
Marmara	İstanbul	Bahçelievler	BAHÇELİEVLER	İlçe	602.931	53.779	29.901	2.243	324
Marmara	İstanbul	Şile	ŞİLE	İlçe	31.718	31.825	413	28	5
Marmara	İstanbul	Çatalca	ÇATALCA	İlçe	65.811	0	1.184	79	14
Marmara	İstanbul	Sarıyer	SARIYER	İlçe	335.598	29.396	56.523	4.039	619
Marmara	İstanbul	Arnavutköy	ARNAVUTKÖY	İlçe	215.531	792	5.011	433	68
Marmara	İstanbul	Ataşehir	ATAŞEHİR	İlçe	405.974	0	10.691	924	145
Marmara	İstanbul	Başakşehir	BAŞAKŞEHİR	İlçe	333.047	0	1.481	433	82
Marmara	Kocaeli	Karamürsel	KARAMÜRSEL	İlçe	53.033	12.465	7.737	533	84
Marmara	Kocaeli	Gölcük	GÖLCÜK	İlçe	145.805	764	1.740	116	20
Marmara	Kocaeli	Derince	DERİNCE	İlçe	130.657	0	5.516	386	61
Marmara	Kocaeli	İzmit	KOCAELİ	İlçe	332.754	217.816	17.003	1.003	154

Tablo 6.5: Devam.

Havza	İl	İlçe	Belde/Köy	Durum	Nüfus (2013 Yılı)	Turizm Nüfusu	Yerleşim_Sanayi 2010_KOI yuku ton/yıl	Yerleşim_Sanayi 2010_TN yuku ton/yıl	Yerleşim_Sanayi 2010_TP yükü ton/yıl
Marmara	Kocaeli	Darica	DARICA	İlçe	164.385	4.749	84	6	1
Marmara	Kocaeli	Körfez	KÖRFEZ	İlçe	142.884	8.065	11.469	802	126
Marmara	Kocaeli	Dilovası	DİLOVASI	İlçe	45.610	0	7.137	307	34
Marmara	Kocaeli	Gebze	GEBZE	İlçe	329.195	119.181	13.808	951	141
Marmara	Kocaeli	Kandıra	KANDIRA	İlçe	50.046	15.348	344	28	4
Marmara	Kocaeli	Başiskele	BAŞİSKELE	İlçe	76.605	0	4.987	351	55
Marmara	Kocaeli	Çayırova	ÇAYIROVA	İlçe	103.536	82.494	3.338	221	36
Marmara	Kocaeli	Kartepe	KARTEPE	İlçe	101.692	99.061	547	158	30
Marmara	Tekirdağ	Çorlu	YENİCE	İlçe	225.540	0	274	19	4
Marmara	Tekirdağ	Şarköy	ŞARKÖY	İlçe	29.994	9.368	552	36	6
Marmara	Tekirdağ	Marmaraereğlisi	MARMARAEREĞLİSİ	İlçe	22.816	31.944	737	47	8
Marmara	Tekirdağ	Merkez	MERKEZ	İlçe	179.239	16.767	14.024	997	154
Marmara	Tekirdağ	Çorlu	ÇORLU	İlçe	225.540	39.437	29.682	1.070	213
Marmara	Tekirdağ	Malkara	MALKARA	İlçe	53.293	0	80	20	3
Marmara	Yalova	Armutlu	ARMUTLU	İlçe	5.961	10.654	187	13	2
Marmara	Yalova	Termal	TERMAL	İlçe	2.910	65.219	69	5	1
Marmara	Yalova	Çınarcık	ÇINARCIK	İlçe	13.004	13.562	358	24	4
Marmara	Yalova	Merkez	MERKEZ	İlçe	104.737	4.220	14.024	997	154
Marmara	Yalova	Çiftlikköy	ÇİFTLİKKÖY	İlçe	23.858	0	517	34	6
Marmara	Yalova	Altınova	ALTINOVA	İlçe	4.546	20.959	417	28	5
Marmara	Çanakkale	Gökçeada	Gökçeada	İlçe	6.454	6.454	141	10	2
Marmara	İstanbul	Adalar	Adalar	İlçe	16.166	38.352	620	41	7
Susurluk	Kütahya	Simav	SİMAV	İlçe	25.506	3.990	2.687	109	21
Susurluk	Kütahya	Çavdarhisar	ÇAVDARHİSAR	İlçe	2.343	0	39	4	1
Susurluk	Kütahya	Hisarcık	HİSARCIK	İlçe	5.600	0	168	14	3

Tablo 6.5: Devam.

Havza	İl	İlçe	Belde/Köy	Durum	Nüfus (2013 Yılı)	Turizm Nüfusu	Yerleşim_Sanayi 2010_KOI yuku ton/yıl	Yerleşim_Sanayi 2010_TN yuku ton/yıl	Yerleşim_Sanayi 2010_TP yükü ton/yıl
Susurluk	Bursa	Büyükorhan	BÜYÜKORHAN	İlçe	11.913	0	83	7	1
Susurluk	Bursa	Keles	KELES	İlçe	13.639	0	74	7	1
Susurluk	Bursa	Orhaneli	ORHANELİ	İlçe	22.175	0	227	20	4
Susurluk	Bursa	Mustafakemalpaşa	MUSTAFAKEMALPAŞA	İlçe	99.999	9.893	4.921	390	56
Susurluk	Bursa	Yıldırım	YILDIRIM	İlçe	637.888	487	5.535	938	91
Susurluk	Bursa	Görsu	GÜRSU	İlçe	68.872	0	9.980	562	63
Susurluk	Bursa	Osmangazi	OSMANGAZİ	İlçe	802.620	23.777	11.291	882	120
Susurluk	Bursa	Karacabey	KARACABEY	İlçe	80.527	0	2.473	187	29
Susurluk	Bursa	Nilüfer	NİLÜFER	İlçe	358.265	48.404	11.505	688	78
Susurluk	Balıkesir	Sındırgı	SINDIRGI	İlçe	36.402	0	404	32	6
Susurluk	Balıkesir	Sındırgı	GÖLCÜK	İlçe	36.402	0	395	32	5
Susurluk	Balıkesir	Bigadiç	BİGADIÇ	İlçe	48.728	0	601	42	7
Susurluk	Balıkesir	Dursunbey	DURSUBEY	İlçe	40.572	0	456	36	6
Susurluk	Balıkesir	İvrindi	İVRİNDİ	İlçe	34.643	0	280	25	5
Susurluk	Balıkesir	Merkez	MERKEZ	İlçe	313.630	104.959	3.265	534	98
Susurluk	Balıkesir	Kepsut	KEPSUT	İlçe	24.608	0	132	12	2
Susurluk	Balıkesir	Balya	BALYA	İlçe	14.153	0	220	12	1
Susurluk	Balıkesir	Susurluk	SUSURLUK	İlçe	40.174	0	4.452	151	22
Susurluk	Balıkesir	Manyas	MANYAS	İlçe	21.039	0	224	28	4
Susurluk	Balıkesir	Bandırma	BANDIRMA	İlçe	143.117	77.466	7.181	435	67
Susurluk	Balıkesir	Erdek	ERDEK	İlçe	33.410	60.253	744	50	9

6.4. Baskı – Etkilerin Sonuçları ve Değerlendirmesi

Kıyı ve deniz ekosistemleri noktasal/yayılı kaynaklar ve diğer baskıların etkisi altındadır. Kıyıların sürdürülebilir yönetiminin ve korunmasının sağlanabilmesi için kirletici kaynakların tanımlanması gerekmektedir. Kirleticilerin birbirleriyle olan etkileşimleri, belirsizlikler ve kısıtlamalar nedeniyle baskı-etkilerin karakterizasyonunu zorlaştırmaktadır [Islam and Tanaka, 2004]. Baskı-etkilerin tanımlanması ve etkileşimlerinin belirlenmesi SÇD ve DSÇD'nin konusu olmasının yanı sıra kıyı ekosistemlerinin sürdürülebilirliğinin temelini oluşturmaktadır [Borja et al., 2006].

Baskı-etki analizleriyle belirlenen kıyı ve geçiş suları yönetim birimlerindeki doğal sistemlerin “iyi çevresel duruma” ulaşp/ulaşamadığı ve bu birimler üzerindeki riskler araştırılır.

Tez çalışması kapsamında Marmara Denizi kıyısal alanlarındaki baskı-etkilerin belirlenmesinde LUSI indeksi metodu kullanılmıştır. Bu metodun seçilme nedeni, LUSI'nin AB üye ülkeleri tarafından kabul gören, kalibre edilmiş, hızlı, kolay ve maliyeti yüksek olmayan bir analiz yöntemi olmasıdır. Ayrıca, AB ülkeleri tarafından yaygın kullanıma sahip olan indeksin Marmara Denizi kıyılarına uygulanması sonuçların diğer ülkeler ile karşılaştırılabilirliği açısından önemlidir. LUSI indeksi'nin kıyısal alanlardaki nehir etkisinde olan alanları, körfez ve liman vb. yapıların etkilerinin ortaya konulması ve su kalitesinin kötü olduğu/tahmin edilen yerleri daha doğru olarak ortaya koyabilmesi açısından indeks modifiye edilerek LUSIV al ismini almıştır. LUSI ve LUSIV al metodlarının uygulanması ve göz önünde bulundurduğu kriterler Bölüm 5.4 altında verilmiştir. Söz konusu metodlar 2006 yılı CORINE sistemi verileri ilçe bazlı olarak kullanılmıştır. Çalışma alanı olarak kıyı şeridinden 1500 m'lik mesafeler içerisinde kalan alanlar incelenmiştir.

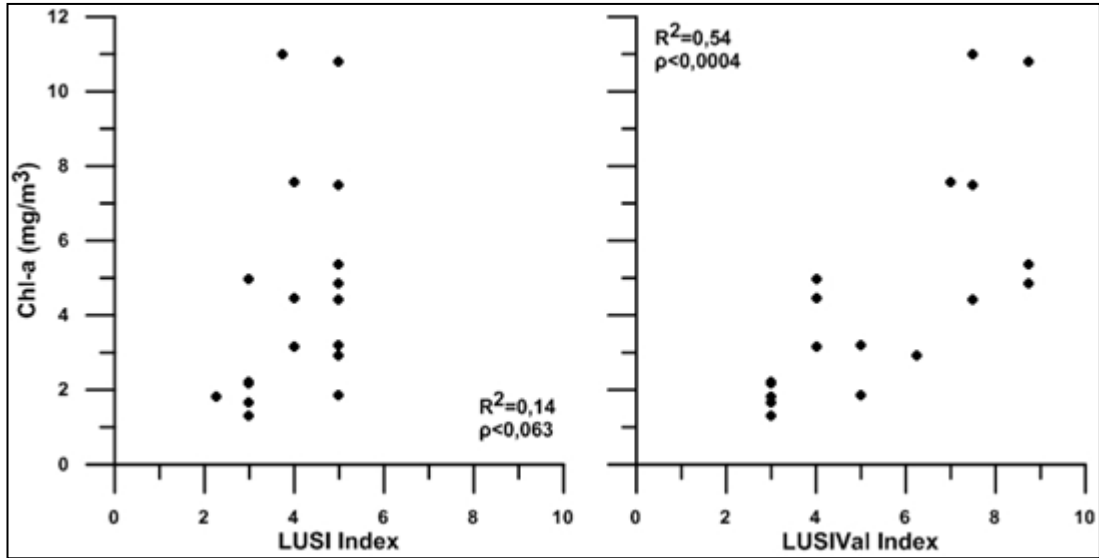
Baskıların su ortamında oluşturduğu etkiyi değerlendirebilmek için su kütlesi bazında hesaplanan LUSI/LUSIV al skoruna karşılık gelen ve aynı alanı temsil eden BKE arasındaki korelasyona bakılmaktadır. SÇD'ye göre fitoplankton kıyısal ekosistemler için dikkate alınan anahtar biyolojik elementin en önemlisidir ve fitoplankton biyokütle göstergesi “Klo-a” olmasından dolayı tez çalışmasında etki göstergesi olarak kullanılmıştır.

Diğer bir nedeni ise LUSI/LUSIVaI metodunu uygulayan ülkelerin büyük kısmının Klo-a verisi ile indeksler arasındaki ilişkiye bakılarak baskı-etki analizlerini yapmalarından ileri gelmektedir [MED-GIG, 2014]. Buna göre, Klo-a verisi olarak Marmara Denizi'ndeki 2009 ve 2010 yıllarında İstanbul Üniversitesi Deniz ve İşletmeleri Enstitüsü ve 2011 yılında TÜBİTAK MAM Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü tarafından gerçekleştirilen Bütünleşik Kirlilik İzleme Projeleri kapsamında üretilen Klo-a verileri su kütleleri bazında yüzdebirlik istatistiksel metot uygulanarak kullanılmıştır. Su kütlesi bazında hesaplanan Klo-a verileri Tablo 6.7'de verilmiştir.

LUSI ve LUSIVaI indeksleri tüm Marmara Denizi'nde 18 kıyıs alanda detaylı olarak uygulanmıştır (Tablo 6.7). 20, 21 ve 22 nolu su yönetim birimleri veri yetersizliğinden dolayı analize dahil edilememiştir. Söz konusu indeksler hesaplanırken kullanılan CORINE sisteminden üretilen yüzde arazi bilgisi, kıyı morfolojisi ile diğer baskıların bilgisi Tablo 6.7'de sunulmuştur. Ayrıca, LUSI / LUSIVaI sonuçları, su kütlelerinde yüzdebirlik istatistiksel yöntemle göre hesaplanan Klo-a değerleri ile 2011 yılı Bütünleşik Kirlilik İzleme İş i kapsamında üretilen veriler kullanılarak hesaplanan ekolojik statü bilgisi de Tablo 6.7'de verilmiştir.

Sonuçlara bakıldığında LUSI ve LUSIVaI indeksleri, sırasıyla 2,25-5 ve 3-8,75 aralığında değişim göstermiştir (Şekil 6.13-Şekil 6.14). En düşük değerler Yalova-Armutlu ve Çanakkale Boğazı alanlarında, en yüksek değerler ise Haliç, Bandırma, Gemlik ve İzmit Körfezi alanlarında bulunmuştur. Bu alanları temsil eden yüzdebirlik (%90 percentile) Klo-a değerlerinin 1,66-11 µg/l aralığında değişim gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 6.7).

Marmara Denizi özelinde 18 alanda belirlenen LUSI ve LUSIVaI indeksleri ile aynı alanı temsil eden yüzdebirlik (percentile) Klo-a değerleri arasında ilişkiye bakılmıştır. Klo-a ile LUSI arasında ilişki gözlenememiş ($R^2=0,14$; $p<0,067$) olup, LUSIVaI ile Klo-a arasında güçlü doğrusal bir ilişki gözlenmiştir ($R^2=0,54$; $p<0,0004$) (Şekil 6.12). LUSIVaI indeksi sonuçlarının tüm Marmara Denizi için daha uygun olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 6.12: Kıyı alanlardaki LUSI/LUSIVaI metotları ile Kilo-a korelasyonu.

İzleme stratejileri oluşturulurken kıyı sularının problem olduğu bilinen, yoğun kirliliğin olduğu ve ötrofikasyon baskısı altında kalan bölgelerin belirlenmesi, SÇD’de öngörülen “operasyonel izleme”nin yapılması ve örnekleme sıklıklarının özellikle pelajik sistem için aylık olarak organize edilmesi önerilir. Bu nedenle kıyılardaki potansiyel riskli alanların/riskli alanların ortaya konulması izleme stratejileri ve istasyon dağılımlarının doğru seçiminde önemli rol oynamaktadır.

Su kütlelerinde hesaplanan LUSIVaI değerleri ile Kilo-a arasında güçlü bir ilişkinin tespit edilmiş olması, bu değerlere bakılarak baskılar üzerine hızlı ve güvenilir önerilerin hazırlanması açısından önemlidir. Ayrıca, potansiyel risk teşkil eden alanların belirlenmesi, izleme stratejilerinin oluşturulmasında yol göstermesi ve referans alanların seçimi ve takibi bakımından da önemlidir.

SÇD su kütleleri üzerindeki baskıların tanımlanmasının risk değerlendirme yoluyla yapılmasını önermektedir. Fakat, SÇD ve baskı-etki analizi teknik klavuzunda (IMPRESS) [EC, 2003b] baskıların sınıflandırması hakkında bilgi bulunmamaktadır [Borja et al., 2006]. Çalışma kapsamında LUSI/LUSIVaI indekslerinin risk sınıflandırmasının yapılabilmesi için su kütlelerinde hesaplanan risk değerleri ile tedbirlilik ilkesi prensibine göre ekolojik sınıflandırma sonuçları karşılaştırılmıştır (Tablo 6.7).

Yapılan karşılaştırmaya göre risk değerlendirmesi dört sınıfa ayrılmıştır: (i) Baskı Yok (0 to 3); (ii) Zayıf Şiddette Baskı (3 to 5); (iii) Orta Şiddette Baskı (5-7); (iv) Yüksek Şiddette Baskı (7-10). Risk değerlendirmesini Klo-a gibi BKE ile değerlendirmek, ekolojik statüyle karşılaştırmasına göre daha doğru sonuç vermektedir. Bunun nedeni, ekolojik statü değerlendirmesinin 3 tane BKE'nin yanı sıra destekleyici parametrelerce de (TN, TP, Seki disk gibi) belirlenmesidir. Diğer bir deyişle, ekolojik statüyü belirleyen unsurlar bir çok biyolojik veri gerektirmekte ve nihai karar en kötü duruma göre verilmektedir.

Şekil 6.13 ve Şekil 6.14 incelendiğinde, LUSI ile LUSIVaI arasındaki en büyük fark su kalış süresinin daha uzun olduğu yerler olan körfezlerde tespit edilmiştir. Ayrıca, Tuzla ve Gebze gibi çok çeşitli antropojenik baskıların bulunduğu (Liman, evsel ve endüstriyel atıksu deşarjları vb.) alanlarda da indeksler arasında belirgin farklar görülmektedir.

Marmara Denizi kıyıları LUSIVaI indeksine göre değerlendirildiğinde, kıyı yapısı olarak açık, su değişim kapasitesinin yüksek, antropojenik baskıların düşük olduğu Çanakkale Boğazı (SYB No.7) (Şekil 6.14), Tekirdağ – Şarköy (SYB No. 8), İstanbul Boğazı (SYB No.13), Altınova-Armutlu (SYB No.18) su kütlelerinde LUSIVaI değerinin 3'ten küçük ve az riskli olduğu görülmektedir (Şekil 6.14). Susurluk Nehri- Bandırma Körfezi (SYB No.3), Adalar Sistemi (SYB No. 5), Tekirdağ – Marmara Ereğlisi (SYB No. 9) ve Marmara Ereğlisi – Büyükçekmece (SYB. 10) su kütlelerinde ise su değişim kapasitesinin orta, kentsel ve endüstriyel alanların orta yoğunlukta olduğu LUSIVaI indeksinin 3-5 arasında değiştiği orta riskli alanlardır (Şekil 6.14). LUSIVaI değeri 7'den büyük olan ve riskli alanlar olarak sınıflandırılan bölgeler ise su değişim kapasitesinin düşük, endüstriyel ve kentsel alanların yoğun olduğu Gemlik, İzmit ve Bandırma Körfezleri'dir (Şekil 6.14).

AB'ye üye ülkelerce SÇD'nin uygulanması sürecinde baskı-etkilerin belirlenmesinde indeks metotlarının kullanımı tercih edilmektedir. Bunun nedeni, indeks metotlarının hızlı sonuç vermesi ve maliyetlerinin yüksek olmamasıdır. Ayrıca, elde edilen sonuçların diğer ülkelerle karşılaştırılabilir olması açısından önemlidir. Tablo 6.6'da üye ülkelerce baskı-etki çalışmalarında kullanılan metotlar ve elde ettikleri sonuçlar gösterilmiştir.

Tablo 6.6: AB'ye üye ülkelerin baskı-etki metotları karşılaştırması.

Ülkeler	Test Yöntemi	Baskılar	İndikatör	Korelasyon Derecesi	Kaynaklar
Fransa, İspanya ve İtalya	Yüzdebirlik Metot 90 Klo-a [$\mu\text{g/L}$]	Arazi kullanımı ve karasal baskılar	LUSI	$y = 0.21 + 0.36 \cdot x$ $R^2 = 0.32$ (Spearman)	MED-GIG, 2014
İspanya (Valencia Kıyıları)	Yüzdebirlik Metot 90 Klo-a [$\mu\text{g/L}$]	Arazi kullanımı ve karasal baskılar	LUSIval	Typology II-A $R^2 = 0.75$ $p < 0.01$ Typology III-W $R^2 = 0.93$ $p < 0.01$	Romero et al, 2013
Hırvatistan, İtalya, Slovenya	Geometrik Ortalama Klo-a [$\mu\text{g/L}$]	Antropojenik ve doğal baskılar	TP	$\text{Chl } a = 8.5027 \text{ TP}^{1.6921}$ $R^2 = 0.886$, $p < 0.001$	MED-GIG, 2014
Kıbrıs	Yüzdebirlik Metot 90 Klo-a [$\mu\text{g/L}$]	Arazi kullanımı	LUSI	$y = 0.013x + 0.070$ $R^2 = 0.332$ $p < 0.05$	MED-GIG, 2014
Hırvatistan	Yüzdebirlik Metot 90 Klo-a [$\mu\text{g/L}$]	Antropojenik ve doğal baskılar	LUSI	$y = 0.642 \cdot \exp(0.3542 \cdot x)$ $p < 0.001$	Nincevic-Gladan et al., 2015
Türkiye (Marmara Denizi Kıyıları)	Yüzdebirlik Metot 90 Klo-a [$\mu\text{g/L}$]	Arazi kullanımı	LUSI ve LUSIval	$y = 1.1308x - 0.0728$ $R^2 = 0.14$ $p < 0.063$ $y = 0.9814x - 0.8844$ $R^2 = 0.54$ $p < 0.0004$	Tez çalışması

Tez kapsamında yapılan baskı-etki çalışması Marmara Denizi su kütlelerinin üzerindeki baskıların hızlı, basit ve maliyetçe etkili (cost-effective) yöntem olan LUSIval index metoduyla doğru olarak tespit edilebileceğini ortaya koyan ilk çalışmadır. LUSIval skorunun 2 ya da daha düşük olduğu su kütleleri baskıların olmadığı alanlar olarak değerlendirilmektedir. Söz konusu alanların biyolojik elementler için referans alan olarak seçilmesi muhtemeldir. Ayrıca, indeks metodolojisinin tekrarlanabilir olması açısından karar destek sistemlerine kolaylıkla adapte edilebilir olup, karar vericilerin kolaylıkla kullanabileceği bir araçtır.

LUSI/LUSIval indekslerinin avantajlarının yanı sıra uygulamada bazı dezavantajlara sahip olduğu da görülmüştür. Analiz, deniz kökenli kirlilik, turizmden kaynaklı nüfus artışları ve hayvancılığın oluşturduğu baskı unsurlarını dikkate

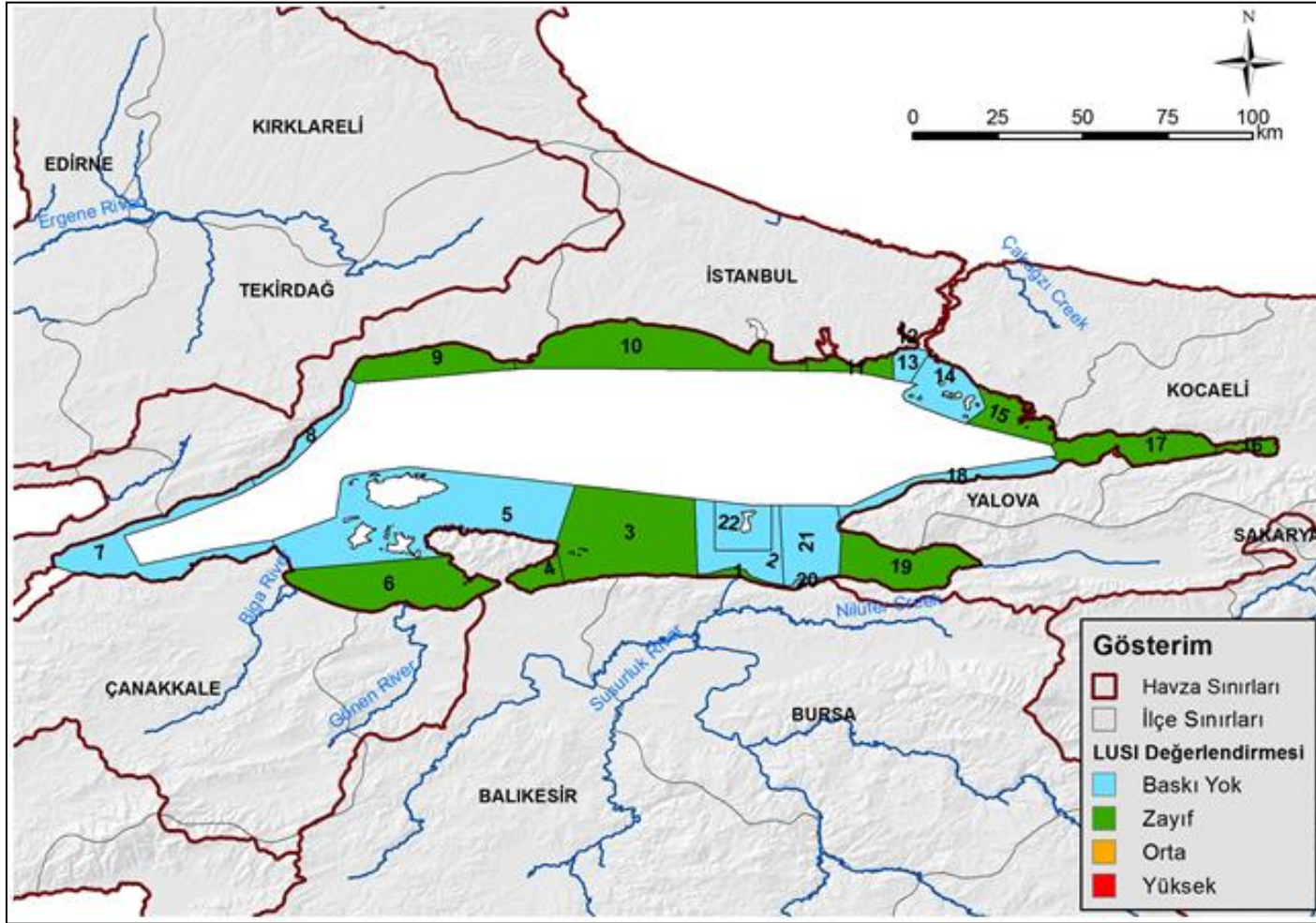
almamaktadır. Ayrıca, kriterlerin sadece arazi kullanımına dayalı olmasından dolayı uygulamada problemler yaşanmaktadır. Örneğin, tarımsal alanın yoğun, sanayinin düşük olduğu bölgeler ile tarımsal alanın düşük ve sanayinin yoğun olduğu bölgelerdeki (Örn: İzmit) LUSI skorları aynı çıkmaktadır.

Kıyı morfolojisinin (iç bükey, dış bükey, düz) çok belirgin olmadığı su kütlelerinde LUSI/LUSIV al skorlarının hesaplanmasında hatalara sebep olmaktadır. Ayrıca, hesaplamalarda havza kaynaklı kirlilikleri kısmen dikkate almış olsa da bazı durumları dahil edememektedir. Örneğin, Bursa İli şehir merkezi kıyı şeridinden yaklaşık olarak 20 km uzaklıkta olup, Nilüfer Çayı aracılığıyla şehrin kentsel ve endüstriyel atıksuları Susurluk Nehri'ne bağlanarak Marmara Denizi'ne dökülmektedir. Bu durum, nehrin döküldüğü su kütlesi (SYB No 1) üzerine oldukça ciddi bir baskı oluşturmaktadır.

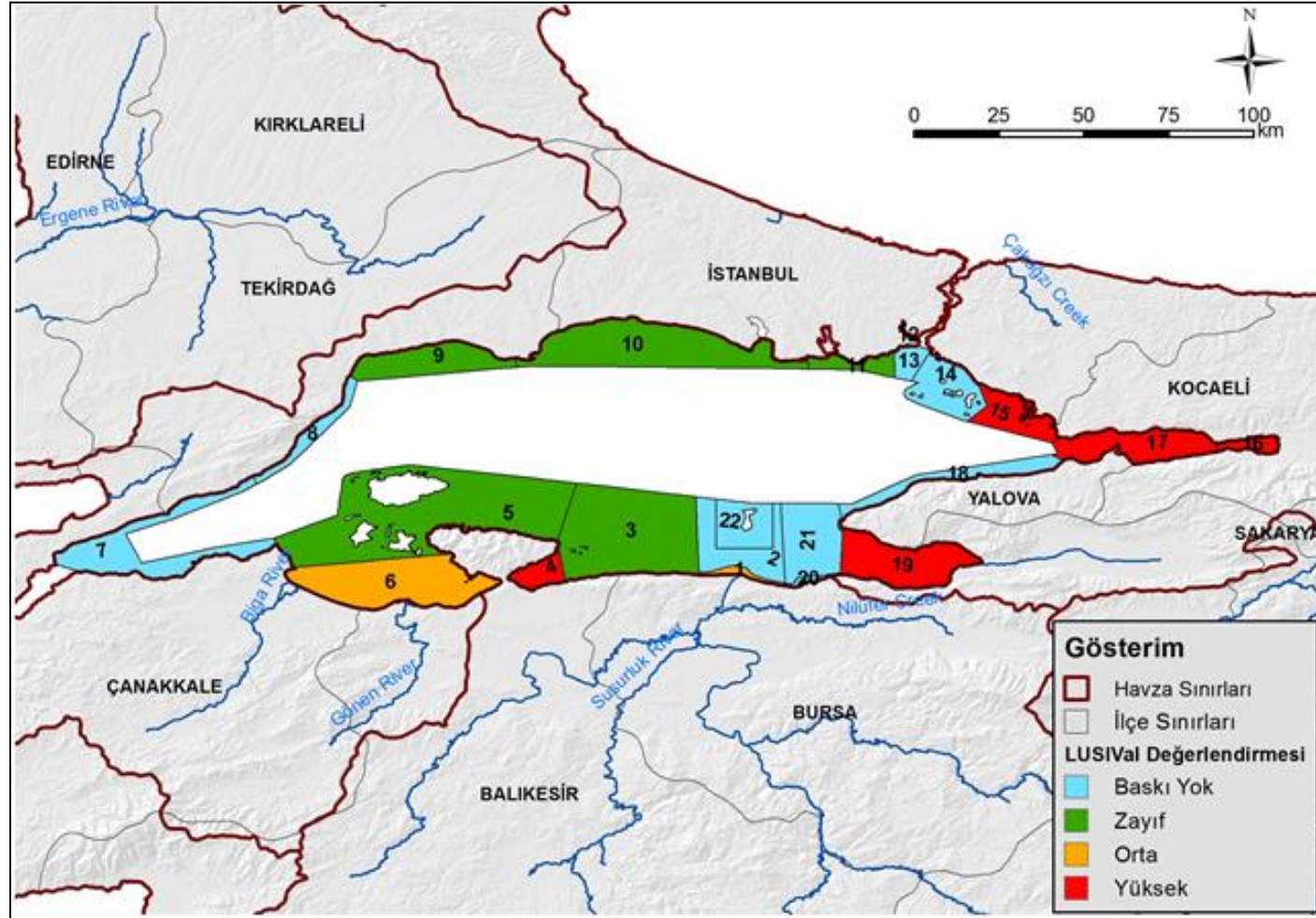
CORINE sistemi 2006 yılından beri güncellenmemiştir. TC. Orman ve Su İşleri Bakanlığı'nca güncelleme çalışmaları devam etmekle birlikte henüz yayınlanmamıştır. LUSIV al çalışması CORINE sisteminin yenilenmesi ardından tekrarlanmalıdır.

Tablo 6.7: LUSI/LUSIVaI metotları sonuçları ile Klo-a ve ekolojik statü ile karşılaştırması.

Su Kütlesi Kodu	Su Kütlesi İsmi	Arazi Kullanımı (%)			Kıyı Morfolojisi	Diğer Baskılar	LUSI	LUSIVaI	Yüzdebirlik Klo-a	Ekolojik Statü (3 BKE+ Destekleyici Parametreler) ³
		Kentsel	Tarım	End.						
M_1	Susurluk Nehri	22	78	0	Düz	2	4	7	7,57	Orta
M_2	Susurluk Nehri Açığı	-	-	-	-	-	-	-	-	Orta
M_3	Susurluk Nehri Batısı – Bandırma Körfezi	18	81	1	Düz	0	4	4	4,56	Orta
M_4	Bandırma Körfezi	23	72	5	Konkav	2	5	8,75	5,37	Zayıf
M_5	Adalar Sistemi	5	95	0	Düz	0	3	4	4,97	Orta
M_6	Erdek Körfezi – Karabiga	11	89	0	Konkav	1	5	6,25	2,93	İyi
M_7	Çanakkale Boğazı	9	90	1	Düz	0	3	3	1,66	-
M_8	Tekirdağ Merkez Batısı– Şarköy İlçesi Doğusu	9	90	1	Konveks	1	2,25	3	1,82	-
M_9	Tekirdağ Merkez Doğusu – M.Ereğlisi Batısı	21	77	2	Konkav	0	5	5	1,87	İyi
M_10	M.Ereğlisi Doğusu – B. Çekmece	36	57	7	Konkav	0	5	5	3,18	Orta
M_11	Avcılar - Zeytinburnu	81	0	19	Konkav	0	4	4	3,17	Orta
M_12	Haliç	98	0	2	Konkav	3	3,75	7,5	11,00	-
M_13	İstanbul Boğazı	92	3	5	Düz	0	3	3	1,31	İyi
M_14	Kadıköy -Maltepe	100	0	0	Düz	0	3	3	2,20	-
M_15	Kartal - Tuzla	63	16	21	Konkav	2	5	7,5	4,43	-
M_16	İzmit Körfezi - İç	85	13	2	Konkav	3	5	8,75	10,80	Kötü
M_17	İzmit Körfezi – Orta, Dış	30	51	19	Konkav	2	5	7,5	7,48	Zayıf
M_18	Yalova Altınova – Armutlu (Bozburun Kuzeyi)	19	53	28	Konveks	0	3	3	2,16	Orta
M_19	Armutlu (Bozburun Güneyi) – Gemlik Körfezi	16	79	5	Konkav	3	5	8,75	4,86	Orta
M_20	Mudanya Batısı – Susurluk Nehri Doğusu	3	97	0	Düz	0	3	3	-	-
M_21	Mudanya Batısı – Susurluk Nehri Doğusu Açığı	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M_22	İmralı Adası ve çevresi	-	-	-	-	-	-	-	-	-



Şekil 6.13: Marmara Denizi su kütlelerinin LUSI metoduyla değerlendirilmesi.



Şekil 6.14: Marmara Denizi su kütlelerinin LUSIV metoduyla değerlendirilmesi.

6.5. Büyük Ölçüde Değiştirilmiş Su Kütleleri Sonuçları ve Değerlendirilmesi

SÇD'nin yüzey suları ile ilgili genel hedefi, Üye Devletlerin 2015 yılına kadar tüm yüzey suyu kütlelerinde iyi ekolojik ve kimyasal durum sağlamalarıdır. Su kütlelerine dair daha az zorlayıcı hedeflerin konulması ve hedefleri gerçekleştirmek için sürenin uzatılması da mümkündür. BÖDSK'ler, insan etkinliklerinden kaynaklanan fiziksel değişimler sonucunda karakteri somut şekilde değişen ve bu nedenle iyi ekolojik durumu sağlayamayan su kütleleridir.

AB'ye üye ülkelerce BÖDSK ve YSK'nın tanımlanması isteğe bağlıdır ve herhangi bir tanımlama zorunluluğu bulunmamaktadır.

Tez çalışması kapsamında Marmara Denizi kıyısız alanlarında BÖDSK'lerin olup olmadığının belirlenmesi çalışması yapılmıştır. Söz konusu çalışmanın yöntemi Bölüm 5.5'te verilmiştir.

SÇD OUK No 4 "BÖDSK ve YSK'ların Belirlenmesi ve Tanımı Klavuzu"na uygun olarak SYB'nin toplam alanının %60'ından (OUK No 4: 8/10 km) büyük kısmı dolgu alanı ise SYB'nin tamamı BÖDSK olarak aday gösterilmiştir. Buna karşın, su kütleindeki dolgu alanının %60'ından küçük olduğu durumlarda ise sadece dolgu alanı değiştirilmiş su kütlesi olarak SYB içerisinde ayrı olarak ele alınması önerilmiştir.

Bu çalışmadaki en büyük kısıt eski tarihli kıyı çizgisi ile güncel kıyı çizgisi verisine ulaşamamasıdır. Bu nedenle, farklı bir metodolojik yol izlenmiştir. 1970'li yıllarda üretilen topoğrafik haritalar ile 2010 yıllarına ait hava fotoğrafları karşılaştırılarak (bkz Bölüm 5.5) değiştirilmiş su kütleleri belirlenmesine çalışılmıştır.

Buna göre, Marmara Denizi'nde 1970'ten 2010 yılına kadar olan dönemde 12 adet doldurulmuş alan tespit edilmiş olup, bunlar 6 adet SYB sınırları içerisinde kalmaktadır.

Tablo 6.8’de hesaplanan dolgu alanlarının SYB içerisindeki yüzdeleri verilmiştir. Söz konusu yüzdelere dikkate alındığında hiç bir su kütlesinin BÖDSK niteliği taşımadığı tespit edilmiştir. Ancak, dolgu alanların bu kütlelerden ayrılarak, BÖDSK olarak ayrı birer su kütlesi olarak tanımlanmaları mümkündür. Söz konusu uygulama idari olarak alınacak bir karar olup, havza bütününe irdelenmesi gereken bir husus olduğu düşünülmektedir.

Tablo 6.8: SYB’lerin içerisindeki dolgu alanları büyüklüğü ve yüzdesi.

SYB No	Dolgu Alan Sayısı	Toplam Dolgu Alanı (m ²)	Su kütlesi Alanı (m ²)	Dolgu Yüzde Oranı (%)
M_9	1	129.425	257.204.538	0.05
M_10	2	169.418	610.044.528	0.03
M_11	3	783.274	81.369.797	0.96
M_13	2	321.998	59.537.721	0.54
M_14	2	196.109	208.580.474	0.09
M_15	2	1.231.551	168.860.969	0.73

BÖDSK çalışması, 2010 yılına kadar yapılmış olup bu tarihten sonra yapılan büyük dolgu çalışmalarını kapsamamaktadır. Örneğin, İstanbul Maltepe ve Yenikapı’da 2013-2014 yılları arasında tamamlanan dolgu alanları yansıtılamamıştır. Söz konusu çalışma güncel kıyı çizimleri ya da yüksek çözünürlüklü hava fotoğrafları alınarak tekrarlanmalıdır.

6.6. Marmara Denizi Ekolojik Sınıflandırma Sonuçları ve Değerlendirmeleri

Ekolojik sınıflandırma, SÇD’nin en son aşamasıdır. Sınıflandırmada sürdürülebilir bir çevresel yönetim sağlayabilmek için su kaynaklarının tanımlanması, çevresel baskıların ve oluşturduğu etkilerin belirlenmesi gereklidir. Diğer bir deyişle, bütüncül bir yaklaşımla çevresel sorunların ele alınmasıdır. Bundan yola çıkarak sınıflandırma çalışması sucul ortamların ekolojik ve kimyasal özelliklerine dayalı durum tespitinin yapıldığı önemli bir değerlendirme aracıdır. Sınıflandırma sonucunda çevresel hedeflerin belirlenmesi, bu hedeflere yönelik izleme programları oluşturulması ve boşluk analizinin yapılması aşamaları mümkün

olur. Tüm bunlara göre çevresel ihtiyaçları göz önünde bulunduran yönetim planları hazırlanabilir.

Tez çalışması kapsamında Marmara Denizi'nde yapılan ekolojik sınıflandırma çalışmasının yöntemi Bölüm 5.6'da verilmiştir. SÇD kapsamında ekolojik ve kimyasal durum değerlendirmesi tedbirlilik ilkesi prensibine esas alınır [EC, 2003d]. Tedbirlilik ilkesi, aynı su kütlesi içerisinde değerlendirilen BKE'lerin en düşük kalite elemanının durumu su kütlesinin kalitesi olarak kabul edilmesi temeline dayanmaktadır.

DEKOS Projesinde bentik calılar, markro alg ve Klo-a olmak üzere 3 BKE dikkate alınmış olup, destekleyici parametreler olarak TP, ÇIN, seki disk ve Klo-a kullanılmıştır. Su kütlelerinde yapılan bentik canlıların değerlendirmesinde Prof. Dr. Melih Ertan Çınar'ın, Makroalg değerlendirmesinde ise Doç. Dr. Ergün Taşkın'ın 2011 Bütünleşik İzleme Projesi çıktılarının sonuçları kullanılmıştır. Ayrıca projede destekleyici parametreler 2012 yılında yayımlanan "YSKYY Yönetmeliği"ndeki Marmara Denizi için verilen sınır değerlerle karşılaştırılması yapılmıştır.

Bu tez çalışmasında su kütlelerinde belirlenen ekolojik statü bilgisi kıyıların değerlendirilmesi, baskı-etki çalışması ile ilişkilendirme ve deşarj kriteri belirleme çalışmasında pilot bölge seçiminde kullanılmıştır. DEKOS Projesi kapsamında elde edilen sonuçlar Tablo 6.10'da ve haritası Şekil 6.15'de verilmiştir.

DEKOS projesi ekolojik sınıflandırma sonuçları SÇD'ye uygun olarak 5 sınıfta değerlendirilmiş olup, yine SÇD CBS klavuzunda anlatıldığı şekilde renklendirilip haritalandırılmıştır. Söz konusu renk ve değerlendirme sınıfları Tablo 6.9'da verilmiştir.

Tablo 6.9: SÇD'ye uygun olarak ekolojik sınıflandırma aralıkları ve renkleri.

Ekolojik Sınıflandırma Aralıkları	Renkleri
Çok İyi	
İyi	
Orta	
Zayıf	
Kötü	

Marmara Denizi ekolojik sınıflandırma sonuçları incelendiğinde (Tablo 6.10 ve Şekil 6.15) su kütlelerinin büyük kısmının orta kalitede olduğu belirlenmiştir. Su kalitesi açısından en kötü durumun İzmit İç Körfezi'nde (SYB No M_16) olduğu tespit edilmiştir. Zayıf su kalitesinde ise Bandırma Körfezi (SYB No M_4) ve İzmit Dış Körfezi (SYB No M_17) olarak saptanmış olup, söz konusu su kütlelerinde ekolojik statü'nün düzeltilebilmesi için hızlı önemlerin alınması gerekmektedir.

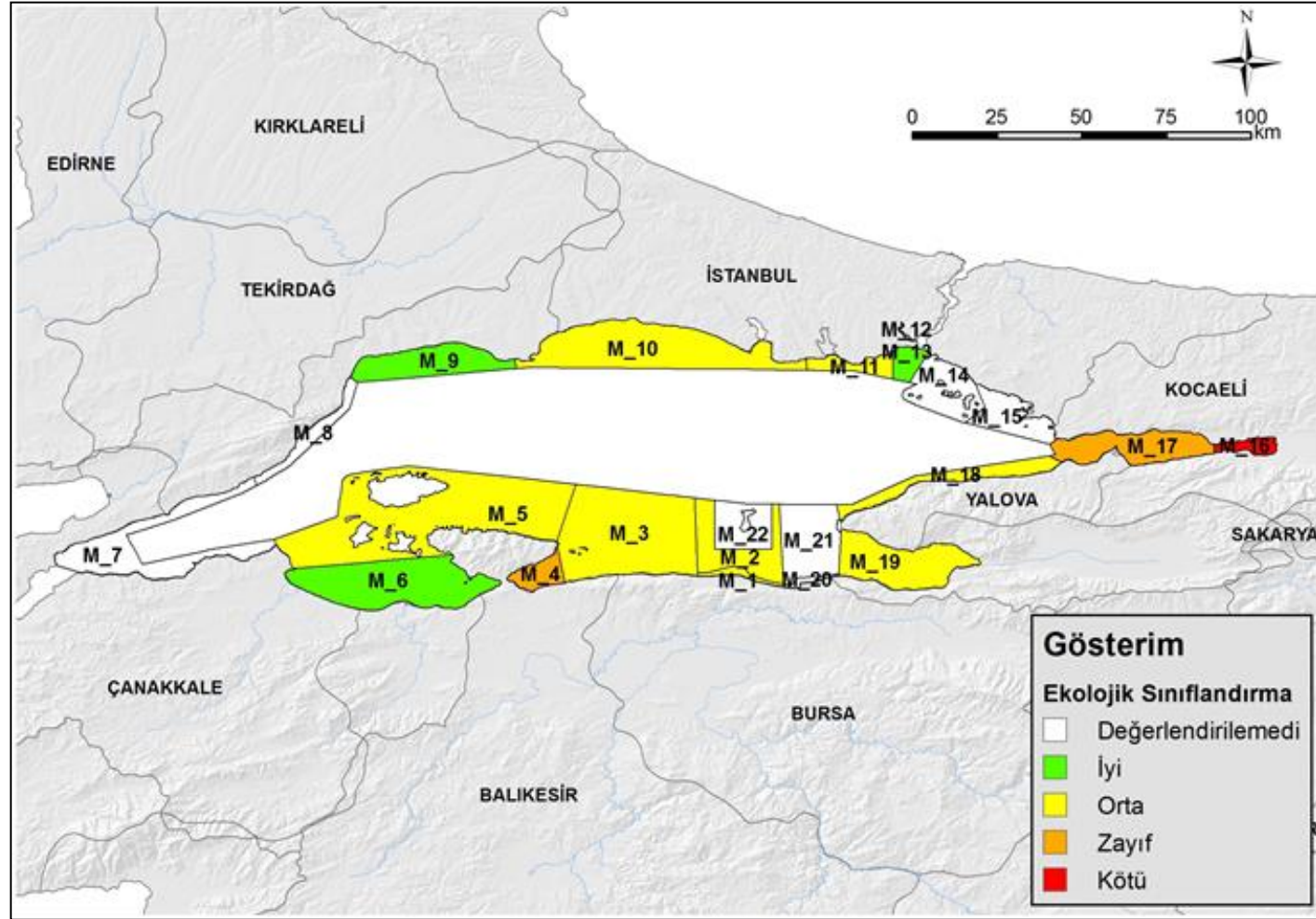
Veri yetersizliğinden dolayı ekolojik statüsü belirlenemeyen su kütleleri mevcuttur. Bunlar SYB No 7-8-12-14-15-20-21 ve 22 olmak üzere 8 adettir. Değerlendirmeye alınamayan su kütleleri Şekil 6.15'da beyaz renk ile gösterilmiştir.

SÇD sınıflandırmasındaki amaç su kütlelerindeki kalitelerin çok iyi veya iyi statüye ulaşmasının sağlanmasıdır. Bu kapsamda Marmara Denizi su kütleleri incelendiğinde sadece 3 tane su kütlelerinin (SYN No. 6 – 9 ve 13) iyi statüye ulaşabildiği belirlenmiştir (Şekil 6.15).

Sınıflandırmanın tam yapılabilmesi için sedimandaki kirleticilerin ve su kolonu/sedimandaki kimyasal durum açısından da su kütlelerinin durumunun ortaya konularak tedbirlik ilkesine göre nihai sınıflandırma belirlenebilir.

Tablo 6.10: Marmara Denizi ekolojik durum değerlendirmesi.

Su Kütlesi Kodu	Su Kütlesi İsmi	Destekleyici parametreler				Klo-a Değerlendirmesi	Bentik ortak değerlendirmesi	Makro Alg Değerlendirmesi	Ekolojik Durum Sınıflandırma (3 BKE + Destekleyici Parametreler) ²
		TP	ÇIN	SD	Klo-a				
M_1	Susurluk Nehri								
M_2	Susurluk Nehri								
M_3	Susurluk Nehri Batısı – Bandırma Körfezi								
M_4	Bandırma Körfezi								
M_5	Adalar Sistemi								
M_6	Erdek Körfezi – Karabiga								
M_7	Çanakkale Boğazu								
M_8	Tekirdağ Merkez Batısı– Şarköy İlçesi Doğusu								
M_9	Tekirdağ Merkez Doğusu – M.Ereğlisi Batısı								
M_10	M.Ereğlisi Doğusu – B. Çekmece								
M_11	Avcılar - Zeytinburnu								
M_12	Haliç								
M_13	İstanbul Boğazu								
M_14	Kadıköy -Maltepe								
M_15	Kartal - Tuzla								
M_16	İzmit Körfezi - İç								
M_17	İzmit Körfezi – Orta, Dış								
M_18	Yalova Altınova – Armutlu (Bozburun Kuzeyi)								
M_19	Armutlu (Bozburun Güneyi) – Gemlik Körfezi								
M_20	Mudanya Batısı – Susurluk Nehri Doğusu								
M_21	Mudanya Batısı – Susurluk Nehri Doğusu Açığı								
M_22	İmralı Adası ve çevresi								



Şekil 6.15: Marmara Denizi ekolojik durum değerlendirme haritası.

6.7. İzmit Körfezi Pilot Alanında Deşarj Kriterleri'nin Belirlenmesi Sonuçları ve Değerlendirmeleri

SÇD'ye göre belirlenen su kütlelerinin ekolojik durumlarının korunması/iyileştirilmesi, baskıların azaltılmasıyla mümkün olmaktadır. Bu kapsamda SÇD, noktasal kirlilik kontrolünü sağlayan iki temel AB direktifi olan “KAAD Direktifi (91/271/EEC)” ve “IPPC Direktifi (96/61/EC)” günümüz teknolojisini baz alarak yüzey sularına yapılan atıksu deşarjlarına yönelik standartlar ortaya koymaktadır. Ayrıca, yayılı kirlenme kontrolünü de “AB Nitrat Direktifi” ile sağlamaktadır.

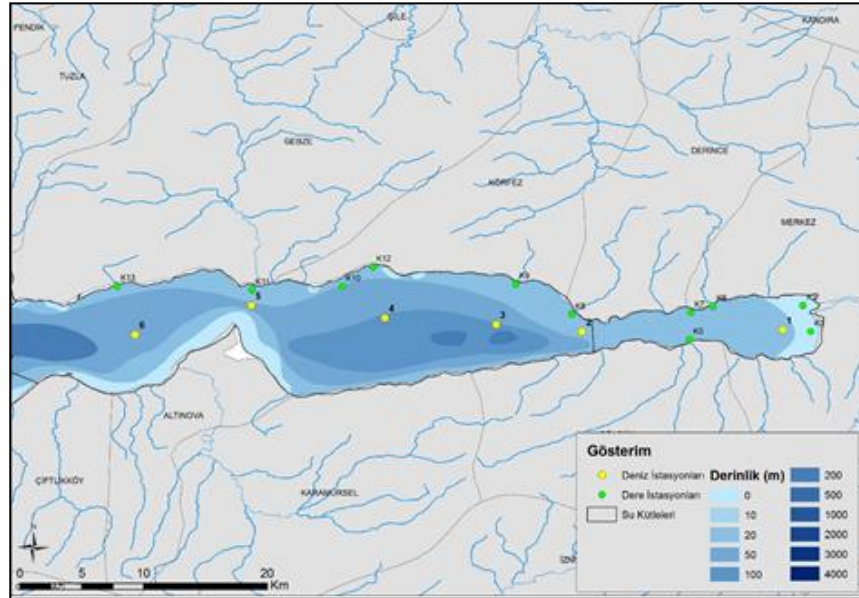
Tez çalışması kapsamında ekolojik statü değerlendirmesine göre su kalitesi açısından en kötü durumun İzmit İç Körfezi'nde (SYB No M_16) olduğu tespit edilmiştir. Zayıf su kalitesi olarak ise Bandırma Körfezi (SYB No M_4) ve İzmit Dış Körfezi (SYB No M_17) saptanmış olup, söz konusu su kütlelerinde ekolojik statü'nün düzeltilebilmesi için önlemlerin hızla alınması gerekliliği belirlenmiştir. Bu çerçevede, Marmara Denizi'nde veri bütünlüğü ve sıklığının en iyi olduğu İzmit Körfezi pilot bölge olarak seçilmiş ve ötrofikasyonun önemli iki unsuru olan TP ve ÇİN parametrelerinin deşarj kriterlerinin belirlenmesi çalışması yapılmıştır.

İzmit Körfezi üzerindeki KKK ve baskılar incelendiğinde (bkz. Bölüm 6.3) Körfez üzerindeki noktasal ve yayılı kaynakların kirliliğinin ciddi boyutlarda olduğu tespit edilmiştir. Noktasal kaynaklardan (kentsel ve sanayi toplamı) gelen TN kirlilik yükünün 4.704 ton/yıl, TP yükünün ise 717 ton/yıl olduğu belirlenmiştir. Baskı-etki çalışmasına göre (bkz. Bölüm 6.4) İzmit Körfezi'nin değerlendirilmesi Tablo 6.11'de verilmiştir. LUSI/LUSIV çalışması İç Körfez'de noktasal kaynakların etkisini, Dış Körfez'de ise yayılı kaynakların baskın olduğunu göstermiştir. Baskı çalışmasına göre her iki su kütlelerinde de baskının yüksek olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, Körfez'e derelerden ciddi miktarlarda azot ve fosfor yükleri taşındığı saptanmıştır.

Tablo 6.11: İzmit Körfezi LUSI/LUSIVaI metotları sonuçları değeriendirilmesi.

Su Kütlesi Kodu	Su Kütlesi İsmi	Arazi Kullanımı (%)			LUSI	LUSIVaI	Ekolojik Statü (3 BKE+ Destekleyici Parametreler)
		Kentsel	Tarım	End.			
M_16	İzmit Körfezi - İç	85	13	2	5	8,75	Kötü
M_17	İzmit Körfezi – Orta, Dış	30	51	19	5	7,5	Zayıf

“İzmit Körfezi Su Kalitesinin ve Karasal Girdilerin İzlenmesi ve Kirliliğın Önlenmesine Yönelik Önerilerin Geliştirilmesi Projesi” kapsamında 2008-2013 yılları arasında üretilen veriler temin edilmiş olup TP ve ÇIN değeriileri istatistiksel olarak incelenmiştir. İzmit Körfezi’nin su kütlesi sınırları ve çalışma kapsamında kullanılan istasyonların yerleri Şekil 6.16’da gösterilmektedir. Şekil 6.16’da görülen batıdan doğuya doğru bir hat boyunca olan istasyonlar alıcı ortamın özelliklerini belirlemede kullanılmış olup, yayılı kaynaklardan gelen kirleticilerin durumunu ortaya koymak için dere/nehir ağızlarına yakın olan istasyonlar dikkate alınmıştır. İç Körfeze (SYB No M_16) Ağa, Asar, Kipa, Kullar, Sarı, Sekapark olmak üzere toplam altı dere dökülmektedir. Dış Körfeze ise Ambarlı, Çınarlı, Dil deresi, Doğu Kanalı, Hamza, Eynarca, Hereke, Ilıca, Sarp ve Tüpraş dereleri olmak üzere toplam on dere dökülmektedir.



Şekil 6.16: İzmit Körfezi izleme istasyonları.

Şekil 6.16’da görüldüğü gibi, İzmit Körfezi deşarj kriterleri İç Körfez ve Dış Körfez özelinde belirlenmiş olup, söz konusu su kütleleri içerisinde kalan istasyonlar ayrı ayrı değerlendirmeye alınmıştır. Ayrıca, su kütlelerinin içerisinde kalan dereler de incelenmiştir. Verilerin ortalaması, standart sapması, minimum ve maksimum değişim aralıkları belirlenmiştir ve %10-90 güven aralığı arasında kalan verilerde de aynı istatistiksel çalışma yapılarak karşılaştırılması yapılmıştır (Tablo 6.12). Bununla beraber, aynı dönemdeki dere önlerinde yer alan istasyonların da istatistiksel çalışması deniz istasyonlarına benzer şekilde yapılmıştır (Tablo 6.13).

Tablo 6.12: Deniz istasyonlarının istatistiksel değerlendirmesi.

İç Körfez Deniz İstasyonları (Su Kütlesi No M_16)		
Parametreler	TP (µM)	ÇİN (µM)
Ortalama	1,23	9,09
Standart Sapma	1,93	20,74
Minimum	0,10	0,17
Maksimum	21,53	194,45
%10-90 Güven Aralığı Parametreleri		
Parametreler	TP (µM)	ÇİN (µM)
Ortalama	0,87	4,54
Standart Sapma	0,41	4,07
Minimum	0,35	0,86
Maksimum	1,96	20,34
Orta ve Dış Körfez Deniz İstasyonları (Su Kütlesi No M_17)		
Parametreler	TP (µM)	ÇİN (µM)
Ortalama	0,84	6,70
Standart Sapma	1,93	19,14
Minimum	0,05	0,00
Maksimum	19,35	185,78
%10-90 Güven Aralığı Parametreleri		
Parametreler	TP (µM)	ÇİN (µM)
Ortalama	0,51	2,27
Standart Sapma	0,26	1,86
Minimum	0,22	0,51
Maksimum	1,25	10,48

Tablo 6.13: Derelerin istatistiksel değerdendirmesi.

İç Körfeze Dökülen Dereler		
Parametreler	TP (�M)	�IN (�M)
Ortalama	1,63	13,5
Standart Sapma	2,18	27,0
Minimum	0,13	0,2
Maksimum	16,92	194,4
%10-90 Güven Aralığı Parametreleri		
Parametreler	TP (�M)	�IN (�M)
Ortalama	1,19	6,5
Standart Sapma	0,66	7,8
Minimum	0,43	0,4
Maksimum	3,03	32,7
Dış Körfeze Dökülen Dereler		
Parametreler	TP (�M)	�IN (�M)
Ortalama	1,33	11,88
Standart Sapma	1,90	15,54
Minimum	0,14	0,38
Maksimum	17,83	69,54
%10-90 Güven Aralığı Parametreleri		
Parametreler	TP (�M)	�IN (�M)
Ortalama	0,98	8,06
Standart Sapma	0,44	8,93
Minimum	0,37	1,13
Maksimum	1,95	33,25

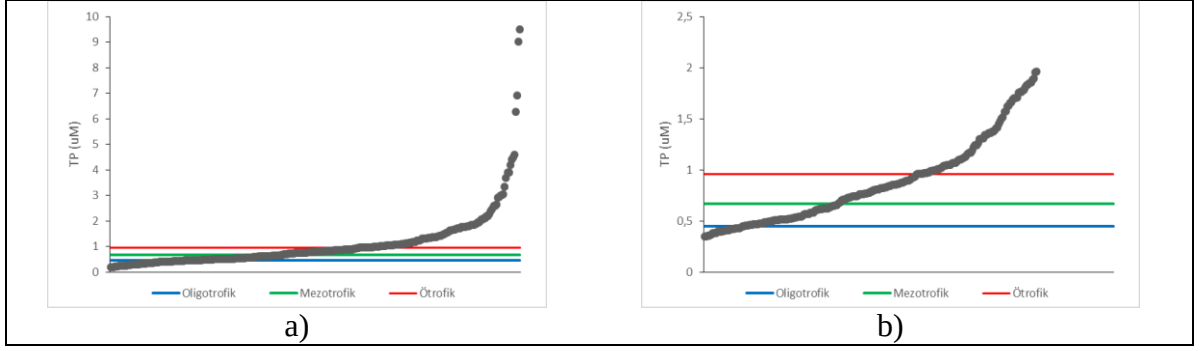
İstatistiksel çalışmanın yanı sıra 2012 yılında yayımlanan ve 2015 yılında güncellenen “YSKYY Yönetmeliğı”ndeki Marmara Denizi için verilen sınır değerlerle karşılaştırılması yapılmıştır. Yönetmelik sınır değerleri karşılaştırılması su kütleleri içerisinde kalan istasyonların karşılaştırılması şeklinde de yapılmıştır. Buna göre, 2008-2013 yılları arasında kalan verilerin ekstrem uçları atılarak ve %10-%90 güven aralığı içerisinde kalan veriler karşılaştırılmıştır. Aynı grafikler dere istasyonları için de üretilmiştir. Buna göre, deniz istasyonları için TP ve  IN parametreleri İ  Körfez için sırasıyla şekil 6.17 ve şekil 6.18’de, Dış Körfez için ise şekil 6.19 ve şekil 6.20’de verilmiştir. Dere istasyonları için ise İ  Körfez TP ve  IN parametreleri sırasıyla şekil 6.21 ve şekil 6.22, Dış Körfez için ise şekil 6.23 ve şekil 6.24’de verilmiştir.

Tablo 6.12 ve Tablo 6.13 incelendiğinde İzmit İç Körfez TP ortalamasının 0,87 μM olup ÇİN ortalamasının ise 4,54 μM olduğu gözükmemektedir. İç Körfeze dökülen derelerin ise TP ortalamasının 1,63 μM ve ÇİN ortalamasının 13,5 μM seviyesinde olduğu tespit edilmiştir. Minimum ve maksimum değişim aralıkları TP için 0,35-1,96 μM olup, ÇİN'in ise 0,86-20,24 μM 'dür. Söz konusu değerlere bakıldığında, yayılı kaynaklardan gelen yükün çok yüksek olduğu göze çarpmaktadır. Noktasal kaynakların kontrol altına alınması halinde dahi derelerden gelen yükün önlenmediği durumda kirlilik artışının devam edeceği belirlenmiştir. İzmit Dış Körfezi'ndeki durumda İzmit İç Körfezi'ne benzerlik söz konusu olup TP ve ÇİN değerleri daha düşüktür.

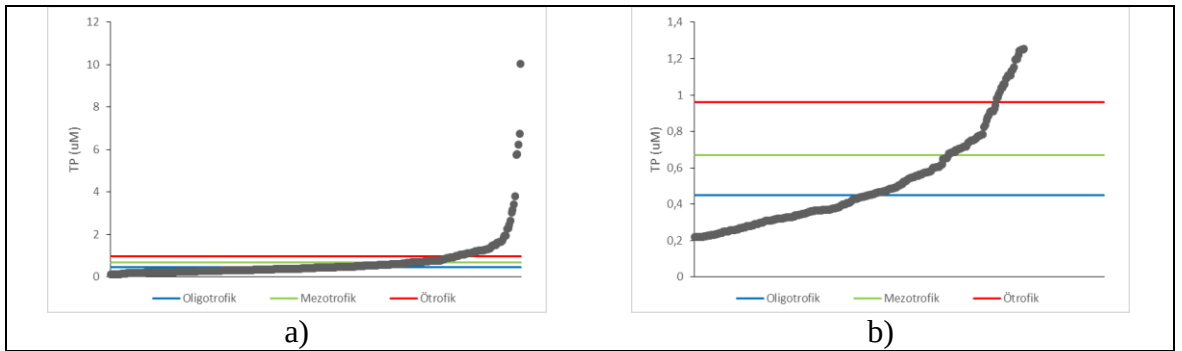
Yapılan çalışma sonucunda, İzmit İç Körfezi için TP deşarj sınır değeri 0,91 μM ve ÇİN deşarj sınır değeri ise 7,4 μM olarak belirlenmiştir. İzmit Dış Körfezi için ise TP deşarj sınır değeri 0,72 μM ve ÇİN deşarj sınır değeri ise 5,92 μM olarak tespit edilmiştir.

Tez kapsamında belirlenen deşarj kriterleri diğer AB üye ülkeri, Amerika Birlik Devletleri ve Kanada ile karşılaştırıldığı zaman TP yönünden daha sıkı deşarj limiti belirlendiği tespit edilmiştir (Tablo 4.4, Tablo 4.6). Bu durum, özellikle AB üye ülkelerin nüfus ve ötrofikasyonu temel alan KAAD sınır değerlerini kullanmaları ve KAAD'da TP/TN değerlerinin yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. ÇİN parametresinin ülke uygulamalarına göre karşılaştırılması bulunmayıp TN parametresine göre bakıldığında TP parametresine benzer durumun olduğu görülmüştür.

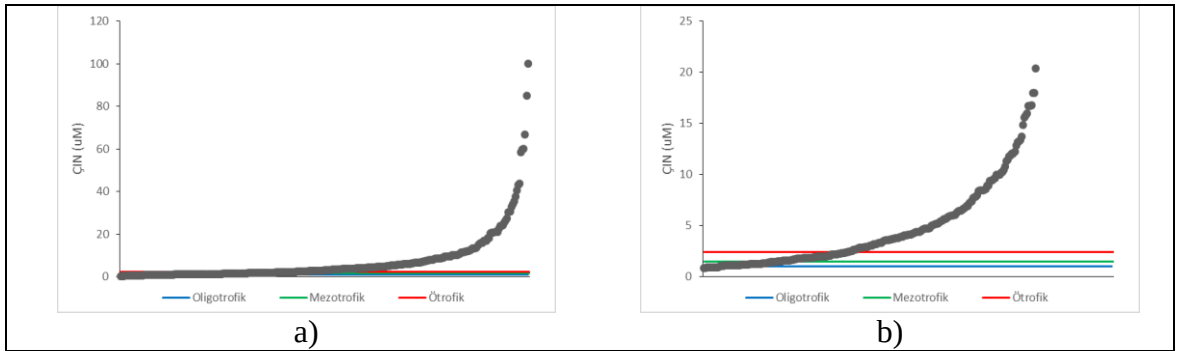
AB üye ülkeleri deşarj kriterleri belirlerken numerik değerlerin yanı sıra yüzde giderim cinsindende deşarj limitlerini belirlemişler. Bu durum özellikle yüksek kirliliğe sahip noktasal deşarjların MET ile istenen limitlere inenmemekte olup, yüzde giderim cinsinden kirlilik seviyesindeki azalmayı gösterme gerekliliğinden kaynaklanmaktadır.



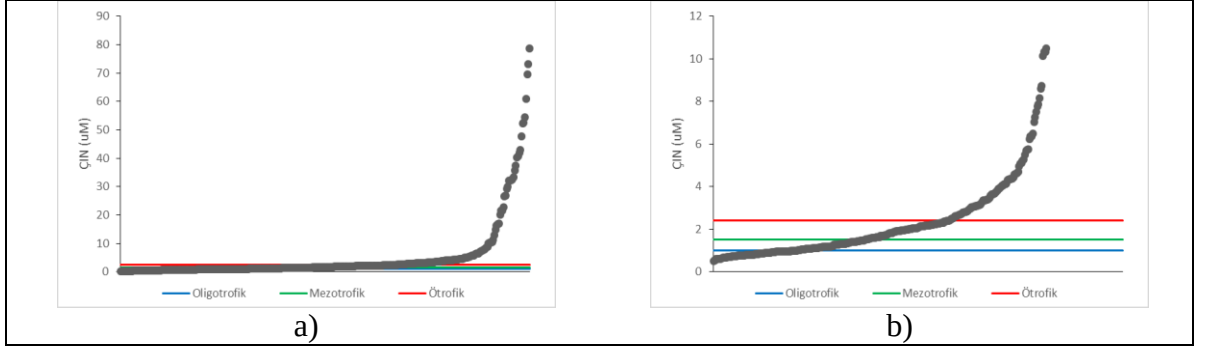
Şekil 6.17: a) 2008 -2013 yılı İzmit İ Körfez deniz istasyonları TP değerlerinin YSKYY Marmara sınır değerleriyle karşılaştıırılması, b) %10-%90 güven aralığı içerisindeki veriler.



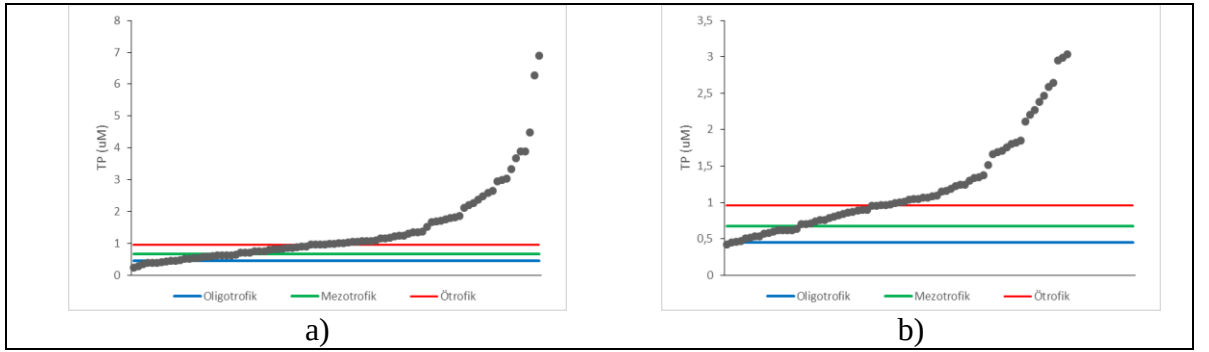
Şekil 6.18: a) 2008-2013 yılı İzmit Dış Körfez deniz istasyonları TP değerlerinin YSKYY Marmara sınır değerleriyle karşılaştıırılması, b) %10-%90 güven aralığı içerisindeki veriler.



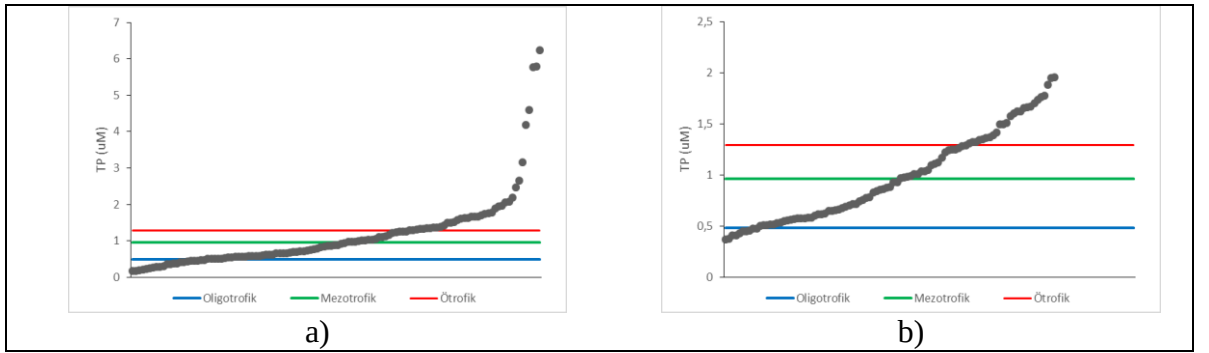
Şekil 6.19: a) 2008-2013 yılı İzmit İ Körfez deniz istasyonları ÇİN değerlerinin YSKYY Marmara sınır değerleriyle karşılaştıırılması, b) %10-%90 güven aralığı içerisindeki veriler.



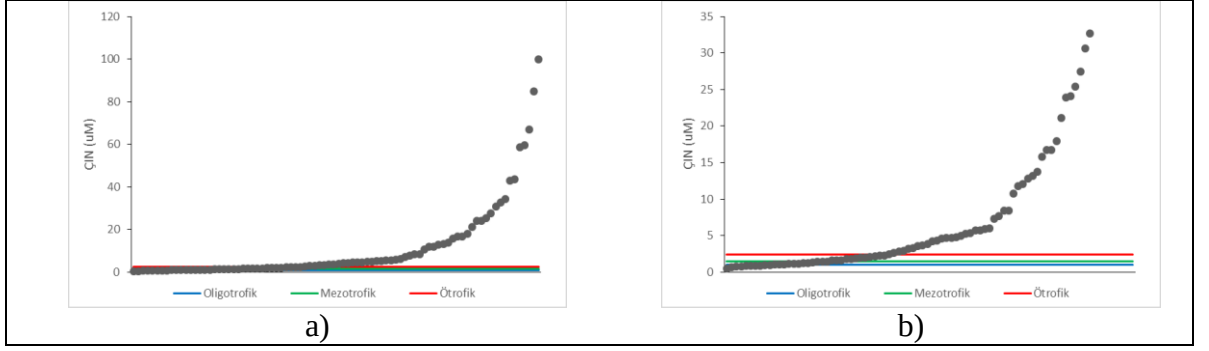
Şekil 6.20: a) 2008-2013 yılı İzmit Dış Körfez deniz istasyonları ÇİN değerlerinin YSKYY Marmara sınır değerleriyle karşılaştırılması, b) %10-%90 güven aralığı içerisindeki veriler.



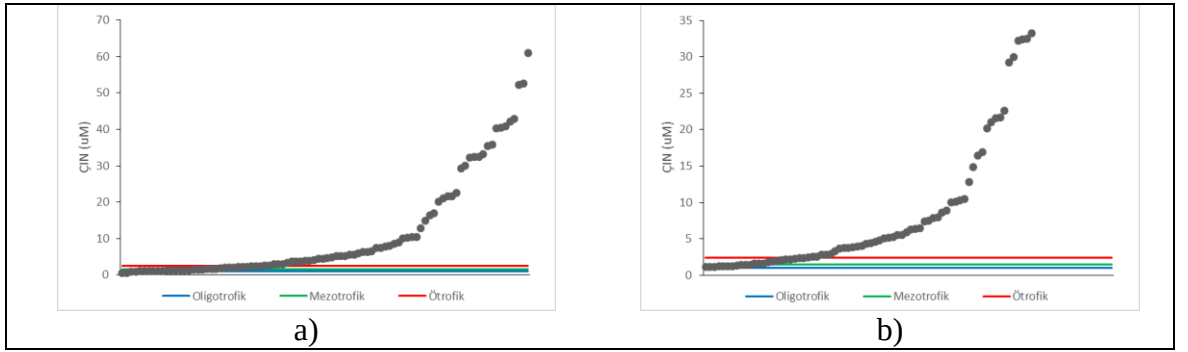
Şekil 6.21: a) 2008-2013 yılı İzmit İç Körfez dere istasyonları TP değerlerinin YSKYY Marmara sınır değerleriyle karşılaştırılması, b) %10-%90 güven aralığı içerisindeki veriler.



Şekil 6.22: a) 2008-2013 yılı İzmit Dış Körfez dere istasyonları TP değerlerinin YSKYY Marmara sınır değerleriyle karşılaştırılması, b) %10-%90 güven aralığı içerisindeki veriler.



Şekil 6.23: a) 2008-2013 yılı İzmit İç Körfez dere istasyonları ÇİN değerlerinin YSKYY Marmara sınır değerleriyle karşılaştırılması, b) %10-%90 güven aralığı içerisindeki veriler.



Şekil 6.24: a) 2008-2013 yılı İzmit Dış Körfez dere istasyonları ÇİN değerlerinin YSKYY Marmara Sınır değerleriyle karşılaştırılması, b) %10-%90 güven aralığı içerisindeki veriler.

Deşarj kriterleri sayısal değerler ya da sözlü ifadeler ile kirliliğin engellenmesini ya da minimuma indirgenmesini hedeflemektedirler. (bkz Bölüm 4.1 – Bölüm 4.2). İkinci bir durum ise su kullanım amacının belirlenmesidir. Su kullanım amacına göre kriterler daha sıkı koyulabilir (bkz Bölüm 4.2). Sözel kriterleri suyun kullanım amacı, MET ve sosyo-ekonomik durumlar baz alınarak belirlenmelidir. İzmit Körfezi'nde sözel kriterler aşağıdaki gibi belirlenebilir.

- Karar vericiler gerekli gördüğü durumlarda deşarj sınırlarının arttırabilir ya da deşarjları belirli süre durdurulabilir.
- Körfez'in belirlenen alanlarında genel deşarj sınırları daha gevşetilebilir / sıkılabilir.

Tablo 6.12 ve Şekil 6.17 – Şekil 6.20 incelendiğinde, İç Körfez değerlerinin Dış Körfez değerlerinden daha yüksek olduğu görülmektedir. Bunun nedenle, belirlenen sınır değerler İç Körfez için biraz daha yüksek tutulmuştur. Buna rağmen, noktasal kaynakların deşarjları istenilen sınırlara çekilse dahi yayılı kaynaklardan gelen kirlilikler azaltılmadığı sürece Körfez'deki su kalitesinin düzelmesinin uzun zaman alacağı tespit edilmiştir (Tablo 6.13 ve Şekil 6.21 – Şekil 6.24). Bu nedenle, Körfez'e dökülen dereler üzerindeki kirletici unsurların azaltılması gerekmektedir.

İzmit Körfezi gibi kıyı kullanımlarının çok çeşitli olduğu ve birçok baskı gruplarının mevcut olduğu yerlerde deşarj sınırları alıcı ortam özelliklerine göre belirlense de istenilen deşarj sınır değerlere ulaşılması zor olabilmektedir. Bu gibi su değişim kapasitesinin düşük olduğu yerlerde deşarj sınırları kademeli olarak aşağıya çekilmelidir. Bu kapsamda Tablo 6.12 değerleri incelendiğinde 2008-2013 yılları arasındaki ortalama sınır değerler deşarj kriterleri olarak belirlenebilir, öngörülen zaman diliminde deşarj kriterleri tez çalışması kapsamında belirlenen değerlere indirgenebilir. Buna karşın, önemli diğer bir nokta baskı çeşitliliğinin belirlenen zaman içerisinde çok değişmemesidir. Deşarj sınırları dinamik bir süreç olup, izleme çalışmaları neticesinde 3-4 senede bir tekrar gözden geçirilerek şartlara göre revize edilmesi gerekmektedir.

7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasıyla, Marmara Denizi kıyı alanları SÇD'ye göre bütüncül bir yaklaşımla ele alınmış olup, Ülkemiz açısından genel olarak birbirinden bağımsız yapılan araştırmalara nazaran bir üstünlük sağlaması hedeflenmiştir. SÇD'de belirtilen iyi kimyasal ve iyi ekolojik durum, kıyı karakteristiklerinin belirlenmesi ve kıyı sınıflandırması açısından yapılan ilk uygulama niteliğini taşımaktadır. Bunun yanı sıra; SÇD'ye bağlı olarak pilot bölge seçilen İzmit Körfezi özelinde deşarj kriterleri belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda, SÇD'nin de öngördüğü alıcı ortam durumunun ve ELD'lerin birlikte ele alınarak deşarj kriterlerinin belirlenmesi açısından örnek teşkil etmektedir. Tez çalışması kapsamında elde edilen sonuçlar ve öneriler aşağıda verilmiştir:

- Tez kapsamında Marmara Denizi'nde yapılan bilimsel çalışmaların envanter analizi sonuçlarına göre, Marmara Denizi'ndeki izleme istasyonlarının devamlılığının olmadığı, özellikle proje bazlı izleme istasyon yeri ve istasyon kodlarının yıllar içerisinde sürekli değiştiği belirlenmiştir. Bu nedenle, zaman serisi istasyonlarının oluşturulmasında sıkıntılar yaşandığı saptanmıştır.
- Marmara Denizi'nde izleme istasyonlarının büyük bir bölümü kıyı ve geçiş sularının izlenmesi şeklinde dizayn edilmiştir. SÇD'ye uyum kapsamında kıyı alanlarının izlenmesinin yanı sıra açık deniz istasyonlarının da izlenmesi önemlidir. Açık deniz istasyonlarının izlenmesinin bir diğer önemi de DSÇD gibi diğer AB direktiflerine uyum açısından önem arz etmesidir.
- Marmara Denizi'ndeki istasyon niteliğine bakıldığında genellikle aylık/mevsimlik istasyonların varlığı göze çarpmakta olup, zaman serisi istasyonlarının artırılması gerektiği tespit edilmiştir. Özellikle referans koşulların belirlenmesi açısından zaman serisi istasyonları önem arz etmektedir. Ayrıca mevsimsel döngülerin tanımlanması, baskılar ve etkilerin belirlenmesi ve değerlendirme çalışmalarının daha sağlıklı yapılabilmesi açısından da önemlidir.
- Zaman serisi istasyonları farklı ölçekte ve farklı amaçlar için kullanılmaktadır. Mevsimsel döngülerin tanımlanması, baskı-etkilerin belirlenmesi, değerlendirme çalışmalarının desteklenmesi bu amaçların başında gelmektedir. Bu kapsamda,

Marmara Denizi'nde zaman serisi istasyonlarının arttırılması gerekliliği tespit edilmiştir.

- Marmara Denizi istasyonları incelendiğinde izlemelerin genellikle geçiş, kıyı ve deniz suyu izleme etkinlikleri “operasyonel” ve “düzenli” olmak üzere iki ayrı klasmanda gerçekleşmektedir. Operasyonel izleme etkinlikleri genel olarak atık ve deşarjla ilişkili faaliyet sahibi tarafından gerçekleştirilmektedir. Operasyonel olarak nitelendirilen sabit istasyonların oluşturulmasının yanı sıra gerekli ve şüphe uyandıran durumlarda “incelemeye yönelik izleme” istasyonlarının da dahil edilmesi gerekmektedir.

- SÇD kapsamında, Marmara Denizi'nde yapılan izleme ağının (zaman serisi istasyonları hariç) yeterli olduğu gözükmeyle birlikte, izleme sıklıklarının arttırılması gerekmektedir. Bu noktada ulusal deniz izleme çalışmaları sürecine yerel belediyeleri dahil etmek gerekmektedir. Böylece, izlemelerin daha hızlı ve daha düşük maliyetle yapılabilmesi mümkün olacaktır.

- Tez çalışması kapsamında Marmara Denizi ekolojik durumunun ortaya konabilmesi ve idari açıdan daha kolay yönetilebilmesinin sağlanması açısından su kütlesi birimlerine (SYB) bölünmüştür. Buna göre Marmara Denizi 22 adet su kütlesine ayrılmıştır.

- SYB'lerin belirlenmesi dinamik ve iteratif bir süreçtir. Su kütlelerinin doğru olarak belirlenmesi çevresel hedefler ve izleme planlarının oluşturulması açısından çok önemlidir. Değişen baskılar ve durumlara göre SYB sınırları değiştirilebilir. Bu nedenle, sürecin 3-4 yılda bir gözden geçirilmesi gerekmektedir.

- SÇD sadece kıyısal alanlara odaklanmayıp havzadan gelen kirleticileri de dikkate alan bütüncül bir yönetim yaklaşımı getirmiştir. Marmara Denizi'nin Susurluk ve Marmara Havzası sınırları içerisinde kalmasından dolayı söz konusu havzalardan kaynaklı kara kökenli kirleticiler tez çalışmasında incelenmiştir. İki havzanın toplam nüfusu Türkiye'nin %23'ünü oluşturmaktadır. Özellikle havza içerisinde nüfusun yüksek ve endüstrinin yoğun olduğu İstanbul, Kocaeli ve Bursa illeri bulunmaktadır. Söz konusu illerden Bursa şehir merkezi kıyı çizgisinden yaklaşık 20 km uzaklıkta konumlanmıştır. Ancak, Nilüfer Çayı aracılığıyla şehrin kentsel ve endüstriyel atıksuları Susurluk Nehri'ne bağlanarak Marmara Denizi'ne dökülmektedir.

- Marmara Denizi'nin kuzey şelfi nüfus ve sanayi tesisleri baskısı altında iken güney şelfinde yayılı kaynak etkisinin daha baskın olduğu görülmektedir. Örneğin, Marmara Denizi'ne dökülen Susurluk, Biga ve Gönen Nehirleri güney şelfinde yer almaktadır.
- Tez çalışması kapsamında, alıcı ortama deşarj edilen kentsel ve endüstriyel tesislerden kaynaklı kirlilik yükleri atıksuların mevcut arıtma durumlarına göre hesaplanmıştır. Marmara Denizi'nde AAT'ler açısından en büyük sorun, nüfusu 14.160.467 kişiye varan İstanbul İli'ndeki birçok ilçenin atıksularını ön arıtma sonrasında DDD ile uzaklaştırmasıdır. Bu kapsamda, İstanbul İli 586.997 ton KOİ/yıl, 44.835 ton TN/yıl ve 6.783 ton TP/yıl gibi ciddi boyutta kirlilik yüklerini denize deşarj etmektedir. 2009 yılında yayınlanan "KAAY Hassas ve Az Hassas Su Alanları Tebliği" kapsamında da hassas alan statüsünde olan ilin ivedilikle AAT teknolojisinin ileri arıtmaya geçirilmesi gerekmektedir. KKK'lara ve baskı-etki çalışmasına göre yüksek baskı altında olduğu belirlenen İstanbul İli su kütlesi olan M_13 SÇD kapsamında değerlendirildiğinde iyi ekolojik statü olarak belirlenmiştir. Bu durum, kirlilik çalışmasına göre ters düşmekte gibi gözükse de İstanbul Boğazı'ndaki yüksek akıntının hızlı ve buna bağlı olarak düşük su kalış süresinin olmasından kaynaklanmaktadır.
- İzmit, Gemlik, Erdek ve Bandırma Körfezleri AAT'ler açısından incelendiğinde ön arıtmaya sahip DDD ya da azot giderimine dayalı AAT'lere sahip olduğu belirlenmiştir. Söz konusu illerin de AAT teknolojilerinin değiştirilmesi gerekmektedir.
- Bu tez çalışmasında Marmara Denizi 22 adet su kütlesine ayrılmış olup, CORINE sistemi ve ötrofikasyon riskine dayalı olan LUSI (Land Uses Simplified Index) ve bu indeksin modifiye edilmiş hali LUSIVaI metodu ile baskı-etki analizi 18 adet SYB'de yapılabilmektedir. Çalışma sonucunda Klo-a ile LUSI arasında ilişki gözlenememiş ($R^2=0,14$; $p<0,067$) olup, LUSIVaI ile Klo-a arasında güçlü doğrusal bir ilişki gözlenmiştir ($R^2=0,54$; $p<0,0004$). LUSIVaI indeksi sonuçlarının tüm Marmara Denizi için daha uygun olduğu tespit edilmiştir.
- Su kütlelerinde hesaplanan LUSIVaI değerleri ile Klo-a arasında güçlü bir ilişkinin tespit edilmiş olması bu değerlere bakılarak baskılar üzerine hızlı ve güvenilir önerilerin hazırlanması açısından önemlidir. Ayrıca, potansiyel risk teşkil eden alanların belirlenmesi, izleme stratejilerinin oluşturulmasında yol

göstermesi ve referans alanların seçimi ve takibi bakımından da önemlidir. Tez çalışmasının devamında LUSIVaI metodolojisi güncel CORINE verisiyle tekrarlanmalı ve hem Klo-a ile hem de diğer BKE ilişkileri (Makro Alg, Bentik indeksler vb.) çalışılmalıdır.

- Tez kapsamında yapılan baskı-etki çalışması, Marmara Denizi su kütlelerinin üzerindeki baskıların hızlı, basit ve maliyetçe etkili (cost-effective) yöntem olan LUSIVaI index metoduyla doğru olarak tespit edilebileceğini ortaya koyan ilk çalışmadır. LUSIVaI skorunun 2 ya da daha düşük olduğu su kütleleri baskıların olmadığı alanlar olarak değerlendirilmektedir. Söz konusu alanların biyolojik elementler için referans alan olarak seçilmesi muhtemeldir. Ayrıca, indeks metodolojisinin tekrarlanabilir olması açısından karar destek sistemlerine kolaylıkla adapte edilebilir olup, karar vericilerin kolaylıkla kullanılabileceği bir araçtır.

- Marmara Denizi kıyısal alanlarında BÖDSK'lerin olup olmadığının belirlenmesi tez çalışması kapsamında yapılmıştır. Bu çalışmadaki en büyük kısıt eski tarihli kıyı çizgisi ile güncel kıyı çizgisi verisine ulaşamamasıdır. Bu nedenle, farklı bir metodolojik yol izlenmiştir. 1970'li yıllarda üretilen topoğrafik haritalar ile 2010 yılına ait hava fotoğrafları karşılaştırılarak değiştirilmiş su kütleleri belirlenmesine çalışılmıştır. Çalışma sonucunda, Marmara Denizi'nde 12 adet doldurulmuş alan tespit edilmiş olup, bunlar 6 adet SYB sınırı içerisinde kalmaktadır. Söz konusu alanların su kütlelerindeki büyüklükleri incelendiğinde, hiç bir su kütlelerinin BÖDSK niteliği taşımadığı tespit edilmiştir. Ancak, dolgu alanlarının bu kütlelerden ayrılarak, BÖDSK olarak ayrı birer su kütlesi halinde tanımlanmaları mümkündür. Bu uygulama idari olarak alınacak bir karar olup, havza bütününde irdelenmesi gereken bir husus olduğu düşünülmektedir.

- BÖDSK çalışması, 2010 yılına kadar yapılmış olup bu tarihten sonra yapılan büyük dolgu çalışmalarını kapsamamaktadır. Örneğin İstanbul Maltepe ve Yenikapı'da 2013-2014 yılları arasında tamamlanan dolgu alanları yansıtılamamıştır. Söz konusu çalışma güncel kıyı çizgileri ya da yüksek çözünürlüklü hava fotoğrafları alınarak tekrarlanmalıdır.

- Marmara Denizi ekolojik statü değerlendirmelerine göre su kütlelerinin büyük kısmının orta kalitede olduğu belirlenmiştir. Su kalitesi açısından en kötü durumun İzmit İç Körfezi'nde (SYB No M_16) olduğu tespit edilmiştir. Zayıf su

kalitesinde ise Bandırma Körfezi (SYB No M_4) ve İzmit Dış Körfezi (SYB No M_17) saptanmış olup, söz konusu su kütlelerinde ekolojik statünün düzeltilebilmesi için hızlı önlemlerin alınması gerekmektedir.

- Marmara Denizi'nde ekolojik durumun belirlenemediği su kütleleri mevcuttur. Bunlar, SYB No 7-8-12-14-15-20-21 ve 22 olmak üzere 8 adettir. Söz konusu çalışma izleme stratejileri oluşturulurken istasyon noktalarının doğru, kapsayıcı ve ihtiyaca göre belirlenmiş olması gerekliliğini bir kez daha göstermiştir.

- Su kalitesi açısından en kötü durumun İzmit İç Körfezi'nde (SYB No M_16) olduğu tespit edilmiştir. Söz konusu su kütlelerinde ekolojik statü'nün düzeltilebilmesi için önlemlerin hızla alınması gerekliliği saptanmıştır. Bu çerçevede, Marmara Denizi'nde veri bütünlüğü ve sıklığının en iyi olduğu İzmit Körfezi pilot bölge olarak seçilmiş ve ötrofikasyonun önemli iki unsuru olan TP ve ÇIN parametrelerinin deşarj kriterlerinin belirlenmesi çalışması yapılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda, İzmit İç Körfezi için TP deşarj sınır değeri 0,91 μM ve ÇIN deşarj sınır değeri ise 7,4 μM olarak belirlenmiştir. İzmit Dış Körfezi için ise TP deşarj sınır değeri 0,72 μM ve ÇIN deşarj sınır değeri ise 5,92 μM olarak tespit edilmiştir.

- İzmit Körfezi üzerindeki baskılar ve izleme sonuçları değerlendirildiğinde İç Körfez değerlerinin Dış Körfez değerlerinden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle, belirlenen sınır değerler İç Körfez için biraz daha yüksek tutulmuştur. Buna rağmen, noktasal kaynakların deşarjları istenilen sınırlara çekilse dahi yayılı kaynaklardan gelen kirlilikler azaltılmadığı sürece Körfez'deki su kalitesinin düzelmesinin uzun zaman alacağı tespit edilmiştir. Bu nedenle, Körfez'e dökülen dereler üzerindeki kirletici unsurların azaltılması gerekmektedir.

- İzmit Körfezi gibi kıyı kullanımlarının çok çeşitli olduğu ve birçok baskı gruplarının mevcut olduğu yerlerde deşarj sınırları alıcı ortam özelliklerine göre belirlense de istenilen deşarj sınır değerlere ulaşılması zor olabilmektedir. Bu gibi su değişim kapasitesinin düşük olduğu yerlerde deşarj sınırları kademeli olarak aşağıya çekilmelidir. Bu kapsamda 2008-2013 yılları arasındaki ortalama sınır değerler deşarj kriterleri olarak belirlenebilir ve öngörülen zaman diliminde deşarj kriterleri tez çalışması kapsamında belirlenen değerlere indirgenebilir. Önemli diğer bir nokta ise baskı çeşitliliğinin belirlenen zaman içerisinde çok değişmemesidir. Deşarj sınırlarının belirlenmesi dinamik bir süreç olup, izleme

alışmaları neticesinde 3-4 senede bir tekrar gözden geçirilerek şartlara göre revize edilmesi gerekmektedir.

- Deşarj kriterlerinin belirlenmesi çalışması istatistiksel yöntem olarak uygulanmıştır. Söz konusu alışma TMDL yöntemiyle veya model çalışmalarıyla da belirlenerek karşılaştırılıp belirlenen deşarj kriterlerinin karşılıklı doğrulaması ileriki çalışmalarda yapılabilir. Ancak, bundan sonra yapılacak olan çalışmalarda baskı-etki ve KKK durumunun tekrar gözden geçirilmesi gerekmektedir.

- Deşarj kriterleri TP ve ÇİN parametleri kapsamında belirlenmiş olup, ağır metaller ya da organik kirleticiler parametreleri seçilerek deşarj kriterleri belirleme çalışması yapılması önemlidir.

- Deşarj kriterleri belirlenirken MET göz önünde bulundurulmalıdır. Ayrıca numerik kriterlerin yanı sıra sözel kriterler getirilmelidir. Tez kapsamında İzmit Körfezi pilot bölgesi için iki adet sözel kriter önerilmiştir: (i) Karar vericiler gerekli gördüğü durumlarda deşarj sınırlarının arttırabilir ya da deşarjları belirli süre durdurulabilir (ii) Körfez'in belirlenen alanlarında genel deşarj sınırları daha gevşetilebilir / sıkılabilir.

KAYNAKLAR

- Altıok H., Aslan A., Övez S., Demirel N., Yüksek A., Kıratlı N., Taş S., Müftüoğlu A.E., Sur H.İ., Okuş E. (2014). “Influence of the extreme conditions on the water quality and material exchange flux in the Strait of Istanbul”, *Journal of Marine Systems*, 139, 204-206
- Atabay H., Ediger D., Hüsrevoğlu S., Polat B. Ç., Tan İ., Tüfekçi V., (2011), “İzmit Körfezi su kalitesinin ve karasal girdilerin izlenmesi ve kirliliğin önlenmesine yönelik önerilerin geliştirilmesi (İKİZ)”, Rapor No: 5118601, TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi, Gebze, Kocaeli.
- Atmış E., Özden S., Lise W., (2007), “Urbanization pressures on the natural forests in Turkey: An overview”, *Urban Forestry & Urban Greening*, 6, 83–92.
- Ayaz S., Atasoy E., Fındık N., Gürsoy H., Tan İ., Sarı D., Güler N., Dikerler T., Şenduran C., Metin E., Tosun C., Kuzyaka E., Binici S., (2010), “Havza koruma eylem planlarının hazırlanması projesi (HKEP) raporu”, Rapor No: 5108605, TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi, Gebze, Kocaeli.
- Balkıs N., (2003), “The effect of Marmara (Izmit) Earthquake on the chemical oceanography of Izmit Bay, Turkey”, *Marine Pollution Bulletin*, 46, 865–878.
- Beken P.Ç., Tan İ., Ediger D., Tutak B., Yüksek A., Tuğrul S., Tolun L., Olgun A., Tüfekçi V., (2013), “Deniz ve kıyı suları kalite durumlarının belirlenmesi ve sınıflandırılması projesi (DEKOS) raporu”, Rapor No: 5138703, TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü, Gebze, Kocaeli.
- Benedetti L., (2006), “Probabilistic design and upgrade of wastewater treatment plants in the EU Water Framework Directive context”, *Doctoral Thesis*, Ghent University.
- Beşiktepe Ş.T., Sur H.İ., Özsoy E., Latif M.A., Oğuz T., Ünlüata Ü.,(1994), “The Circulation and Hydrography of the Marmara Sea”, *Progress in Oceanography*, 34, 285-334.
- Borja A., Galparsoro I., Solaun O., Muxika I., Tello E. M., Uriarte A., Valencia V., (2006), “The European Water Framework Directive and the DPSIR, a methodological approach to assess the risk of failing to achieve good ecological status”, *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 66 , 84-96
- Burak S., Doğan E., Gazioğlu C., (2004), “Impact of urbanization and tourism on coastal environment”, *Ocean and Coastal Management* 47,515–527.

BSBD, (2007), “Evaluation of the impact from land-based activities on the marine & coastal environment, Ecosystems & Biodiversity in Bulgaria (BSBD)” Report No: 03/0776/AL, ARCADIS ECOLAS.

Chinniah K., (2006), “Standards And guidelines for municipal waterworks, wastewater and storm drainage systems plan”, Kanada.

De Toffol S., Achleitner S., Engelhard C. and Rauch W, (2005), “Challenges in the implementation of the Water Framework Directive: The case study of the alpine river Drau in Austria”, Water Science and Technology, 52 (9), 243-250.

EA, (2011), Basic surface water discharges report, Technical Report: GEHO0810BSXL, Environment Agency, England.

EA RBMP, (2009), “Environment Agency River Basin Management Plan, Anglian River Basin District Annex G: Pressures and Risks to Waters”, Technical Report: LIT 10311, Environment Agency, England.

EC, (2003a), “Analysis of pressures and impacts (IMPRESS)”, Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC) Guidance Document No 3, Luxembourg, Office for Official publications of the European Communities.

EC, (2003b), “Identification and designation of heavily modified and artificial water bodies (HMWB)”, Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC). Guidance Document No 4, Luxembourg, Office for Official publications of the European Communities.

EC, (2003c), “Transitional and coastal waters – typology, reference conditions and classification systems (COAST)”, Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC). Guidance Document No 5, Luxembourg, Office for Official publications of the European Communities.

EC, (2003d), “Overall approach to the classification of ecological status and ecological potential produced”, Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC). Guidance Document No 13, Luxembourg, Office for Official publications of the European Communities.

EC, (2007), “Ecological quality ratios for ecological quality assessment in inland and marine waters”, Technical Report: EUR 22722 EN, Luxembourg, Office for Official Publications of the European Communities.

EC/JRC-IES, (2009), “Water Framework Directive intercalibration technical report Part 3: coastal and transitional waters”, Technical Report: EUR 23838 EN/3, Luxembourg, Office for Official publications of the European Communities.

EPA, (1972), Water Clean Act, No: 33 U.S.C. 1251 et seq., United States Environmental Protection Agency.

EPA, (2001), “Nutrient criteria technical guidance manual, estuarine and coastal marine waters”, Technical Report No: 822-B-01-003, United States Environmental Protection Agency.

Flo E, Camp J., Garcés E., (2011), “Assessment Pressure methodology, Land Uses Simplified Index (LUSI), BQE Phytoplankton”; Work document, Spain, Catalonia.

Frost P.C., Kinsman L.E., Johnston C.A., Larson J.H., (2009), “Watershed discharge modulates relationships between landscape components and nutrient ratios in stream seston”, *Ecology* (Ecological Society of America), 90, 1631-1640.

Gardi C., Bosco C., Rusco E., Montanerella L, (2010), “An analysis of the land use sustainability index (LUSI) at the territorial scale based on corine land cover”, *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 21 (5), 680-694.

Giovanardi F., Richard A. V., (2004), “Tropic conditions of marine coastal waters: experience in applying the Trophic Index TRIX to two areas of the Adriatic and Tyrrhenian seas”, *Journal of Limnology*, 63, 2

Griffiths M., (2002), *The European Water Framework Directive: an approach to integrated river basin management*. European Water Management Online.

IPPC, (1996), *Pollution Prevention and Control Directive*, No: IPPC, 96/61/EC), European Parliament and of the Council.

Islam M.S., Tanaka M., (2004), “Impacts of pollution on coastal and marine ecosystem including coastal and marine fisheries and approach for management: a review and the synthesis”, *Marine Pollution Bulletin*, 48, 624-629.

Kallis G., Butler D., (2001), “The EU water framework directive: measures and implications”, *Water Policy* 3, 125-142.

Kristensen P., (2004), “The DPSIR Framework, Workshop on a comprehensive / detailed assessment of the vulnerability of water resources to environmental change in Africa using river basin approach”, UNEP Headquarters, Nairobi, Kenya Symposium.

Küçükali U.F, (2013), “Basin-scale ecological risk assessment methodology, example of Nilufer creek and its subbasins”, *Journal of International Scientific Publications: Ecology& Safety*, 7 (3), 1313-2563.

Lopez y R., Cecilia S., Pergent G., Casazza G., (2009), “Assessing human-induced pressures on coastal areas with publicly available data”, *Journal of Environmental Management*, 90, 1494–1501.

MED-GIG Phytoplankton, (2011), *Test of LUSI index (eutrophication) on French data transmitted for the Phytoplankton GIG-MED Second Round intercalibration exercise*.

MED-GIG, (2014), Water Framework Directive 2nd Intercalibration Phase 2: Milestone 5 report.

MWWE, (2005), “Environmental risk-based approaches for managing municipal wastewater effluent report”, Report No: 2114, Canadian Council of Ministers of the Environment Winnipeg, MB, Kanada.

Nincevic-Gladan Z., Buzancici M., Kuspilic G., Grbec B., Matijevic S., Skejic S., Marasovic I., Morovic M., (2015), “The response of phytoplankton community to anthropogenic pressure gradient in the coastal waters of the eastern Adriatic Sea”, Ecological Indicator, 56, 106-115.

Polat S.Ç., Tuğrul S., (1995), “Nutrient and organic carbon exchanges between the Black and Marmara Seas through the Bosphorus Strait”, Continental Shelf Research, 15, 1115-1132

Qasim S. R., (1988), Wastewater treatment plants: Planing, Design and Operation, CRC Press.

Regelsberger M., Baban A., Bouselmi L., Shafy H. A. ve El Hamouri, B., (2007), “Zer0-M, sustainable concepts towards a zero outflow municipality”, Desalination, 215, 64-72.

ResGaz 1, (2004), Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 31 Aralık 2004 tarih ve 25687 sayılı Resmi Gazete.

ResGaz 2, (2006), Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği, 8 Ocak 2006 tarih ve 26047 sayılı Resmi Gazete.

ResGaz 3, (2006), Yüzme Suyu Kalitesi Yönetmeliği, 9 Ocak 2006 tarih ve 26048 sayılı Resmi Gazete.

ResGaz 4, (2009), Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği Hassas ve Az Hassas Su Alanları Tebliği, 27 Haziran 2009 tarih ve 27271 sayılı Resmi Gazete.

ResGaz 5, (2009), Derin Deniz Deşarjı İzleme Genelgesi, 30 Temmuz 2009 tarih ve 2009/16 sayılı genelge.

ResGaz 6, (2010), Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği, 20 Mart 2010 tarih ve 27527 sayılı Resmi Gazete.

RezGaz 7, Tehlikeli Maddelerin Su ve Çevresinde Neden Olduğu Kirliliğin Kontrolü Yönetmeliği, , 30 Mart 2010 tarih ve 27537 sayılı Resmi Gazete.

ResGaz 8, (2011), Tekstil Sektöründe Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrolü Tebliği, 14 Aralık 2011 tarih ve 28142 sayılı Resmi Gazete.

Romero I., Paches M., Martinez-Guijarro R., Ferrer J., (2013), “Glophymed: An index to establish the ecological status for the Water Framework Directive based on phytoplankton in coastal waters”, Marine Pollution Bulletin, 75, 218-223.

Sönmez, M.R., (1993), “Kıyı planlaması için yeni yaklaşım önerileri”, Bayındırlık İskan Bakanlığı, Kıyı Semineri, Trabzon.

Sur H.İ., Güven K.C., Okuş E., Algan O, Gazioğlu C., Yüksek A., Altıok H., Balkis N., Taş S., Aslan-Yılmaz A., Yılmaz N., Müftüoğlu E., Karhan Ü., Aksu A., Demirel N., Cumali S., Özcan F., Özsoylu B., Kirci Elmas E., (2006),. “Sampling programme at the Sea of Marmara of behalf of MEMPIS Project”. Final Report, Report No: TA 2004/S 99-078408 (TR/2004/01), İstanbul Üniversitesi.

Tolun L., Morkoç E., Tüfekçi V., Telli Karakoç F., Okay O.S., Karakaş D., Tüfekçi H., Olgun A., (2002), “Kıyı sularında doğal olayların ve karasal girdilerin etkileri: özel çalışma alanı olarak İzmit Körfezi ve Dilderesi”, Rapor no: 5017509, TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü.

TUIK, (2008), İlçelere göre kanalizasyon hizmet yüzde verileri, Türkiye İstatistik Kurumu.

TUIK, (2013) İl ve İlçelere göre nüfus dağılımları, Türkiye İstatistik Kurumu.

Tuncay U., (2005), “AB Çevre Müzakerelerinde Türkiye”, Rapor No: R200602, Türkiye Ekonomi Politikaları Araştırma Enstitüsü.

Tutak B., Beken P. Ç, Ediger D., Hüsrevoğlu S., Atabay H., Tan İ., Tolun L., Tüfekçi V., Avaz G., (2011), “Marmara Denizi ve Boğazlarda Bütünleşik Kirlilik İzleme Çalışması (BKİP)”, Rapor No: 5118707, TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi, Gebze, Kocaeli .

UKTAG, (2003), “Guidance on typology for coastal & transitional waters of the UK and Republic of Ireland”, UK Technical Advisory Group on the Water Framework Directive Report, England.

UKTAG, (2007), “Recommendations on surface water classification schemes for the purposes of the Water Framework Directive”, UK Technical Advisory Group on the Water Framework Directive Report; England.

UNEP MAP, (2004a), “Training course for the preparation of Sectoral Plans and National Action Plans in the framework of the strategic Action Programme (SAP), Pre-session documents”, Report No: UNEP(DEC)/MED/GEF WG. 245/3-7, İzmit, Turkey.

Ünlüata Ü., Oğuz T., Latif M. A., Özsoy E., (1990), “On the physical oceanography of the Turkish Straits”, In: Pratt, L.J. (Ed.), The Physical Oceanography Of Sea Straits, Kluwer Academic Publishers, 25-60.

Vinceviciene V., (2007), “Wastewater regulation, in wastewater quality monitoring and treatment” , John Wiley & Sons, Ltd, Chichester, UK. doi: 10.1002/9780470058725.

Web 1, (2015), <http://www.eea.europa.eu/publications/COR0-landcover>, (Erişim Tarihi: 22/04/2015).

Web 2, (2016), <http://www.csb.gov.tr/db/ced/editordosya>, (Erişim Tarihi: 20/02/2016).

Web 3, (2016), <http://www.csb.gov.tr/db/ced/editordosya>, (Erişim Tarihi: 25/02/2016).

Web 4, (2016), <http://www.bmub.bund.de/fileadmin/bmu-import/files/pdfs>, (Erişim Tarihi: 04/04/2016).

Web 5, (2016), <http://www.kriterdergi.com>, (Erişim Tarihi: 08/04/2016)

WFD, (2000), Water Framework Directive (Su ereve Direktifi) (2000/60/EC), Office for Official publications of the European Communities.

WHO Regional Office for Europe & European Commission, (2002), Eutrophication and Health.

Wijk ir. F.J. van, drs. Haye M.A.A. de la , Hehenkamp ir. M.J. , Velde drs. I.A. v.d. , Bruin ir. E.F.L.M. de,Schelleman ir. F.J.M. , (2003), “Implamentation Handbook”, Grontmij Advies & Techniek bv Vestiging Utrecht Houten, December.

ÖZGEÇMİŞ

1983 yılında Mardin, Merkez’de doğan İbrahim TAN ilk, orta ve lise öğrenimini Kocaeli’de tamamladı. 2006 yılında Mersin Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü’nde lisans eğitimini bitirdi. 2006 yılında Gebze Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı’nda yüksek lisans eğitimine başladı. 2008 yılında TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü’nde Araştırmacı olarak göreve başladı. Yine 2008 yılında yüksek lisansını tamamladı ve Gebze Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı’nda doktora programına başladı ve halen akademik çalışmalarına devam etmektedir.

EKLER

Ek A: Tez Çalışması Kapsamında Yapılan Yayınlar

Tan İ., BEKEN P. Ç., ÖNCEL S., (2017), “Pressure-impact analysis of the coastal waters of marmara sea”, Fresenius Environmental Bulletin, Articles in Press.

Ek B: Açıklamalar

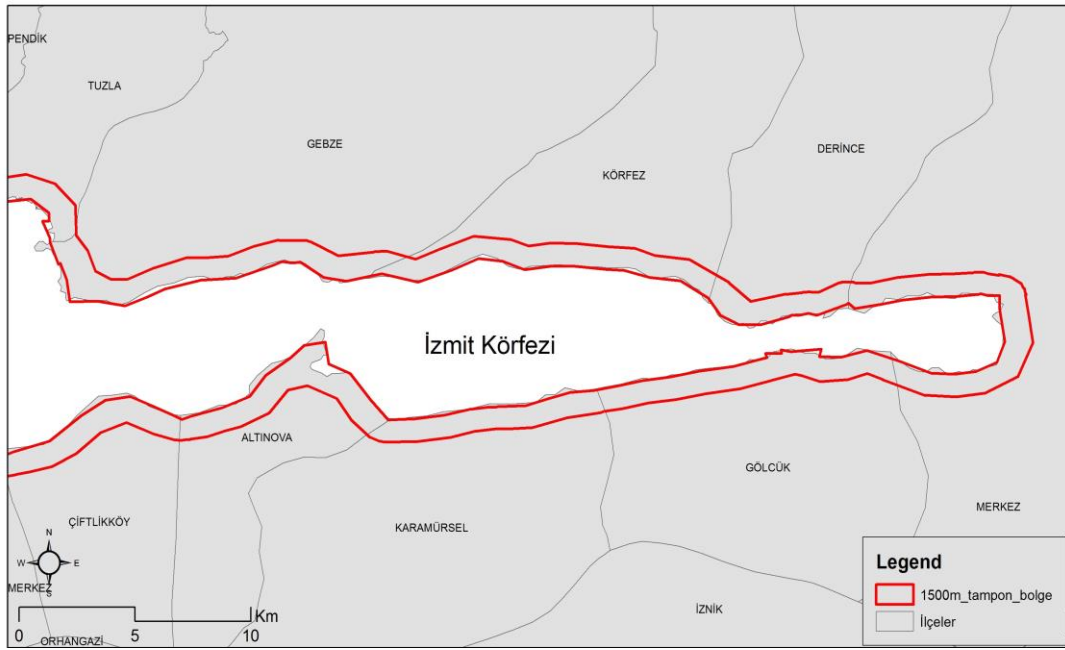
• İzmit Körfezi LUSI/LUSIVel İndeksi Örnek Çalışması

LUSI/LUSIVel indeksi, İspanya tarafından insan kaynaklı baskıların kıyısız alanlardaki ötrofikasyona olan etkisini belirlemek amacıyla geliştirilen bir metottur.

“Arazi Sınıflandırma Sistemi”ni (Coordination of Information on the Environment - CORINE) temel almakta olup, kentsel, endüstriyel, tarımsal (sadece sulanan alanlar) ve nehir etkilerini dikkate alarak kıyı alanlarındaki baskıların belirlenmesini sağlamaktadır.

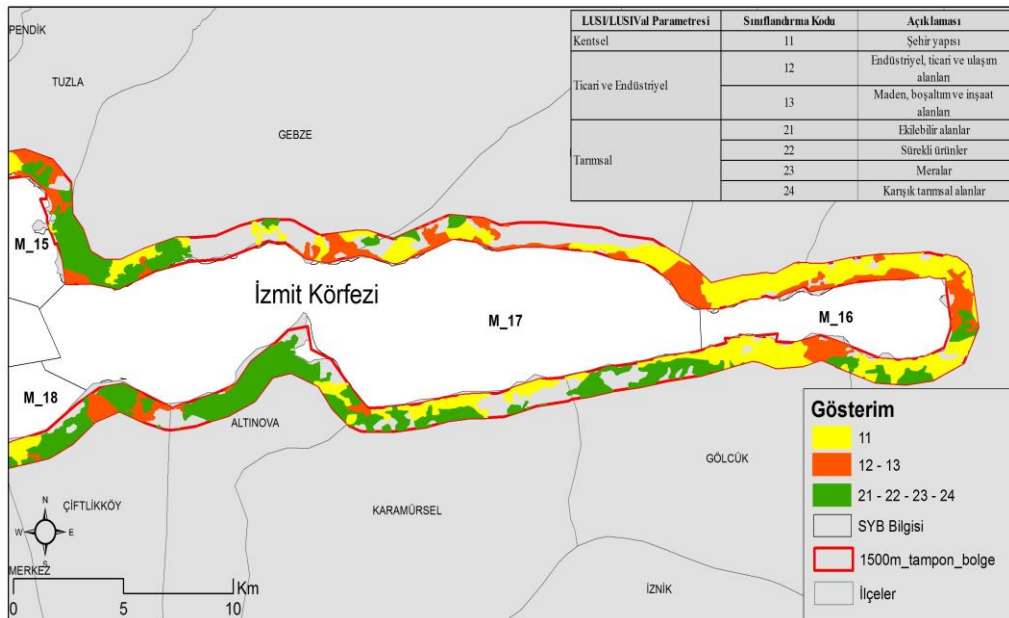
Baskıların su ortamında oluşturduğu etkiyi değerlendirebilmek için su tipine göre hesaplanan LUSI/LUSIVel skoruna karşılık gelen ve aynı alanı temsil eden BKE arasındaki korelasyona bakılmaktadır. LUSI/LUSIVel indeksi uygulama basamaklarını içeren İzmit Körfezi örnek çalışması aşağıda açıklanmıştır.

Alanın tanımlanması ve tampon bölgenin oluşturulması (Şekil B1.1). Oluşturulmak istenen tampon bölge kıyı çizgisi gerisinden 1500 m ile 3000 m arasında bir uzaklığında olarak seçilebilmekte olup; 1500 m uzaklık uygundur. Ayrıca çalışmanın hassasiyeti açısından CBS araçları kullanılarak yapılması önerilir.



Şekil B1.1: Alanın tanımlanması ve tampon bölge oluşturulması.

CBS aracı kullanılarak CORINE verisi tampon bölge ile çakıştırılmalıdır. Çakıştırılma işlemi sonrasında CORINE verisinden elde edilen kentsel, endüstriyel ve tarımsal alanlar su kütlesi bazlı olarak kesilmeli ve işlenmelidir (Şekil B1.2).



Şekil B1.2: CORINE verisi işlenmesi ve tampon bölge ile çakıştırılması.

CORINE verisi ile su kütlelerinin karşılaştırılması sonucu hesaplanan kentsel, endüstriyel ve tarımsal alanların su kütlesindeki alansal yüzdesi hesaplanmalıdır. Hesaplanan alanlar Tablo B1.1’e göre puanlanmaktadır.

Tablo B.1.1: Baskıların oransal ağırlıklarına göre aldıkları puanlar.

Kentsel (%)	Tarımsal (%)	Endüstriyel (%)	Puan
< 10	< 10	< 10	0
10 - 33	10 - 40	10 - 30	1
33 - 66	40 - 60	≥ 30	2
≥ 66	≥ 60		3

CBS aracı ya da Google Earth aracılığı ile kıyı morfolojisi (iç bükey, dış bükey ve düz) tanımlanmalıdır. Kıyı morfolojisi, su kalış süresini etkilemektedir ve indeks hesabını düzeltme faktörü olarak etkilemektedir. Kıyı morfolojisine göre aldıkları düzeltme faktörü katsayıları Tablo B.1.2’de verilmektedir.

Tablo B.1.2: Kıyısal alanların yapısına göre düzeltme faktörü.

Kıyı Morfolojisi	Düzeltilme Faktörü
İç Bükey	1,25
Dış Bükey	0,75
Düz	1,00

Kentsel, endüstriyel ve tarımsal alanların Tablo B1.1 kullanılarak puanlanıp, düzeltme faktörü de Tablo B1.2 göz önünde bulundurularak denklem 5.1’e göre LUSI skoru hesaplanmaktadır.

$$\text{LUSI Skoru} = (\text{Kentsel Puan} + \text{Tarımsal Puan} + \text{Endüstriyel Puan}) * \text{Düzeltilme Faktörü} \quad (5.1)$$

LUSIVal metodu, LUSI değerlendirmesinin modifiye edilmiş biçimidir. LUSI indeksinden farklı olarak “diğer baskıları” da dikkate almaktadır (bkz 5.2).

$$\text{LUSIVa1 Skoru} = (\text{Kentsel Puan} + \text{Tarımsal Puan} + \text{Endüstriyel Puan} + \text{Diğer Baskılar}) * \text{Düzeltilme Faktörü} \quad (5.2)$$

Diğer baskıların ele alınması Tablo B1.3’de anlatılmıştır. Söz konusu diğer baskılar kapsamında LUSI skoruna en fazla 3 puan eklenebilir.

Tablo B1.3:Diğer faktörler ve indeks metoduna olan etkisi.

Diğer Baskılar	Açıklama	Etki
Nehir Etkisi	SYB içerisinde büyük nehirler ve su kalitesi orta / kötü olan nehirlerin varlığı	LUSI skoruna 1 Puan eklenir.
Körfez , Liman vb.	SYB Körfez içerisinde kalması ya da büyük limanlar SYB içerisindeki varlığı	LUSI skoruna 1 Puan eklenir.
Su kalitesinin düşük ya da kötü olduğu bilinen/tahmin edilen yerlerin etkisi	SYB su kalitesi sonuçları, ekolojik statünün düşük / kötü olduğu biliniyorsa ya da su kalitesinin kötü olduğu öngörülüyorsa	LUSI skoruna 1 Puan eklenir.

İzmit Körfezi örnek çalışması sonucunda elde edilen nihai sonuçlar Tablo B1.4’te verilmiştir. Hesaplanan LUSI/LUSIVa1 skoruna karşılık gelen ve aynı alanı temsil eden BKE arasındaki korelasyona bakılmaktadır. Bu çalışmada BKE parametresi olarak Klo-a seçilmiştir ve bu parametre yüzdebirlik istatistiksel yöntem uygulanarak su kütlesini temsil eden tek bir değere indirgenmiştir.

Tablo B1.4: İzmit Körfezi örnek çalışması sonuçları.

Su Kütlesi Kodu	Su Kütlesi İsmi	Arazi Kullanımı (%)			Kıyı Morfolojisi	Diğer Baskılar	LUSI	LUSIVa1	Yüzdebirlik Klo-a
		Kentsel	Tarım	End.					
M_16	İzmit Körfezi - İç	85	13	2	Konkav	3	5	8,75	10,8
M_17	İzmit Körfezi – Orta, Dış	30	51	19	Konkav	2	5	7,5	7,48