

**T.C.
ORMAN VE SU İŞLERİ BAKANLIĞI**

**SU ÇERÇEVE DİREKTİFİNE GÖRE BİYOLOJİK
KALİTE UNSURU:
BENTİK MAKROOMURGASIZ**

- UZMANLIK TEZİ -

HAZIRLAYAN: ASLI BAYRAK ARSLAN

ANKARA – 2015

**T. C.
ORMAN VE SU İŞLERİ BAKANLIĞI**

**SU ÇERÇEVE DİREKTİFİNE GÖRE BİYOLOJİK
KALİTE UNSURU:
BENTİK MAKROOMURGASIZ**

- UZMANLIK TEZİ -

HAZIRLAYAN: ASLI BAYRAK ARSLAN

TEZ DANIŐMANI: PROF. DR. NİLGÜN KAZANCI

ANKARA – 2015

ÖNSÖZ

Uzmanlık tezimi hazırlama sürecinde çalışmalarım konusunda katkı sağlayan tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Nilgün KAZANCI'ya, Daire Başkanım Bilal DİKMEN'e, Şube Müdürüm Hümeysra BAHÇECİ'ye ve bu çalışma sürecinde destekleri ile her anlamda yanımda olan aileme, eşim Lokman ARSLAN'a ve çocuklarım Numan ve Emre'ye sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ağustos 2015

Aslı BAYRAK ARSLAN

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	ii
İÇİNDEKİLER	iii
KISALTMALAR	vii
TABLO LİSTESİ	viii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xii
ÖZET.....	xiii
ABSTRACT	xiv
YÖNETİCİ ÖZETİ.....	xv
1. GİRİŞ.....	1
2. SU ÇERÇEVE DİREKTİFİ VE BİYOLOJİK İZLEME	3
2.1 İzleme Sıklıkları	7
3. BENTİK MAKROOMURGASIZLAR.....	8
3.1. Bentik Makroomurgasızların Çevresel Faktörlere Tepkisi	9
4. BENTİK MAKROOMURGASIZLARIN İZLENMESİ.....	17
4.1. Örnekleme Sıklıkları	18
4.2. Örnekleme Noktalarının Seçimi.....	20
4.3. Makroomurgasız Örnekleme Metodolojisi ve Kullanılan Ekipman	22
4.3.1. Kepçe Ağ.....	25
4.3.1.1. Kepçe Ağ ile Bentik Makroomurgasız Örnekleme Metodları	26
4.3.2. Surber Numune Alıcısı.....	30
4.3.2.1. Surber Numune Alıcı ile Örnekleme.....	31
4.3.3. Kutu Numune Alıcısı	32
4.3.3.1. Kutu Numune Alıcı ile Örnekleme	33
4.3.4. Silindir Numune Alıcısı	34

Sayfa

4.3.4.1. Silindir Numune Alıcı ile Örnekleme	35
4.3.5. Direç	37
4.3.5.1. Direç ile Örnekleme	38
4.3.6. Ekman-Birge Grab	39
4.3.6.1. Ekman-Birge Grab ile Örnekleme	40
4.3.7. Ponar Grab	41
4.3.7.1. Ponar Grab ile Örnekleme.....	42
4.3.8. Van Veen Grab.....	43
4.3.8.1. Van Veen Grab ile Örnekleme	44
4.3.9. Polip Grap	45
4.3.9.1. Polip Grab ile Örnekleme	46
4.3.10. Hava Kaldırmalı Numune Alıcı	47
4.3.10.1. Hava Kaldırmalı Numune Alıcı ile Örnekleme	48
4.3.11. Karot ve Tüp Numune Alıcılar	50
4.3.11.1. Karot ve Tüp Numune Alıcılar ile Örnekleme.....	51
4.3.12. Kolonizasyon (Yapay) Numune Alıcıları	53
4.3.12.1. Kolonizasyon Torbası	53
4.3.12.2. Kolonizasyonu Birimi	54
4.3.12.3. Kolonizasyon Torbası/ Biriminin Kullanımı	54
4.3.13. Oransal Çoklu Habitat Yöntemi ile Örnekleme	56
4.4. Örneklerin İşlenmesi ve Analizi.....	61
4.4.1. Örneklerin İşlenmesi	61
4.4.2. Ayıklama ve Tanımlama	63
4.4.3. Örneklerin Muhafazası	63
5. BİYOLOJİK METRİK VE İNDEKSLER	65

Sayfa

5.1. Avrupa’da Sıklıkla Kullanılan Tatlısu Biyotik (Kirlilik) Bentik Makroomurgasız İndeksleri	68
5.1.1. Saprobi İndeksi	68
5.1.2. Trend Biyotik İndeks	71
5.1.3. Chandler Biyotik Skor İndeksi.....	72
5.1.4 Biyolojik İzleme Çalışma Grubu Biyotik İndeksi	73
5.1.5. Her Taksonun Ortalama Değeri	75
5.1.6. Belçika Biotik İndeks	77
5.1.7 Biyotik İndeks	79
5.1.8 Familya Biotik İndeks	79
5.1.9. Kuzey Carolina Biyotik İndeks.....	80
5.1.10. Hızlı Tahmin Protokolü II.....	81
5.1.11. Biotik Sediment İndeks	81
5.1.12. Genişletilmiş Biyotik İndeks.....	83
5.1.13. IBPAMP (Biotic Index for PAMPeian rivers)	83
5.1.14. Saprobi İndeks (DIN 38410-2014).....	86
5.1.15. Saprobi İndeks (SLA- Sladeczek, 1973).....	86
5.2. Avrupa’da Sıklıkla Kullanılan Tatlısu Çeşitlilik Bentik Makroomurgasız İndeksleri.....	86
5.2.1 Shannon- Weiener İndeksi	87
5.2.2. Ardışık Karşılaştırma İndeksi	88
5.2.3 İnterkalibrasyon Ortak Metrik indeksi	89
5.3. Avrupa’da Sıklıkla Kullanılan Tuzlusu Bentik Makroomurgasız İndeksleri	89
6. İNTERKALİBRASYON ÇALIŞMALARI ve AVRUPA ÜLKELERİ UYGULAMALARI	92

Sayfa

6.1. Göllerde Bentik Makroomurgasız İnterkalibrasyon Çalışmaları	92
6.2. Nehirlerde Bentik Makroomurgasız İnterkalibrasyon Çalışmaları	102
6.3. Kıyı ve Geçiş Suyu İnterkalibrasyon Çalışmaları	109
SONUÇ VE ÖNERİLER.....	114
KAYNAKÇA	117

KISALTMALAR

AB	: Avrupa Birliği
APHA	: American Public Health Associaton/Amerikan Halk Sağlığı Birliği
ASPT	: Her Taksonun Ortalama Değeri
AQEM	: Assessment System for the Ecological Quality of Streams and Rivers
Bİ	: Biyotik İndeks
BBİ	: Belçika Biyotik İndeksi
BMWP	: Biyolojik İzleme Çalışma Grubu Biyotik İndeksi
BSI	:Biotic Sediment Index
CEN	: European Committee for Standardization (Avrupa Standardizasyon Komitesi)
ÇİG	: Coğrafik İnterkalibrasyon Grubu
CIS	: Common Implementation Strategy for the WFD
ÇKS	: Çevresel Kalite Standardı
EBİ	: Extend Biotic Index
EC	: European Commission
EPT	: Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera
EQR	: Ekolojik Kalite Oranı
FBI	: Family Biotic Index
HELCOM	:Helsinki Commission/Helsinki Komisyonu
IBPAMP	: Biotic Index for PAMPea Rivers
ICMi	: İnterkalibrasyon Ortak Metrik İndeksi
ISO	:nternational Organization for standardization
NCBI	: Kuzey Caroline Biotic İndeksi
RPBII	: Hızlı Tahmin Protokolü
SÇD	: Su Çerçeve Direktifi
STAR	: Standardisation of River Classifications (Nehir Sınıflandırmalarının Standardizasyonu)
TBİ	: Trent Biyotik İndeks
ICE	: İnterkalibrasyon Uygulaması
WFD	: Water Frame Directive

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1: SÇD izleme hükümleri kapsamındaki Biyolojik Kalite Unsurları ve İzlenmesi Gereken Parametreleri	6
Tablo 2.2: SÇD’de tanımlanmış biyolojik kalite unsurlarının değişik baskılara verdiği tepkiler	6
Tablo 2.3: Direktifte biyolojik kalite unsurları ile ilgili belirlenmiş izleme sıklıkları	7
Tablo 4.1: SÇD’ye göre su kütlelerinde izlenmesi gereken makroomurgasız kriterleri	17
Tablo 4.2: Gözetimsel izleme kapsamındaki kalite unsurları ve minimum izleme sıklıkları	19
Tablo 4.3: Makroomurgasız örnekleme standartları	23
Tablo 4.4: Spesifik ortamlara yönelik cihaz seçimi	24
Tablo 4.5: Kepçe ağ çerçeve ebatları	26
Tablo 4.6: Tavsiye edilen kepçe ağ boyutları ve ağ derinlikleri	27
Tablo 4.7: Kepçe ağ numune alıcısına yönelik performans özellikleri.....	30
Tablo 4.8: Surber numune alıcısına yönelik performans özellikleri	32
Tablo 4.9: Kutu numune alıcısına yönelik performans özellikleri.....	34
Tablo 4.10: Silindir numune alıcısına yönelik performans özellikleri.....	37
Tablo 4.11: Direçe yönelik performans özellikleri	39
Tablo 4.12: Ekman-Birge graba yönelik performans özellikleri.....	41
Tablo 4.13: Ponar graba yönelik performans özellikleri.....	43
Tablo 4.14: Van Veen graba yönelik performans özellikleri	45
Tablo 4.15: Polip graba yönelik performans özellikleri.....	47
Tablo 4.16: Hava kaldırmalı numune alıcıya yönelik performans özellikleri.....	49

Tablo 4.17: Karot ve tp numune alıcılara yönelik performans zellikleri	52
Tablo 4.18: Kolonizasyon numune alıcılarna yönelik performans zellikleri.....	56
Tablo 4.19: Bentik makroomugasızlar rneklelerinin muhafaza teknikleri	64
Tablo 5.1: Makrozoobentik omurgasızlara dayalı olan ve yaygın olarak kullanılan biyolojik metot rnekleleri	67
Tablo 5.2: Kirlilik derecelerine göre saprobik indeks değerleri.....	70
Tablo 5.3: Saprobi indekse göre akarsu kalite sınıfları	70
Tablo 5.4: Genişletilmiş Biyotik indeks.....	72
Tablo 5.5: Chandler Biyotik Skor İndeksi	73
Tablo 5.6: Familyaların BMWP Değerleri.....	74
Tablo 5.7: BMWP ‘ye göre su kalite sınıfları	75
Tablo 5.8: ASPT'ye göre su kalite sınıfları,	76
Tablo 5.9: BMWPve ASPT skorlarına göre su kalite sınıfları.....	77
Tablo 5.10: BBİ’de kullanılan sistematik birimlerin düzeyleri.....	78
Tablo 5.11: BBİ su kalitesi sınıfları	78
Tablo 5.12: Familya Biyotik İndekse göre akarsu kalite sınıfları	80
Tablo 5.13: NCB indekse göre kalite sınıfları.....	81
Tablo 5.14: Biyotik Sediment İndeks Tolerans Değerleri.....	82
Tablo. 5.15: Sediment Kalite Sınıfları	82
Tablo 5.16: Extended Biotic İndeksin Hesaplanması	83
Tablo 5.17: Rhitral zonda IBPAMP indeks hesaplanması için standart tablo	84
Tablo 5.18: Potamal zonda IBPAMP indeks hesaplanması için standart tablo	85
Tablo 5.19: IBPAMP indekse göre su kalitesi sınıfları.....	85
Tablo 5.20: İnterkalibrasyon Ortak Metriği (ICMi).....	89
Tablo 5.21: AMBI kirlilik değerlendirmesi	90

Tablo 5.22: BENTIX kirlilik değerlendirmesi	91
Tablo 6.1: Üye devletlerin göl değerlendirme metotlarına genel bakış	93
Table 6.2: Üye Devletlerde interkalibre edilmiş göl bentik makroomurgasız değerlendirme yöntemleri	94
Tablo 6.3: Göl Coğrafik İnterkalibrasyon Grupları	95
Tablo 6.4: Alpin CİG ölkeleri ulusal göl makroomurgasız değerlendirme yöntemleri	95
Tablo 6.5: Alpin CİG Üye devletlerin ortak göl tipolojileri	96
Tablo 6.6: Merkez Baltık CİG ölkeleri ulusal göl makroomurgasız değerlendirme yöntemleri	96
Tablo 6.7: Merkez Baltık CİG Üye devletlerin göl metrik değerlendirme kriterleri	97
Tablo 6.8: Merkez Baltık CİG Üye devletlerin ortak göl tipolojileri	98
Tablo 6.9: Kuzey CİG ölkeleri ulusal göl makroomurgasız değerlendirme yöntemleri	98
Tablo 6.10: Kuzey CİG göl üye devletlerinin metodları	99
Tablo 6.11: Kuzey CİG Üye devletlerin ortak göl tipolojileri	100
Tablo 6.12: Shannon Çeşitlilik İndeksi ve kirlilik düzeyi arasındaki ilişki	102
Tablo 6.13: Üye Devletler nehir bentik makroomurgasız ulusal değerlendirme yöntemleri	103
Tablo 6.14: Nehir bentik makroomurgasız coğrafik interkalibrasyon grupları	104
Tablo 6.15: Ulusal metodlar ve SÇD için gerekli parametreler	104
Tablo 6.16: Alpin CİG nehirlerde üye devletlerde metod isimleri ve son durum	105
Tablo 6.17: Alpin CİG Üye devletlerin nehir ortak tipolojileri	106
Tablo 6.18: Merkez Baltık CİG nehirde ortak tipolojiler	106
Tablo 6.19: Akdeniz CİG ulusal metodlara genel bakış	107
Tablo 6.20: Akdeniz CİG Üye Devletlerin Nehir Ortak Tipolojileri	107

Sayfa

Tablo 6.21: Kuzey CİG Üye Devletlerin Nehir Ulusal Metodları	108
Tablo 6.22: Kuzey CİG Üye Devletlerin Nehir Ortak Tipolojileri	108
Tablo 6.23: İnterkalibrasyon Ortak Metriği (ICMi).....	109
Tablo 6.24: Baltık Denizi Kıyı suyunda makroomurgasız üye devlet metodları ..	109
Tablo 6.25: Baltık Denizi CİG Üye Devletlerin Kıyı ve Geçiş Suları Ulusal Metodları	110
Tablo 6.26: Akdeniz CİG kıyı ve geçiş suyu üye devlet ve metodları	110
Tablo 6.27: Kuzey Doğu CİG kıyı ve geçiş suyu üye devlet ve metodları	111

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1: SÇD’de Tanımlanmış İzleme Çeşitleri	5
Şekil 3.1: Bazı anahtar sucul makroomurgasızların organik kirlenmeye karşı tolerans seviyeleri	13
Şekil 3.2 : Kirliliğe duyarlılıkları farklı makroomurgasız türleri	14
Şekil 4.1: Dikdörtgen bir kepçe ağ	25
Şekil 4.2: Bir Surber numune alıcı çerçeveye ilişkin şematik diyagram.....	30
Şekil 4.3: Bir kutu numune alıcısının şematik bir diyagramı	33
Şekil 4.4: Silindir numune alıcısı	35
Şekil 4.5: Direç	37
Şekil 4.6: Ekman-Birge grab	40
Şekil 4.7: Ponar grab	42
Şekil 4.8: Van Veen grab (kapalı konum).....	44
Şekil 4.9: Polip grab	47
Şekil 4.10: Bir hava kaldırmalı numune alıcı örneği.....	50
Şekil 4.11: Jenkin yüzey-çamur numune alıcısı (İngiltere Freshwater Biological Association izni ile çoğaltılan)	52
Şekil 4.12: Bir kolonizasyon birimi (Ebatlar milimetre olarak sağlanmıştır)	53
Şekil 4.13: "Çoklu Habitat Örnekleme" yöntemine göre teorik bir araştırma sahasında örnekleme birimi pozisyonu örneği.....	57
Şekil 5.1: Biyotik İndekslerin tarihsel gelişim safhası	66
Şekil 5.2 : Saprobik sınıflandırma	68
Şekil 5.3 : Örnek Ardışık Karşılaştırma İndeksi hesaplaması	88

ÖZET

Bu çalışmada, Avrupa Birliği'nin su kalitesi konusunda en önemli direktifi olan Su Çerçeve Direktifine göre yerüstü suyu kütlelerinin biyolojik izlenmesinde kalite unsuru olarak kullanılan bentik makroomurgasızların su kalitesini belirleme amaçlı izlenmesi ve değerlendirilmesine yönelik esaslar ele alınmıştır.

Bu amaç kapsamında; Direktifin su kalitesi izleme konusundaki yaklaşımı ortaya konmuş ve Direktif kapsamında yerüstü sularında su kalitesi değerlendirilmesinde kullanılan bentik makroomurgasız, fitoplankton, fitobentoz, sucul flora (makrofit /makroalg/ angiosperm) ve balık biyolojik kalite unsurlarından bentik makroomurgasızlara dair Avrupa Standartları derlenmiş olup, mevcut bir Avrupa Standartının bulunmadığı durumlarda Amerikan Standartları ve Avrupa Birliği Üye Devletlerinin yürütmüş olduğu projelerden ve ülke uygulamalarından faydalanılarak; örnekleme, analiz, sonuçların yorumlanması ve ekipman kullanımına yönelik düzenlemelere ve makroomurgasız izleme sonuçlarının değerlendirilmesi için Avrupa Birliği ülkeleri tarafından kullanılan ve ekolojik kalitenin belirlenmesinde önemli rol oynayan indeks ve interkalibrasyon grubu metriklerinin envanteri çıkartılarak ülkemiz açısından kullanılabilirliği tartışılmıştır.

Anahtar Sözcükler: Su Çerçeve Direktifi, biyolojik izleme, bentik makroomurgasız

ABSTRACT

In this study, the principles regarding the monitoring and assessment of benthic macroinvertebrates to determine water quality has been dealt with; the benthic macroinvertebrates being used as a quality element in the biological monitoring of surface water bodies in accordance with the Water Framework Directive, as the most important directive of the European Union about water quality.

Within this context, the approach of the Directive regarding water quality monitoring has been set forth, the European Standards on the benthic macroinvertebrates, which are one of the biological quality elements -benthic macroinvertebrates, phytoplankton, phytobenthos, aquatic flora (macrophytes/ macroalgae/ angiosperms), and fish- used to determine water quality in surface waters according to the Directive, have been gathered. Where no European Standard exists, the American standards and the projects conducted by the EU Member States and national implementations have been used. Sampling, analysis, interpretation of results and the arrangements regarding sampling equipment have been investigated; the inventory of the indices and intercalibration group metrics playing a significant role in the determination of ecological quality used by EU Member States for the assessment of macro-invertebrate monitoring results, and the possibility of their use in Turkey has been discussed.

Key Words: Water Framework Directive, biological monitoring, benthic macroinvertebrate

YÖNETİCİ ÖZETİ

Avrupa ülkeleri, su kaynaklarının miktar ve kalite açısından korunması ve yer altı ve yerüstü sularının durumlarının iyileştirilmesi amacıyla su ile ilgili tüm direktifleri bir çatı altında toplayarak kapsamlı bir mevzuat olan Su Çerçeve Direktifini hazırlamışlardır. Su Çerçeve Direktifi (SÇD) kapsamında su kalitesi, su kütlelerinin ekolojik ve kimyasal özelliklerine göre tespit edilir. Ekolojik durumun temel yapı taşı ise biyolojik kalite unsurlarının durumu oluşturur. Su Çerçeve Direktifi gereğince izlenmesi gereken biyolojik kalite unsurları bentik makroomurgasız, fitoplankton, fitobentoz, sucul flora (makrofit /makroalg/ angiosperm) ve balıktır. Bu tez çalışmasında, su kalitesinin belirlenmesinde uzun yıllardır kullanılan bentik makroomurgasızların Su Çerçeve Direktifi'ne göre izlenmesi ve değerlendirilmesine yönelik esaslar ele alınmıştır.

Çalışmanın ilk iki bölümünde SÇD'ye göre izleme tipleri, izlenmesi gereken biyolojik kalite unsurları ve izleme sıklıkları ile SÇD'ye göre su kalitesi izleme çalışmalarının temelini oluşturan biyolojik izleme ile ilgili genel bilgilere yer verilmiştir.

Üçüncü bölümde, bentik makroomurgasızlar hakkında genel bilgi verilerek, bu organizmaların çevresel faktörlere tepkisi, değişen ortam koşullarına karşı duyarlılıkları ve su kalitesi değerlendirilmesinde biyolojik kalite unsuru olarak kullanılmasının nedenleri ele alınmıştır.

Dördüncü bölümde ise, su kütlelerinde bentik makroomurgasızların izlenmesinin önemi ele alınarak, SÇD'ye göre yerüstü sularında bentik makroomurgasız değerlendirme kriterleri, örnekleme sıklıkları, örnekleme noktalarının seçimi, örneklemede kullanılan ekipman ve metodlar açıklanarak, örneklerin işlenmesi, analizi ve muhafazası konuları hakkında mevcut standartlar kapsamında ayrıntılı bilgiler verilmiştir.

Beşinci bölümde ise, Su Çerçeve Direktifi kapsamında biyolojik izleme çalışmaları neticesinde elde edilen sonuçların değerlendirilmesi ve ekolojik kalite

oranlarının belirlenmesi amacıyla kullanılan biyolojik metrik ve indekslerden, bentik makroomurgasızların değerlendirilmesinde kullanılan metriklere yer verilmiştir.

Çalışmanın son bölümünde ise, AB ülkelerinin nehir, göl, kıyı ve geçiş sularında gerçekleştirdiği interkalibrasyon çalışmaları kapsamında kullanılan değerlendirme metodları derlenmiş ve ülkemiz koşullarında kullanılması uygun görülen metriklere yer verilerek, ülkemizde bentik makroomurgasız izlenmesi konusunda önerilerin yer aldığı bir yol haritası sunulmuştur

1. GİRİŞ

Avrupa Birliğinin su kalitesi ile ilgili en önemli direktifi Su Çerçeve Direktifi (SÇD), 22 Aralık 2000 tarihinde (2000/60/EC) Avrupa Toplulukları Resmi Gazetesi'nde yayınlanarak yürürlüğe girmiş ve direktif bu tarihten günümüze Avrupa su kaynaklarını ve su çevresini koruyan en önemli Avrupa mevzuatıdır.

Mevcut su kaynaklarının miktar ve kalite açısından korunması, yer altı ve yer üstü sularının iyileştirilmesi gerekliliği Avrupa Birliği tarafından da benimsenerek su yönetimini efektif bir hale getirecek bir direktif hazırlanması ve tüm su ile ilgili diğer direktiflerin (Yüzme Suyu Direktifi, İçme Suyu Direktifi, Balık Direktifi, Kabuklu Direktifi gibi su direktiflerini ve Tehlikeli Maddeler Direktifi, Yeraltı Suyu Direktifi, Nitrat Direktifi ve Pestisit Direktifi gibi spesifik maddeler ve kirlilik kaynaklarına yönelik direktifleri) tek bir yönetmelik altında toplanması amacıyla çok sayıda uzman, paydaş ve karar verici arasında beş yıldan fazla süren tartışma ve müzakerelerin sonucunda bu direktif ortaya çıkmıştır (CIS No: 7; Furhacker, 2008; Achleitner, 2005; Gök, 2014).

SÇD su ve ekosistem ile ilgili var olan diğer direktiflerin birleştirilmesinin yanında, yeni unsurlar da getirmiştir. SÇD, suyun kalitesinin kimyasal ve fiziko-kimyasal analizler sonucu değerlendirmesinin yeterli olmayacağı, bunun yanında su kalitesi için asıl belirleyici kriterin suda yaşayan sucul fauna ve floranın izlenmesi ile gerçekleştirilen biyolojik izleme yaklaşımını bizlere sunmaktadır.

Biyolojik izleme genellikle insani faaliyetlerin neden olduğu çevresel değişimlerin biyolojik tepkiler yardımı ile değerlendirilmesi anlamına gelmektedir. İnsani faaliyetlerden kaynaklanan baskıların sucul sistemler ve organizmalar üzerindeki etkisi uzun zamandır araştırılmasına rağmen, bilim insanlarının çalışmaları ancak son zamanlarda su kütlelerinin kalitesinin izlenmesine yönelik uygun metodlar haline dönüştürülebilmektedir. (Bahçeci,2010)

Gelişen sanayi ve hızlı nüfus artışı ile kirlenen su kaynaklarının kalitesinin belirlenmesine yönelik kullanılan fiziksel ve kimyasal metodların bazı dezavantajları bulunmaktadır. Özellikle kimyasal metodlar ile laboratuvar koşullarında, kimyasal madde, cihaz ve çeşitli malzemeler kullanılarak su kalitesi tayin edilmektedir. Bu yolla sonuç elde etmek çok masraflı olduğu gibi, numunenin araziden alınarak laboratuvara getirilmesi ve deneyin sonuçlanması zaman gerektirmektedir. Bu nedenle daha çabuk sonuç verecek ve daha az masraflı olması sebebiyle tabiat aracılığı ile su kalitesi saptanması üzerinde durulmuştur. Kimyasal izleme ile sadece analiz edilen kimyasallar tespit edilirken, biyolojik izleme ile analiz edilen ve edilmeyen tüm parametrelerin kümülatif etkisi gözlenebilmektedir. Belirli bir nehir, göl, geçiş suyu ve kıyı suyu kütlelerinde yaşayan balık, böcek, alg ve bitkilerin türü, sayısı, kompozisyonu ve durumları o su kütlelerinin kalitesi hakkında en doğru bilgiyi sağlar. Ayrıca biyolojik izleme metodları fiziksel ve kimyasal izleme metodlarının yetersiz kaldığı suda bulunan kirleticilerin sinerjik ve antagonist etkilerinin belirlenmesi konusunda boşluğu doldurmaktadır. Biyolojik izlemenin tüm bu avantajlarının yanısıra diğer yöntemlere göre daha çok uzmanlık gerektirmesi gibi bir dezavantajı bulunmaktadır (Douterelo, 2004;).

Biyolojik İzleme, SÇD'ye göre su kalitesini izleme konusunda en önemli izleme yöntemi olup içeriğinde makroomurgasız, fitoplankton, fitobentoz, makrofit/makroalg/angiosperm ve balık gibi canlı gruplarını barındırmaktadır. Her biri ayrı uzmanlık gerektiren bu canlı grupları göl, nehir, kıyı ve geçiş sularında kalite unsuru olarak kullanılmaktadır. Bu çalışmada makroomurgasız kalite unsuruna dair öncelikle Avrupa ISO Standartları derlenmiş olup, mevcut bir Avrupa Standartının bulunmadığı durumlarda Amerikan Standartları ve Avrupa Birliği Üye Devletlerinin yürütmüş olduğu projelerden faydalanılarak; örnekleme, analiz, tür teşhisi, sonuçların yorumlanması ve ekipman kullanımına yönelik düzenlemelere ve makroomurgasız izleme sonuçlarının değerlendirilmesi için AB ülkeleri tarafından kullanılan ve ekolojik kalitenin belirlenmesinde önemli rol oynayan indeks ve interkalibrasyon grubu metriklerinin envanteri çıkartılarak ülkemiz açısından kullanılabilirliğinin tartışılması amaçlanmıştır.

2. SU ÇERÇEVE DİREKTİFİ VE BİYOLOJİK İZLEME

Avrupa Birliği tarafından su temini ve atıksu arıtma konularında birçok direktif çıkartılmıştır. 2000’li yıllara kadar sebep odaklı bu kadar çok düzenlemenin su kütlelerinin çevresel bakış açısıyla yönetilebilmesi için yeterli olduğu düşünülmüştür. Ancak su kalitesi ve miktarı ile ilgili olarak artan problemler su yönetimi sistemine entegre bir yaklaşım geliştirme ihtiyacını doğurmuştur. Bu çabaların sonucu olarak Avrupa su politikaları tarihinde en önemli adım olan SÇD (2000/60/EC) Aralık 2000 tarihinde Avrupa Topluluğu Resmi Gazetesinde yayınlanarak yürürlüğe girmiş ve bu tarihten günümüze direktif Avrupa su kaynaklarını ve su çevresini koruyan en önemli Avrupa mevzuatı haline gelmiştir.

Direktif yerüstü ve yeraltı olmak üzere tüm kıta içi suları, geçiş sularını ve 1 deniz miline kadar olan kıyı sularını içeren tüm su kütlelerini kapsamaktadır ve direktifin ana hedefi tüm yerüstü su kütlelerinin statülerinde kötüye gidişin engellenmesi ve 2015 yılı itibari ile tüm su kütlelerinde “iyi statü”ye ulaşılabilmesidir. Yerüstü sular için “iyi statü”, “iyi ekolojik statü” ve “iyi kimyasal statü”ye ulaşılabilmesi ile sağlanır (CIS No:2; CIS No:10; Achleitner, 2005; Furhacker, 2008).

SÇD su alanında şemsiye bir direktif olduğundan, Yüzme Suyu Direktifi (2006/7/EEC), İçme Suyu Direktifi (98/83/EC), Balık Direktifi (2006/44/EC), Kabuklu Direktifi (2006/113/EC) gibi su direktiflerini ve Tehlikeli Maddeler Direktifi (2006/11/EC), Yeraltı Suyu Direktifi (80/68/EEC), Nitrat Direktifi (91/676/EEC) ve Pestisit Direktifi(91/414/EEC) gibi spesifik maddeler ve kirlilik kaynaklarına yönelik mevcut mevzuatı tek bir çatı altında birleştirmeyi hedeflemektedir. (Regional Environmental Center, 2008; Allan, I.J., Vrana, B., 2006) SÇD’ne göre üç tür izleme tipi tanımlanmıştır. Bunlar;

❖ **Gözetimsel İzleme:** Gözetimsel izleme bir su kütlesi üzerindeki tüm kalite parametrelerinin genel olarak izlenmesi amacıyla yapılmaktadır. Havzadaki genel kirlilik boyutunun belirlenmesinde, etki değerlendirme prosedürünün tamamlanması

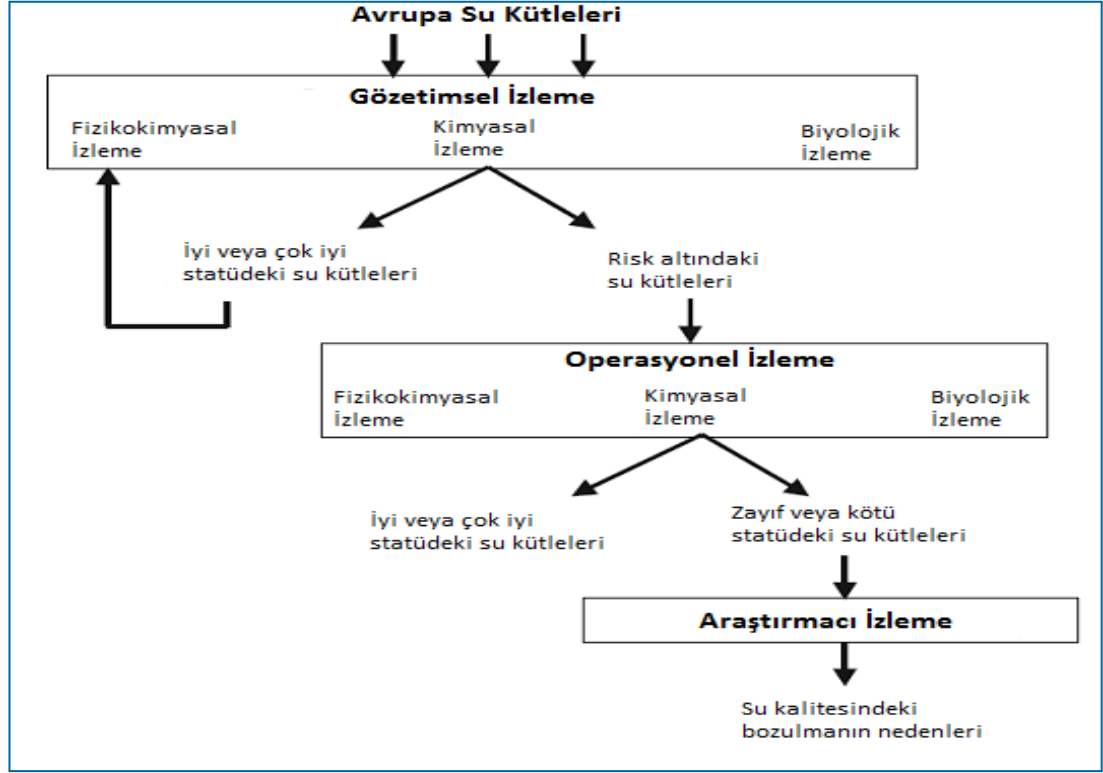
ve geçerli hale getirilmesinde, gelecek izleme programlarının etkili ve verimli tasarımı, doğal koşullardaki uzun vadeli değişimlerin değerlendirilmesinde ve geniş antropojenik etkinlikten kaynaklanan uzun vadeli değişimlerin değerlendirilmesinde kullanılmaktadır. Gözetimsel izleme altı yılda bir güncellenen Nehir Havza Yönetim Planlarında altı yıllık süreçte ne gibi değişimlerin olduğu, alınan önlemlerin yeterli olup olmadığı, ekstra önlemlerin gerekip gerekmediği gibi hususlara karar verilmesi kolaylaştırır. Gözetimsel izleme altı yılda bir kere en az bir yıl boyunca yapılmalıdır. (CIS No: 7)

❖ **Operasyonel İzleme:** Operasyonel izleme baskı ve etkilere göre belirlenen bir izleme çeşididir. Operasyonel izleme yapılacak su kütleleri belirlenirken öncelikle havza genelinde bir su kütlesi üzerinde ne tip baskıların olduğu belirlenir. Tüm baskı ve etkilerin belirlenmesinden sonra oluşturulacak kirlilik haritalarına göre operasyonel izleme noktaları seçilerek bu noktalarda, çevresel hedefleri gerçekleştirmede başarısız olma riski taşıdığı düşünülen su kütlelerinin durumunun belirlenmesi ve tedbir programlarından kaynaklanan her türlü değişimin değerlendirilmesi amacıyla operasyonel izleme yapılır. Operasyonel izlemede izlenecek parametreler ise baskı türlerine göre belirlenir. (CIS No: 7).

❖ **Araştırmacı izleme:** Araştırmacı izleme gözetimsel ve operasyonel izlemeden farklı olarak, izleme yerleri ve zamanı net olan bir izleme türü değildir. Normalden farklı bir durum oluşması durumunda araştırmacı izleme yapılmaktadır. Çevresel hedeflerin bir nedenden dolayı aşıldığı ve bu aşılmanın sebebinin bilinmediği durumlarda, operasyonel ya da gözetimsel izleme noktalarının bulunmadığı fakat çevresel hedeflerin aşıldığı su kütlelerinde, kaza, kaçak deşarj gibi geçici kirliliğin büyüklüğünün ve etkilerinin tespit edilmesi amacıyla araştırmacı izleme yapılmaktadır. Araştırmacı izlemede izleme noktalarına, izlenecek parametrelere ve izleme sıklıklarına oluşan duruma göre karar verilmektedir (CIS No: 7).

Bu izleme türlerinin dışında üye ülkeler isterlerse daha iyi bir su yönetimi için referans su kütlelerinde izleme ve korunan alanların izlenmesi için farklı bir ağ oluşturabilir. Fakat referans su kütlelerinde izleme ve korunan alanların izlenmesi halihazırda gözetimsel ve operasyonel izleme altında tanımlandığı için böyle bir

zorunluluk bulunmamaktadır. SÇD’de tanımlanmış izleme çeşitleri Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 2.1: SÇD’de Tanımlanmış İzleme Çeşitleri (CIS NO:13)

Yerüstü sularında su kütle kategorilerine (nehirler, göller, geçiş suları ve kıyı suları) göre izlenecek biyolojik kalite unsurları ve izlenmesi gereken parametreleri SÇD Madde-8 Ek-V.1.1 ve EK-V.1.2’de belirlenmiş ve Tablo 2.1’de özetlemektedir.

Tablo 2.1: SÇD izleme hükümleri kapsamındaki Biyolojik Kalite Unsurları ve İzlenmesi Gereken Parametreleri (CIS No:13)

Su Kütlesi Kategorisi	Biyolojik Kalite Unsuru	İzlenmesi Gereken Parametreler
Nehirler	Fitoplankton	Kompozisyonu, Bolluğu, Biyokütlesi
	Makrofit	Kompozisyonu, Bolluğu
	Bentik Makroomurgasız	Kompozisyonu, Bolluğu
	Balık	Kompozisyonu, Bolluğu, Yaş yapısı
Göller	Fitoplankton	Kompozisyonu, Bolluğu, Biyokütlesi
	Makrofit	Kompozisyonu, Bolluğu
	Bentik Makroomurgasız	Kompozisyonu, Bolluğu
	Balık	Kompozisyonu, Bolluğu, Yaş yapısı
Geçiş Suları	Fitoplankton	Kompozisyonu, Bolluğu, Biyokütlesi
	Makroalg/Angiosperm	Kompozisyonu, Bolluğu
	Bentik Makroomurgasız	Kompozisyonu, Bolluğu
	Balık	Kompozisyonu, Bolluğu, Yaş yapısı
Kıyı Suları	Fitoplankton	Kompozisyonu, Bolluğu, Biyokütlesi
	Makroalg/Angiosperm	Kompozisyonu, Bolluğu
	Bentik Makroomurgasız	Kompozisyonu, Bolluğu

Değişik biyolojik kalite unsurları değişik baskılara tepki vermekte ve hangi baskıya hangi kalite unsurlarının tepki verdiği ve bu tepkinin şiddeti Tablo 2.2’de özetlenmektedir.

Tablo 2.2: SÇD’de tanımlanmış biyolojik kalite unsurlarının değişik baskılara verdiği tepkiler

Biyolojik Kalite Elementleri	Hidromorfolojik Baskılar	Nütrientler	Organik Kirlilik	Asidifikasyon
Makroomurgasızlar	++	++	+++	++
Bentik algler Makrofitler	+	+++	++	++
Balık	+++	+	+	+

2.1 İzleme Sıklıkları

Gözetimsel izleme sürecinde biyolojik kalite unsurlarının tamamının bir gözetimsel izleme sürecinde (6 yılda) en az bir kere izlenmesi tavsiye edilmektedir.

Operasyonel izleme için tüm parametrelerin izleme sıklıkları kalite sınıflandırmasının güvenilir olarak yapılabilmesini sağlayacak şekilde üye ülkeler tarafından belirlenir. Ancak genel anlayış Tablo 2.3'te verilen izleme sıklıklarının aşılmaması ve izleme sıklıkları azaltılacak ise bunun teknik bilgi ve uzman görüşüne dayandırılması şeklindedir. İzleme sıklıkları kabul edilebilir güvenilirlik ve hassasiyetin sağlanabileceği şekilde belirlenmelidir. İzlemenin yapılacağı zamanlar ve mevsimler değişimlerin sonuçlar üzerindeki etkisini minimize edecek ve insani faaliyetlerin su kütlesi üzerindeki etkisini ortaya koyacak şekilde seçilmelidir. Bunu sağlayabilmek için gerekirse aynı yılın değişik mevsimlerinde ilave izlemeler yapılmalıdır (CIS No:7)

Tablo 2.3: Direktifte biyolojik kalite unsurları ile ilgili belirlenmiş izleme sıklıkları (CIS No:7)

Biyolojik Kalite Unsuru	Nehir	Göl	Geçiş Suyu	Kıyı Suyu
Makroomurgasız	3 yıl	3 yıl	3 yıl	3 yıl
Fitoplankton	6 ay	6 ay	6 ay	6 ay
Diğer Sucul Flora	3 yıl	3 yıl	3 yıl	3 yıl
Balık	3 yıl	3 yıl	3 yıl	-

İzleme çalışmalarına yeni başlayan ve yeterli envanteri olmayan ülkelerde izleme ağı oluşturulup yeterli veri elde edilene kadar her yıl ve yılda üç mevsim biyolojik izleme yapılmasının faydalı olacağı düşünülmektedir.

3. BENTİK MAKROOMURGASIZLAR

Bentik makroomurgasızlar su kütlelerinin tabanında yaşayan, 0,5 mm'den büyük, gözle görülebilir ve omurgası olmayan canlılar olarak tanımlanmaktadır. Kısaca “bentoz” olarak adlandırılırlar. Bentik makroomurgasızlar, sedimenti mesken tutan, tatlı su ve deniz ekosistemlerinin dip substratlarının üstünde veya içinde yaşayan hayvanlardır. Suda kaya, sediman, debris ve sucul bitkiler üzerinde yaşarlar, hayatları boyunca veya hayatlarının bir döneminde üstünde veya içinde yaşadıkları substrata bağlı kılıf veya ağ yapabilirler. Sınırlı derecede hareket kabiliyetleri bulunur. Deniz, göl, nehir, havuz, bataklık ve kirli su birikintilerinde yaşarlar. Bazı grupları, besin zincirinin en altında yer alan alg ve bakteri gibi canlılar ile beslenirken bazı grupları da sudaki bitki ve odun parçalarını, döküntüleri parçalayarak beslenirler. Bentik makroomurgasızlar, su ekosistemi besin zinciri içerisinde önemli bir yere sahiptirler. Makroomurgasızların ömürlerinin uzunluğu bazı tatarcık ve sinekler için 2 haftadan az ve bazı Plecoptera, Odonata gibi türler için iki yıl ve daha fazladır. (Klemm, D.J. et al 1990, Bonada, N., Prat, N., 2006, Demir, Ö., 2005, Spellman, F.R., 2008)

Tatlısularda bulunan başlıca makroomurgasızlar:

Yassıkurtlar (flatworms), halkalı kurtlar (annelids), yumuşakçalar (mollusks), kabuklular (crustaceans), böcekler (insects).

Tuzlusularda bulunan başlıca makroomurgasızlar:

Yosun hayvanları (bryozoans), süngerler (sponges), halkalılar (annelids), yumuşakçalar (mollusks), yuvarlak kurtlar (roundworms), söleniterler (cnidarians-coelenterates), kabuklular (crustaceans), derisidikenliler (echinoderms), böcekler (insects). (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 2012)

3.1. Bentik Makroomurgasızların Çevresel Faktörlere Tepkisi

Makroomurgasızlar değişik kimyasal ve fiziksel koşullara hassasiyet gösterirler. Suya deşarj edilen bir kirletici nedeniyle veya kurulan bir baraj gibi hidromorfolojik değişimler nedeniyle su kalitesinde bir bozulma veya habitatında bir değişiklik yaşanıyorsa, makroomurgasız toplulukları sayısı veya yapısında değişiklik göstererek tepki vermektedir. Dolayısıyla su kütlesinde var olan makroomurgasız topluluklarının kompozisyonundaki çeşitlilik o su kütlesinin su kalitesinin belirlenmesinde kullanılır. Makroomurgasız topluluğunun çevresel değişimlere tepkileri özellikle kentsel, sanayi, petrol, tarımsal atıklar ve karada kullanılan diğer maddelerin yüzey suları üzerindeki etki değerlendirilmesinde faydalı olmaktadır.

Makroomurgasız topluluk yapısında değişime sebep olan kayıtlı çevresel değişimler şu şekildedir:

- ❖ inorganik maddelerde artış,
- ❖ organik yüklemde artış,
- ❖ substrat değişimi,
- ❖ toksik kimyasal kirlilik.

İnorganik maddeler ve yoğun organik kirlilik genellikle, makroomurgasız türlerinde sadece en dayanıklı olanlar kalana kadar azalmaya ve kirliliğe dayanıklı olanların yoğunluğunun bu azalmayla eşit düzeyde artmasına neden olmaktadır. Bu durum genellikle düşük oranda çözünmüş oksijen konsantrasyonu ile ilişkilendirilmektedir. Bazı durumlarda yoğun organik kirlilik, siltasyon veya toksik kimyasal kirlilik etkilenen bir alandaki makroomurgasız toplulukta azalmaya hatta topluluğun tamamen ortadan kalkmasına neden olabilir. Fakat her etkide bahsedilen bu sonuçlar alınmayabilir çünkü mevcut koşullar diğer çevresel koşullar (biyolojik, kimyasal ve fiziksel) tarafından iyileştirilebilir (Klemm, D.J. et al 1990; Wetzel, R.G. & G.E. Likens. 1991; Plante, C. & J.A. Downing. 1989; Plante, C. & J.A. Downing. 1990; Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 2012).

Makroomurgasızların değişen ortam koşullarına karşı duyarlılıkları:

Askıda katı madde; yoğun olduğu durumlarda primer prodüksiyonu azaltarak, doğrudan ya da dolaylı alg ve bitkilere bağımlı olan makroomurgasızların gelişimini yavaşlatır ya da yok eder. Daha az yoğun olduğu durumlarda seçici etki göstererek süzerek beslenen organizmaları (Hydropsyche ve Simulium gibi) etkilerler. Askıda katı maddenin en önemli etkisi, tabana çöktüğünde ortaya çıkar. Nehirlerin sığ ve akışın hızlı olduğu bölgelerde Ephemeroptera, Trichoptera ve Plecoptera üyeleri kaybolurlar, yerlerini Oligochaeta, Chironomid larvaları ve tatlı su sümüklülerine bırakırlar.

Bulanıklık; av-avcı ilişkisinde avcının etkisini azaltarak, avın miktarının artmasına yol açar. Bulanıklığın yüksek olduğu sularda, balığın yemi olan sülüklerin (Hirudinae) miktarının arttığı bildirilmiştir.

Sıcaklık; makroomurgasızlar, kaynağa yakın bölgelerde bulunan Plecoptera gibi stenotermal organizmalar dışında, genellikle eurotermal olup, 30°C'ye kadar toleranslıdır. Ancak artan su sıcaklığının yanı sıra ortamda organik kirlenme varsa, oksijen konsantrasyonunun azalması makroomurgasızlar açısından problem oluşturur.

Toksosite; akarsularda makroomurgasızların çeşitliliğinin ve bolluğunun azalmasına neden olurken, popülasyonda bulunan daha toleranslı türlerin artışını sağlar.

Tuzluluk; akarsularda doğal olarak bulunan tuzların (Na, Ca, K ve Mg) atıklar sonucunda konsantrasyonlarının artması ve dengenin bozulması toksik koşulları ortaya çıkarır. Makroomurgasızların tuzluluğa toleransları değişir. Sülüklerden Piscicola geometra, Erpobdellidae ve Glossiphonidae familyalarına göre daha az toleranslıdır. Bununla birlikte tuzluluğa tolerans soğuk sularda, sıcak sulara göre daha yüksektir. Yüksek klorid konsantrasyonlarına (>1000 mg/l), Odonata,

Diptera (özellikle Chironomidae) ve Ephemeroptera'dan sadece Baetidae familyası ile en toleranslı organizmalardır. Plecoptera tuzluluğun arttığı sularda görülmez.

pH; Çoğu endüstriyel atıklar oldukça alkali ya da asidiktir ancak diğer etkenler akarsu toplulukları üzerinde pH'ın doğrudan etkisinin belirlenmesini zorlaştırır. Gastropodlar pH 7'nin üzerinde görülürken, çift kabuklular pH 5,6-8,3 aralığında bulunurlar. Insektlerden Coleoptera geniş tolerans aralığına, Helminthler pH 4,5-8,5 aralığına tolerans gösterirler. Chironomidae (Diptera) pH>8,5 ve pH<4,5'da egemen olurken, Orthocladinae familyasına rastlanmaz. Bazı Plecoptera, Trichoptera ve Hemiptera üyeleri yüksek pH'ya, bazıları da düşük pH'ya toleranslıdır.

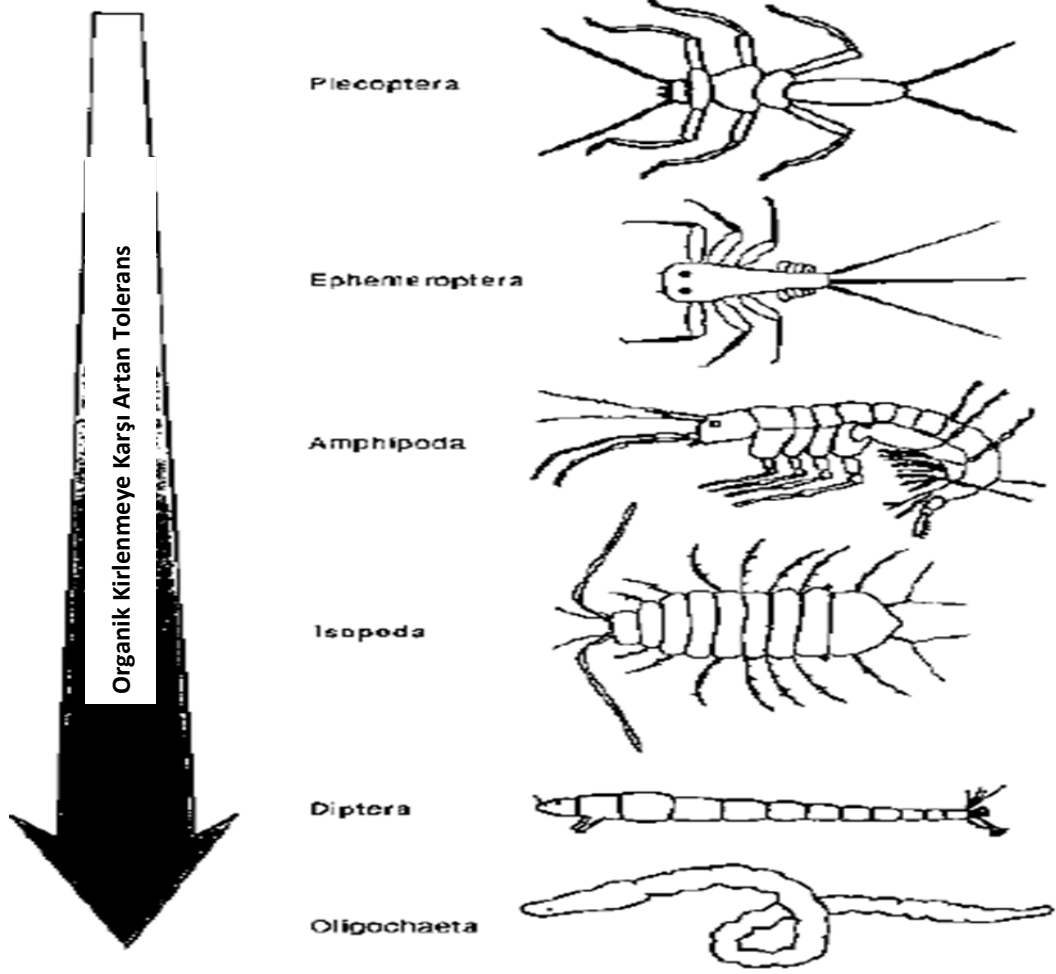
Oksijen; Bazı maden atıklarında demir tuzu ve kağıt fabrikalarından çıkan sülfür gibi endüstriyel ve evsel atıkların akarsulara boşaltılması çözülmüş oksijen konsantrasyonunun azalmasına neden olur. Böyle atıklar diğer kirleticilerle birleştiğinde oksijensizliğin etkisini belirlemek zordur

Ekolojik etki; Karasal ekosistemden kaynaklanan materyallerin çoğu nehir ekosisteminde besin zincirine katılır. Nehir ekosistemi aşırı miktarda organik madde ve nitrat, fosfat gibi inorganik besin tuzları ile tahrip edilir. Akarsularda organik zenginleşme oksijen yetersizliği ve enfeksiyonlar oluşturabilir. Buna organik kirlenme denir. İnorganik zenginleşme (ötrofikasyon) ise primer prodüksiyonun artmasına neden olarak oksijen dengesini bozar, aşırı bitki ve alg gelişimine neden olur. Bu durum kirlilik olarak kabul edilir ve bentik makroomurgasızlar üzerine etkisi organik kirlenmenin etkisi ile aynıdır. Organik kirlenmeye takım düzeyinde en toleranssız grup Plecoptera, en toleranslı olanlar ise özellikle kirlenmenin şiddetli olduğu durumlarda egemen olan Oligochaeta üyeleridir. Diğer takımlarda tolerans durumları tür düzeyinde değişir. Çoğu sülükler organik kirliliğe toleranslı olup, oksijensiz ortamlarda uzun süre dayanabilirler. Ancak, kirli sularda dağılımlarını etkileyen en önemli faktör ortamda konakçı veya avlarının olmasıdır. Örneğin, *Piscicola geometra* bir balık paraziti olup, balıksız ortamlarda bulunamaz. *Glossiphonia complanata* su sümüklüleriyle, *Helopdella stagnalis* *Asellus aquaticus*

ile, *Erbobdella octoculata* Oligochaeta ve Chironomid larvaları ile beslenirler. Crustaceae sınıfından *Gammarus pulex* ve *Asellus aquaticus* organik kirlenmeye maruz kalan nehirlerin sadece sığ ve hızlı akan bölgelerinde yaşayabilirken, *Asellus aquaticus* düşük oksijen koşullarına toleranslıdır. Ephemeroptera (Ephemerallidae ve Caenidae dışında) ve Trichoptera organik kirlenmeye tolerans göstermeyen diğer gruplardır. Odonata üyeleri yavaş akışlı bölgelerde bulunurlar ve organik kirlenmeye toleranslıdırlar. Hemiptera, Coleoptera, Diptera takımlarının organik kirliliğe karşı toleransları tür düzeyinde değişir. Mollusklardan *Lymnaea* ve *Physa* düşük oksijen koşullarına en toleranslı cinslerdir. (Hawkes, 1997, Kırkağaç, M., Köksal G., 2005)

Nehirlerde kirlilikle birlikte topluluk çeşitliliği azalır ve duyarlı türlerin yerini kirlilik arttıkça daha toleranslı türler alır (Kırkağaç, M., Köksal G., 2005). Şekil 3.1’de sucul makroomurgasızların organik kirlenmeye karşı tolerans seviyeleri gösterilmektedir.

Değişik makroomurgasız türleri kirliliğe karşı hassasiyetlerine göre değişik duyarlılık derecelerine sahiptir. Plecoptera, Ephemeroptera ve Coleoptera Psephenidae gibi bazı makroomurgasızlar yüksek seviyede çözülmüş oksijene ihtiyaç duyarlar ve bunların fazla sayıda bulunması iyi su kalitesinin bir göstergesidir. Diğer makroomurgasızlar, daha düşük çözülmüş oksijen seviyesinde yaşayabilirler. Şekil 3.2’de kirliliğe duyarlı bentik makroomurgasızlar, kirliliğe daha dayanıklı bentik makroomurgasızlar ve kirliliğe dayanıklı makroomurgasızlar gösterilmektedir. (Bonada, N., Prat, N., 2006, Demir, Ö., 2005, Spellman, F.R., 2008)



Şekil 3.1: Bazı anahtar sucul makroomurgasızların organik kirlenmeye karşı tolerans seviyeleri (Bartram, J., Ballance, R., 1996)

Değişik makroomurgasız türleri kirliliğe karşı hassasiyetlerine göre değişik duyarlılık derecelerine sahiptir. Plecoptera, Ephemeroptera ve Coleoptera Psephenidae gibi bazı makroomurgasızlar yüksek seviyede çözülmüş oksijene ihtiyaç duyarlar ve bunların fazla sayıda bulunması iyi su kalitesinin bir göstergesidir. Diğer makroomurgasızlar, daha düşük çözülmüş oksijen seviyesinde yaşayabilirler. Şekil 3.2’de kirliliğe duyarlı bentik makroomurgasızlar, kirliliğe daha dayanıklı bentik makroomurgasızlar ve kirliliğe dayanıklı makroomurgasızlar gösterilmektedir. (Bonada,2006; Demir,2005; Spellman,2008).

Kirliliğe duyarlı makroomurgasızlar



Plecoptera
(Stonefly)



Coleoptera
(Water penny beetle)



Ephemeroptera
(Mayfly)



Megaloptera
(Dobsonfly)



Megaloptera
(Alderfly)



Pelecypoda
(Midye)



Diptera
(Snipe Fly)



Coleoptera
(Riffle Beetle)

Kirliliğe daha dayanıklı bentik makroomurgasızlar



Odonata
(Damsel fly)



Odonata
(Dragonfly)



Decapoda
(Dragonfly)



Amphipoda
(Crayfish)



Trichoptera



Diptera



Isopod



Diptera

Kirliliğe dayanıklı bentik makroomurgasızlar



Salyangoz



Diptera



Oligochaetae
(Sücul Solucan)



Hirudinea
(Sülük)

Şekil 3.2 : Kirliliğe duyarlılıkları farklı makroomurgasız türleri

Su Kalitesi Değerlendirilmesinde Biyolojik Kalite Unsuru Olarak Bentik Makroomurgasızların Kullanılma Nedenleri:

- Farklı sucul sistemlerde çok sayıda ve çeşitlilikte bulunup geniş bir dağılım göstermeleri,
- Sucul ekosistemdeki besin zincirinde önemli bir yere sahip olmaları,
- Diğer sucul canlı türlerine göre daha uzun hayat döngülerine sahip olduklarından yılın her döneminde bulunup mevsimsel izleme için uyumlu olmaları,
- Komünite yapılarının su kalitesine bağlı olarak değişmesi,
- Bentik makroomurgasızların örneklenmesi ve sayımlarının diğer biyolojik kalite unsurlarına göre daha kolay yöntemlerle gerçekleştirilmesi.
- Balıklar gibi kirlilikten kaçabilecek seviyede hareket yetenekleri olmadığından genel olarak bulunduğu alana bağlı olarak yaşamaları nedeniyle buldukları ortamın koşullarını çok iyi temsil etmeleri,
- Deneyimli bir uzmanın bentik makroomurgasız topluluklarının detaylı incelenmesine gerek duymadan, su kalitesindeki bozulmayı tespit edebilmesi,
- Familya düzeyinde taksonomik teşhislerinin kolay olması (ancak daha doğru sonuç için teşhislerin familya düzeyinde değil tür düzeyinde yapılması gerekli olup tür düzeyinde teşhisleri uzmanlık gerektirmektedir),
- Birçok farklı taksondan oluşması ve bu taksonların farklı tipteki baskılara kısa sürede cevap veren hassas türler olmaları nedeniyle herhangi tipte bir müdahalenin çevreye etkisinin gözlemlenebilmesi için birçok seçeneğin mevcut olması,
- Baskılara kısa sürede cevap veren hassas türler olmaları nedeniyle, zamana bağlı olarak meydana gelen çevresel değişimlerin belirlenmesinde etkili olmaları,
- Biyolojik izleme amacıyla en çok tercih edilen canlılar olduklarından, bu çalışmalarla ilgili çok geniş bir literatür bilgisi ve verinin mevcut olması,
- Taksonomisi bilinen ve teşhis anahtarları bulunan gruplarının çoğunlukta olması

- Makroomurgasız izleme verilerinin değerlendirilmesine yönelik pek çok metod ve sınıflandırma sisteminin geliştirilmiş olması,
- Pek çok yaygın türünün farklı tipteki kirliliğe tepkilerinin bilinmesidir (Bahçeci, H., 2010; Bonada, N., Prat, N., 2006; Demir, ., 2005; Spellman, F.R., 2008; Dgel, M., 2001 Kazancı, N., 2012).

4. BENTİK MAKROOMURGASIZLARIN İZLENMESİ

Su kalitesinin belirlenmesi için en sık kullanılan biyolojik kommuniteler bentik makroomurgasızlar olup 1960'lı yılların sonlarından itibaren su kalitesi değerlendirme unsuru olarak kullanılmaktadır. Yaşamlarının tümünü veya büyük bir bölümünü suda geçirdiklerinden, hayatta kalmaları suyun kalitesine bağlıdır (Bonada, N., Prat, N., 2006, Demir, Ö., 2005; Zeybek, M., 2007).

Bulunduğu ortamdaki değişikliklere karşı gösterdiği hassasiyet ve tepkiler göz önünde bulundurulduğunda, makroomurgasızlar su kalitesindeki değişikliklere karşı iyi bir indikatör olarak kullanılabilir. SÇD'nin 2000 yılında Avrupa'da yürürlüğe girmesinden bu yana, makroomurgasızlar yerüstü sularının ekolojik durumunu değerlendirmek üzere kullanılması önerilen beş kalite unsurundan biri olarak kullanılmaktadır.

SÇD Madde-8 Ek-5; nehir, göl, geçiş ve kıyı sularındaki ekolojik durumun değerlendirilmesinde dikkate alınması gereken makroomurgasız kalite unsuruna ilişkin kriterleri (kompozisyon, bolluk ve biyokütle) Tablo 4.1'de özetlenmektedir.

Tablo 4.1: SÇD'ye göre su kütlelerinde izlenmesi gereken makroomurgasız kriterleri (CIS 13)

Bentik Makroomurgasız	Nehirler	Göller	Geçiş Suları	Kıyı Suları
Kompozisyon	X	X	X	X
Bolluk	X	X	X	X
Hassas Tür Varlığı	X	X	X	X
Çeşitlilik	X	X	X	X
Varlık/Yokluk *	-	-	X	-
Biyokütle*	-	-	-	X

*Zorunlu olmayan, tavsiye edilen kriter

SÇD'ye göre bentik makroomurgasız biyolojik kalite unsuru ile ilgili olarak tüm su kütlelerinde izlenmesi gereken zorunlu kriterler bolluk, çeşitlilik ve hassas tür varlığıdır. Numune alımı sırasında bu kriterleri destekleyici olarak ölçülmesi ve değerlendirme sırasında dikkate alınması gereken diğer parametreler ise morfoloji; çözülmüş oksijen, sıcaklık, pH ve nutrientler gibi fizikokimyasal parametreler; debi ve örnekleme yapılan nehir yatağının yapısı ve habitatıdır (CIS 7).

4.1. Örnekleme Sıklıkları

Örnekleme sıklığı izleme programına, sınıflandırma sistemlerinin gerekliliklerine ve kalite unsuruna bağlı olarak değişmektedir. Biyolojik kalite unsurları için minimum izleme gereklilikleri SÇD'de gözetimsel izleme kısmında yer almaktadır (Tablo 4.2).

Gözetimsel izleme için Tablo 4.2'de listelenmiş fizikokimyasal kalite unsurlarına ilişkin izleme sıklıkları teknik bilgi ve uzman görüşlerine dayanılarak oluşturulmuş olup, en az söz konusu tabloda belirtilen sıklıklarda izleme yapılması gerekmektedir. Biyolojik ve hidromorfolojik kalite unsurları ise bir gözetimsel izleme süreci olan 6 yıllık dönemde en az bir kere izlenmelidir.

Operasyonel izleme için tüm parametrelerin izleme sıklıkları kalite sınıflandırmasının güvenilir olarak yapılabilmesini sağlayacak şekilde üye ülkeler tarafından belirlenir. Ancak genel anlayış Tablo 4.2'de verilen izleme sıklıklarının aşılması ve izleme sıklıkları azaltılacak ise bunun teknik bilgi ve uzman görüşüne dayandırılması şeklindedir. İzleme sıklıkları kabul edilebilir güvenilirlik ve hassasiyetin sağlanabileceği şekilde belirlenmelidir. İzlemenin yapılacağı zamanlar ve mevsimler değişimlerin sonuçlar üzerindeki etkisini minimize edecek ve insani faaliyetlerin su kütlesi üzerindeki etkisini ortaya koyacak şekilde seçilmelidir. Bunu sağlayabilmek için gerekirse aynı yılın değişik mevsimlerinde ilave izlemeler yapılmalıdır (CIS 7).

Tablo 4.2: Gözetimsel izleme kapsamındaki kalite unsurları ve minimum izleme sıklıkları (SÇD)

Kalite Unsuru		Nehirler	Göller	Geçiş Suları	Kıyı Suları
Biyolojik	Makromurgasız	3 yıl	3 yıl	3 yıl	3 yıl
Hidromorfolojik	Süreklilik	6 yıl	-	-	-
	Hidroloji	Sürekli	1 ay	-	-
	Morfoloji	6 yıl	6 yıl	6 yıl	6 yıl
Fizikokimyasal	Sıcaklık	3 Ay	3 Ay	3 Ay	3 Ay
	Oksijenlenme	3 Ay	3 Ay	3 Ay	3 Ay
	Tuzluluk	3 Ay	3 Ay	3 Ay	-
	Nütrient Durumu	3 Ay	3 Ay	3 Ay	3 Ay
	pH	3 Ay	3 Ay	-	-
	Diğer Kirleticiler	3 Ay	3 Ay	3 Ay	3 Ay
	Öncelikli Maddeler	1 Ay	1 Ay	1 Ay	1 Ay

SÇD kapsamında izleme sıklıkları bakımından esneklik söz konusudur; Üye Devletler kendi izleme programlarını ve kaynaklarını planlayabilmektedir. Böylelikle su yönetiminden sorumlu kurum ve ekologlar tarafından seçilen kalite unsurlarının belirlenen zamanlarda ve belirlenen istasyonlarda izlenmektedir. Kısacası, SÇD maliyet-etkin ve hedefli izleme programları tasarlanmasını istemektedir (CIS 7).

SÇD gerekliliklerinin ülkemizde uygulanma çalışmaları henüz başlangıç aşamasındadır. İzlemenin doğru bir şekilde yapılmasını sağlayacak ekiplerin azlığı, ülkemizin yüzölçümünün diğer Avrupa Birliği Üye Devletlerine göre büyüklüğü, arazi ve iklim koşullarının durumu ve ekonomik sebepler SÇD gerekliliklerinin ülkemizde uygulanması için yaşanan başlıca zorluklar arasında yer almaktadır. Bu durumda en az iş gücü kullanılarak ve en ekonomik kararlar verilerek en isabetli tahminlerin yapılması büyük önem taşımaktadır.

Bu öngörüler sonucunda ülkemizde bentik makroomurgasızlar bir gözetimsel izleme süreci içerisinde bir yıl boyunca ve yılda 3 mevsim (ilkbahar, yaz ve sonbahar) izlenmelidir.

4.2. Örnekleme Noktalarının Seçimi

Bir bentik makroomurgasız araştırması yürütmeden önce elde edilmek istenen bilgi net bir şekilde tanımlanmalı. Kullanılacak metodolojinin nihai seçimi, üzerinde çalışılacak habitata (akarsu, göl, rezervuar veya deniz) bağlıdır. Örneğin, deşarjın mansap yönünde bulunan bir makroomurgasız topluluğunun zarar görüp görmediğini belirlemek için deşarjın mansap ve memba yönlerinde yalnızca bir kaç örnekleme istasyonu yeterli olurken amaç zararın boyutunu bir deşarjla veya birkaç deşarjla sınırlamak olduğu durumlarda tüm deşarjların memba yönünde referans istasyonları kurulması, her deşarjın iki tarafına istasyonlar yerleştirilmesi ve mansap yönünde istasyonlar kurulması gereklidir. Deniz suyu için yakınlardaki bir nehir ağzından örnek almak veya açık deniz için deşarj noktasından biraz uzak bir noktadan örnek almak gerekli olabilir.

Örnekleme yapılacak istasyondan sediment büyüklük sınıfı dağılımını (kum, silt ve kil) belirlemek için sedimandan numune alınmalı. Organik içerik ve toksik kirletici konsantrasyonları; sıcaklık, tuzluluk, sertlik, alkalite, çözünmüş oksijen, toplam organik karbon, amonyak, sülfür ve besleyici madde (toplam ve çözünmüş) konsantrasyonları, biyokimyasal oksijen ihtiyacını belirlemek için su numunesi alınmalı ve su derinliği ile akarsularda debi ölçümü yapılmalıdır.

Belirli bir su kütlesiyle ilgili tüm faktörler iyice anlaşıldıktan sonra örnekleme yapılacak belirli alanlar seçilmeli. Örnekleme istasyonu sayısı ile ilgili standart bir yöntem bulunmamaktadır. Mevcut tüm atık deşarjlarını izlemek için uygun bir metod yoktur. Ancak aşağıda yer alan bazı temel kurallara uyulduğu takdirde iyi bir araştırma tasarlanabilir:

1. Her zaman memba yönünde veya söz konusu tüm atık su deşarjlarından uzak bir noktada referans istasyon/istasyonları belirlenmeli. Çoğu araştırma, kirliliğin sucul yaşama verdiği zararı belirlemek üzere yapıldığı için bu istasyonlar kirlenen ve kirlenmeyen alanlardaki biyotanın karşılaştırılmasına yönelik temel oluşturacaktır. Tercihen biri deşarjdan çok uzak veya memba yönünde, diğeri ise atık su deşarjının doğrudan yukarısında veya yakın çevresinde ancak etkisine maruz kalmayacak şekilde yerleştirilen en az iki referans istasyon belirlenmeli. Mümkün olduğu durumlarda fizikokimyasal özellikleri alıcı alanın substratının veya üstündeki suyun özellikleriyle benzer olan referans istasyonları kullanılmalı.
2. Mansap yakınında veya etkilenen alanda her deşarjın yakın çevresinde bir istasyon yeri belirlenmeli.
3. Eğer deşarj, su kütleline girişte tamamen karışmıyorsa, bir taraf boyunca akıyorsa veya belirli bir yöne doğru dağılıyorsa istasyonları akarsu üzerinde sol banka (membaya bakarak), kanalın ortasına ve sağ bank kısımlarına; göl ve deniz sularında eş merkezli arklara veya çalışmanın hedeflerine hizmet edecek şekilde yerleştirilmeli.
4. Zararın doğrusal boyutunu belirlemek amacıyla istasyonları söz konusu son deşarjın mansap yönünde çeşitli mesafelerle kurulmalı. Deniz ortamında yakındaki bir nehir ağzından veya açık sudan akıntı, derinlik, sediment özellikleri ve tuzluluk bakımından kıyaslanabilir yakındaki bir alandan numune alınmalı.
5. Makroomurgasız topluluklarının karşılaştırılmasına olanak sağlamak için tüm örnekleme istasyonlarının ekolojik olarak benzer olduğundan emin olunmalı. Örneğin, dip substratlar (kum, çakıl, kaya, çamur, organik içerik), derinlik, kum birikintisi veya havuzların varlığı, akarsu genişliği, gradyan, debi, bank veya kıyı örtüsü, tuzluluk veya sertlik, TOK, besleyici madde ve çözülmüş oksijen konsantrasyonları ve dalgaya maruz kalma durumu bakımından benzer olan istasyonlar seçilmeli.

6. Bulgular arasında korelasyonu sağlamak amacıyla fiziksel, kimyasal ve toksikolojik analizler için numuneleri mümkün olduğunca biyolojik örnekleme istasyonuna yakın yerlerden alınmalı. Bu tip numuneler mümkün olduğu durumlarda aynı anda ve aynı yöntemle alınmalı. Fizikokimyasal analizler için substat numunelerini organizmanın çoğunluğunun yaşadığı sedimanın birkaç santimetre üstünden alınmalı.
7. Makroomurgasızlar için örnekleme istasyonları, farklı koşullardan (köprü, baraj, vb.) etkilenmeyen en iyi fiziksel habitat alanlarına yerleştirilmeli.
8. Kıyıya yakın alanlardaki deşarjlar, tuzlu suyun girişimindeki (tuzlu su duvarı) farklılığa maruz kalabilir. Böyle alanlarda makroomurgasız popülasyonları önemli ölçüde değişebilir. Bu etki örnekleme noktası seçiminde göz önünde bulundurulmalı.
9. Küçük, sığ akarsulardan örnekleme alırken örneklemin kendisinden doğabilecek bozulmaları en aza indirmek için örnekleme en mansap yönündeki istasyondan başlanmalı ve daha sonra memba yönüne ilerlenmeli. Bu işlem sığ olmayan akarsu ve nehirler için gerekli değildir. (Alden, R.W., III, S.B. Weisberg, J.A. Ranasinghe & D.M. Dauer,1997; Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 2012)

4.3. Makroomurgasız Örnekleme Metodolojisi ve Kullanılan Ekipman

Makroomurgasızlar su ekosistemlerinin önemli bir bileşeni olup sucul ekolojik durum izlemesi için kullanılan en yaygın biyolojik gruptur. Su kalitesi ve ekolojik değerlendirmeyi de içeren birçok özel uygulama için çok kapsamlı örnekleme ve araştırma metodolojileri geliştirilmiştir (Hellawell, 1978; Knobon, R.A.E., Roos, C., van Oirschot, 1994/1995). Bentik makroomurgasız örneklemesine yönelik dört adet ISO standardı mevcut olup yayınlanma ve bu standartların revize zamanı Tablo 4.3'te yer almaktadır (Poikane et al., 2015) Tatlısularda makroomurgasız örnekleme ve ekipmanı ile ilgili standartlar yeterli iken kıyı ve geçiş suları ile ilgili daha ayrıntılı bilgilendirmeye ihtiyaç duyulmaktadır.

Tablo 4.3: Makroomurgasız örnekleme standartları (Poikane et al., 2015)

Makroomurgasız Örnekleme Standartları			
Standart No	Standart Adı	Yayınlanma Tarihi	Revize Tarihi
TS EN ISO 10870	Tatlı Sularda Nehir Dibi Makroomurgasızları İçin Numune Alma Metodunun ve Cihazlarının Seçimi	2012	2017
TS EN ISO 15196	Ekolojik Değerlendirme İçin Chironomidae (Diptera Takımı) Pupal Exuviae Numunesinin Alınması ve İşlenmesine Dair Kılavuz	2006	2016, 2021
TS EN ISO 16665	Deniz Yumuşak Dip Makrofaunasından Kantitatif Olarak Numune Alınması ve Numunelerin Hazırlanması Kılavuzu	2014	2019
TS EN ISO 16150	(Yürünerek Geçilebilecek Kadar) Sığ Nehirlerden Dip Makroomurgasızların Oransal (Multi-Habitat) Çoklu Habitat Yöntemi ile Örneklenmesine dair Kılavuz	2012	2017

Bentik makroomurgasız popülasyonun taksonomik bileşim, bolluk ve çeşitlilik gibi parametrelerinin değerlendirilmesi için, uygun numune alım cihazları gereklidir. Uygun numune alım cihazı seçimi çalışmanın amacının yanı sıra su türü ve çalışılmakta olan bentik makroomurgasız popülasyonuna dayalı olarak değişiklik göstermektedir (Hellowell, 1978)

Hiçbir örnekleme tekniği tüm su türlerine uygun değildir ve farklı gereksinimlerin yerine getirilmesini sağlayacak bir dizi örnekleme prosedürünün belirtilmesi gereklidir. Örnekleme işleminin çalışma hedeflerine uygun olması ve sahanın fiziksel özelliklerinin dikkate alınması ve bu sebeple, uygun mesafe, alan ve zamana dayalı olması gerekir (Furse, et all, 1981). Sel esnasında ve hemen sonrasında örnekleme işleminden kaçınılması gerekir (sellerin etkilerinin araştırılmaması durumunda). Bu zamanlarda alınan örnekler normal akış dönemlerinde alınan örneklerle kıyaslanabilir durumda değildir ve bunların sahanın altta yatan çevresel kalitesini doğru bir şekilde yansıtması mümkün değildir.

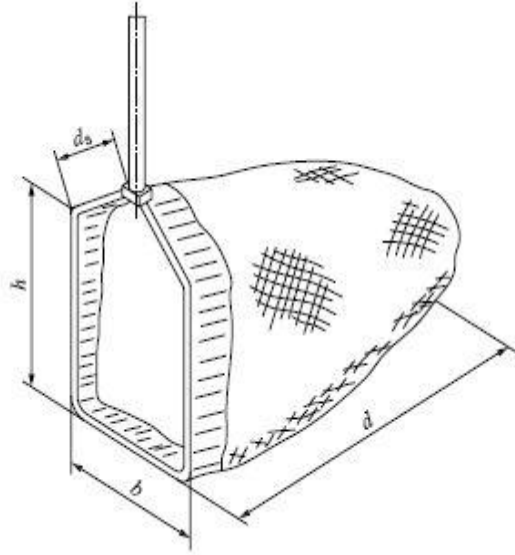
TS EN ISO 10870- Tatlı Sularda Nehir Dibi Makroomurgasızları İçin Numune Alma Metodunun ve Cihazlarının Seçimi uluslararası standartına göre hangi habitatta hangi cihazların uygun olduğu ve hangi su tipinde hangi cihazın kullanılabileceği Tablo 4.4’de belirtilmektedir.

Tablo 4.4: Spesifik ortamlara yönelik cihaz seçimi (TS EN ISO 10870)

Ekipman	Su				Numune türü		
	Durgun	Akan	Derin	Sığ	Nitel	Yarı-nitel	Nitel
Kepçe ağ	√	√	√ ^a	√	√	√	-
Surber	-	√	-	√	√	√	√
Kutu	-	√	-	√	√	√	√
Silindir	-	√	-	√	√	√	√
Direç	√	√	√	-	√	√	-
Ekman-Birge grab	√	√	√	√	√	√	√
Ponar grab	√	√	√	-	√	√	√
Van Ven grab	√	√	√	-	√	√	√
Polip grab	√	√	√	-	√	√	√
Hava kaldırmalı numune alıcı	√	√	√	-	√	√	√
Karot ve tüp numune alıcılar	√	√	√	-	√	√	√
Kolonizasyon numune alıcıları	√	√	√	√	√	√	-
√ = uygun - = uygun değil ^a Azami 4 m.							

4.3.1. Kepçe Ağı

Bir kepçe ağ bir koldan ve organizmaların toplandığı ağı tutan bir çerçeveden meydana gelmektedir. Kollar genelde metal, ahşap veya kuvvetlendirilmiş plastikten imal edilmekte olup çerçeve ise genelde metalden imal edilmektedir. Kullanım esnasında düz kenarın yatağa tam temas edecek şekilde yerleştirilebilmesi için dikdörtgen bir çerçeve tercih edilmektedir. Dikey kenarlar, üçgen bir şekilde kıyaslandığında, suyun daha büyük bir kesit alanının ağa girmesine olanak tanımaktadır. (Şekil 4.1)



Anahtar

b	en
d	derinlik
d_s	omuz
h	yükseklik

Şekil 4.1: Dikdörtgen bir kepçe ağ (TS EN ISO 10870)

Kepçe ağ çerçevesinin makul düzeyde bir numune alınmasını sağlayacak kadar büyük olması, ancak ağın suyun akışına aşırı direnç göstermesini – ki bu durumda, hızlı akıslarda numune alımı zor hale gelmektedir - mümkün kılacak kadar büyük olmaması gerekir. Ağın uzunluğu çalışmanın hedefine bağlı olarak farklılık gösterebilir. Şu anda kullanılmakta olan uygun dikdörtgen kepçe ağlar uzmanların saha deneyimleri ışığında oluşturulmuş olup çerçeve ebatları Tablo 4.5’de sıralanan aralıklarda bulunmaktadır.

Tablo 4.5: Kepçe ağ çerçeve ebatları (TS EN ISO 10870)

Ebat	mm
En, <i>b</i>	200 - 400
Derinlik, <i>d</i>	400 - 500
Omuz, <i>d_s</i>	100 - 200
Yükseklik, <i>h</i>	200 - 300

Kepçe için uygun bir ağ seçilirken, birbiriyle bağlantılı olan ağ ebatları ve şekli ile ağ materyalinin göz boyutu dikkate alınması zorunlu iki faktördür. Daha ince göz boyutu organizmalar ve çöpler ile tıkanma ihtimalini artırmaktadır. Bu durumda, ağ verimliliği azalırken, su ve organizmaların ağın içinden ziyade ağın dışında kalma eğilimi artmaktadır. Bu etkinin azaltılabilmesi için ağın derinliği artırılmaktadır veya ağ sıklıkla boşaltılmaktadır. Yönlendirme açısından, Tablo 3'te açılma boyutlarının bir fonksiyonu olarak en uygun ağ derinliklerinin örnekleri sağlanmaktadır. Ağ şekli örnekleme açısından özel bir öneme haiz değildir, ancak söz konusu şekil imalat esnasında göz önüne alınacak pratik hususlarla belirlenebilir. Ağ materyali normalde bir iç çerçeveye bağlanan güçlü bir kanvasa dikilmektedir. Bu materyal aşınmaya karşı daha dayanıklıdır. Ağ materyali tek filamentli dokuma veya örgü olabilir. Tek filament daha dayanıklı olması nedeniyle tercih edilmektedir. Ancak sentetik iplik çürüme ihtimalinin daha düşük olması sebebiyle tercih edilmektedir, ancak bu ipliğin yeterli esneklik sağlayacak şekilde seçilmesi gerekir. Göz boyutunun çalışmanın hedeflerine uygun olması gerekir. Ağ göz boyutu artırıldığında, bolluk ve takson zenginliği tahminleri azalmaktadır. Standartta tavsiye edilen azami göz açılma boyutları Tablo 4.6'da verilmektedir.

4.3.1.1. Kepçe Ağ ile Bentik Makroomurgasız Örnekleme Metodları

Mümkün olduğunca fazla takson toplanması istendiğinde, çeşitli yöntemleri bir arada kullanarak numune alınmalıdır. Bitkilerin bulunduğu bölümlerden ve sarkık ağaçların kökleri arasındaki geçişler de dahil olmak üzere etraflıca incelenmelidir. bu yöntem vasıtasıyla ekolojik durum değerlendirmesi için bütün bentik

makroomurgasız türlerinin örneklenmesini sağlamaktadır. Numuneler alınmadan önce ve alındıktan sonra kepçe ağ incelenip yıkanmalıdır.

Tablo 4.6: Tavsiye edilen kepçe ağ boyutları ve ağ derinlikleri (TS EN ISO 10870)

Çalışma hedefi	Azami göz ağ boyutu (mm)	Tavsiye edilen asgari derinlik (mm)	Yorumlar
Genel/rutin	0,5 - 1,0	400	Dip canlılarının küçük evrelerinin yakalanamama tehlikesi bulunmaktadır.
Biyolojik izleme: biyotik skorlar veya indekslerin kullanıldığı etütlere ilişkin veriler			
Daha eksiksiz mevcut takson kayıtları, çeşitlilik endeksleriyle gözetim için	0,5	450	Birçok makroomurgasızın erken lavra evrelerinin yakalanamama tehlikesi bulunmaktadır.
Korunma değerlendirmesi için nadir taksonlar da dahil olmak üzere tam takson listelerinin gerekli olduğu özel etütler için	0,25	550	İlk larva evreleri ve çok küçük organizmaların yakalanmasını sağlar ve bu durum su kalitesinin belirlenmesinde çok yararlı olabilir.

- **Tekmeleme Yöntemi ile Örneklenme**

Kepçe ağ ağız kısmı akış istikametine ters yönde olacak şekilde ayaklar arasında, nehir yatağı üzerinde dikey şekilde tutularak su tabanına yerleştirilmeli. Su tabanı ayak ile sert bir şekilde karıştırılarak ortamda bulunan materyalin harekete geçirilerek ağ içerisinde toplanması sağlanmalı. Nehir boyunca çalışılarak, farklı habitatlardan numune alınmalı. Su tabanındaki taşların bir bölümü çıkarılarak elle incelenmeli ve varolan makroomurgasızlar ağa alınmalı. Yarı-nicel sonuçların hesaplanabilmesi için, tekmeleme ile alınan örneğin üzerinde mutabık kalınan süre veya üzerinde mutabık kalınan alana dayalı olarak belirlenmesi gerekir. Rutin

ekolojik durum değerlendirmesi açısından makul bir örnek elde edilmesi için TS EN ISO 16150 standartında tavsiye edilen süre 2 ila 5 dakika arasındadır (TS EN 16150). Dünya geneli uygulamalarda ve ülkemizde gerçekleşen rneklemeye çalışmalarında rneklemeye için genellikle 3 dakika tutulmaktadır. Azami miktarda takson yakalanması amacıyla gerçekleştirilen koruma ve biyoçeşitlilik çalışmalarında daha uzun rneklemeye yapılmalıdır.

Yakalanan örneklerin kolayca çıkarılabilmesi için, örnek ağın bir köşesinde su ile yıkanmalı ve ardından, ağ sudan çıkarılırken hafifçe silkelenmeli. Bunun ardından, ağ ters düz edilerek örneğin bir numune kabına aktarılması sağlanmalı. Örneklemeye sonrası ağın iyice yıkanması tavsiye edilmektedir. Fazla su, çalılar, taşlar, yapraklar ve diğer çöpler boşaltıldıktan sonra örnek muhafaza altına alınmalıdır. rnek yığının azaltılması için, ağla aynı göz boyutuna sahip bir elek kullanılabilir.

- **Çok sığ akan suda elle numune alımı**

Kepçe ağın düz alt kenarı akıntıya karşı tutulurken, su yatağındaki taşlar el yardımıyla hemen memba yönünde evirilmeli. Taşlardan ayrılan hayvanların akıntıyla ağın içine taşınması sağlanmalı. Taşlar incelenmeli, taşa yapışan veya tutunan türler çıkarılmalı ve örneğe eklenmeli. Alttaki daha küçük kalıntılar ise hareket ettirilerek diğer organizmalardan ayrılmalı. rnek alınırken istasyonda bulunan farklı habitatlar bulunma bolluklarına göre örneklenmeli. Örneğin, taşlık alan kumluk alandan daha fazla ise taşlık alanın daha fazla örneklenmesi yapılmalı.

- **Yavaş akan veya durgun sularda numune alımı**

Standartta durgun suda, kepçe ağ ile örneklemenin en uygun yöntem olmadığı belirtilmektedir. Çünkü makroomurgasızların rneklemeye esnasında ağın içerisine taşınması için akıntıya ihtiyaç vardır. Standartta durgun sularda rneklemeye için Tablo 4.1'de verilen uygun diğer yöntem ve cihazların kullanımı tavsiye edilmektedir. Tabloya göre böyle sularda direç, hava kaldırmalı numune alıcı, karot ve tp numune alıcı veya kolonizasyon numune alıcı kullanılabilir.

Taşlı gl kıyıları gibi birtakım habitatlar için standartta elle seçme yöntemiyle numune alımının uygulanabileceği, ancak bu yönteminde toplama verimliliğinin

daha düşük olmasına sebebiyet verebileceği ifade edilmektedir. En iyi yöntem olarak taşların dikkatlice çıkarılması ve ağ içerisinde iyice çalkalandıktan sonra, geriye kalan hayvanların elle seçilerek numuneye eklenmesi belirtilmektedir.

Yavaş akıntılı ve durgun sulu habitatlarda numune alımının, su hareketi hiç olmadığından ya da yeterli olmadığından, akan suda kullanılan farklı olarak, tabandan ayrılan hayvanların ağ içerisine taşınması amacı ile akıntı oluşturulması gerektiği belirtilmektedir. Durgun suda akıntılı yapı örnekleme yapan kişinin tabanı ayakları ile hareketlendirmesi ve ağın hareket ettirilen alandaki su boyunca defaatle yüzdürülmesi suretiyle gerçekleştirilir. Böylece durgun su tabanından serbest kalan hayvanlar ağ içerisinde toplanabilir.

- **Derin sularda numune alımı**

Tabanda çamur veya siltin bulunduğu 4 m'ye kadar olan derin ve durgun suda örnekleme, kepçe ağ tabanın yüzey tabakasından tercihen önceden belirlenmiş bir alan veya mesafe boyunca çekilmesi veya itilmesi ile gerçekleştirilir.

- **Yüzeyde yaşayan makroomurgasızlarda numune alımı**

Standartta kepçe ağın yüzeyde yaşayan makroomurgasızların toplanması için en etkili yöntemlerden biri olduğu belirtilmektedir. Süre tutulan örneklemeelerde, zamanın bir kısmının bu hayvanların toplanması için kullanılması gerektiği belirtilmektedir. Bitki topluluklarında, su yüzeyinde ağla tarama yapılmalı. Korunma ve biyoçeşitlilik çalışmaları açısından, ağla yüzeyde aktif numune alımı gereklidir.

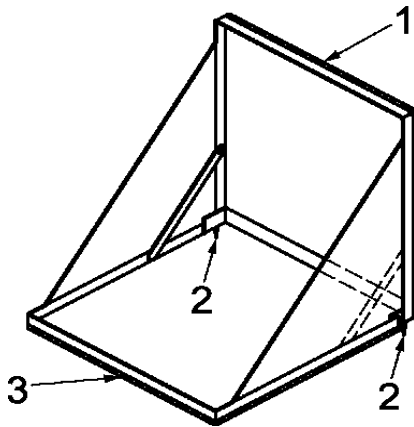
Kepçe ağa yönelik performans özellikleri Tablo 4.7'de sağlanmaktadır.

Tablo 4.7: Kepçe ağ numune alıcısına yönelik performans özellikleri

Numune alınan habitat	Yorum
Bitkiler	Makrofitler ve köklü numune alınlarında tarama için iyi
Sığ su	Çok iyi
Derin su	4 m derinliğe kadar
Yumuşak substrat	Yumuşak substratlar için uygun
Sert substrat	Sert substratlar için uygun
Yüzeyde yaşayan makroomurgasızların toplanması	Çok iyi. Bu, yüzeyde yaşayan makroomurgasızların [Gerridae (suda koşanlar) gibi] toplanması açısından tek aktif yöntemdir.
Veri türü	Nitel/yarı-nicel

4.3.2. Surber Numune Alıcısı

Numune alıcı birbirine tutturulan iki çerçeveden meydana gelmektedir; bu çerçevelerden biri ağı desteklerken, diğeri numune alım alanını belirlemektedir. Numune alıcının tamamı yaklaşık 2 kg ağırlığında, düz şekilde katlanmakta ve taşınması kolaydır. Her bir çerçeve, genelde 200 mm x 250 mm veya 333 mm x 333 mm boyutlarında (yaklaşık 0,05 m² veya 0,1 m² büyüklüğünde bir numune alım alanı ve net bir ağız oluşturulması için) bir karedir. İki köşebent iki çerçeveyi birbirine göre dik açılarda çalışma konumuna sabitlemektedir. İki üçgen ağ veya kanvas kanat ağın yanlarında bulunarak omurgasız kaybını azaltmaktadır (Şekil 4.2).



Anahtar

- 1 ağ desteği
- 2 büyük çivi
- 3 polikloropiren kenar

Şekil 4.2: Bir Surber numune alıcı çerçeveye ilişkin şematik diyagram

Ağ derinliğinin Tablo 4.6’da sağlanan tavsiyelere uygun olması ve ağ ağzı etrafındaki kısa bir alanı güçlendiren daha ağır materyalden (örn. kanvas veya yelken bezi) mamul bir manşonun bulunması gerekir. Bu manşon ağ dayanıklılığını artırmaktadır ve aşınmaya karşı korunması için ağ altında uzatılabilmektedir. Ağ arka kenarda bir kubbe şekli alacak şekilde hafif sivriltilmiş olup torba ve koni şeklindeki ağlar sıklıkla kullanılmaktadır.

4.3.2.1. Surber Numune Alıcı ile Örnekleme

Ağın açılmasından ve yandaki köşebentlerin sabitlenmesinden sonra, numune alıcının açık tarafı memba yönüne bakacak şekilde suya yerleştirilmeli. Böylelikle ağ akıntı ile açık tutulmaktadır. Açık kare çerçeve numune alım alanını belirlemek üzere yatak üzerine sıkıca yerleştirilir. Örnekleyen numune alıcı arkasında ayakta durmalı, ayaklar toplama ağı etrafında iki yana açık şekilde durmalı ve dizler ağın bağlı olduğu çerçevenin üst kısmına dayanmalı. Bu konum örnekleyen kişi için uygun olup alttaki çerçevenin de substrata dayanmasını sağlar.

Kare içerisindeki substrat elle dikkatli bir şekilde hareket ettirilmeli. Büyük taşlar elle temizlenerek su dışına çıkarılmalı. Substrat üzerinde bulunan, küçük taş ve çakıllar karıştırılmalı ve bütün materyalin ağa girmesi sağlanmalı.

Hafif akışlı sulara surber numune alıcı ile örnekleme için bir kişi yeterli iken yüksek akıntı hızı ($>0,8\text{ms}^{-1}$) bulunan suda iki kişi tarafından örnekleme yapılmalı.. Bir kişi numune alıcısı tutarken, diğeri substratı hareket ettirmeli.

Örnekleme bittikten sonra numune alıcının açık kenarı memba yönüne bakacak şekilde sudan çıkarılmalı ve tekrar suya daldırılarak ağdaki materyal yıkanarak ağ ucunda toplanmalı ancak ağ ağzının yeniden daldırılmaması ek hayvanların ağa girmesinin önlenmesi için önemlidir. Ağın sudan çıkarılıp ters düz edilerek ağda bulunan materyallerin numune alınmakta olan su kütesinden alınmış suyun bulunduğu bir kaba aktarılmalı. Bazı örnekleyciler istenmeyen çöplerin (örn. tahta parçalar ve kayalar) çıkarılması ve numune kütesinin en alt düzeye indirilmesi için numune alım ağının ucuna bir toplama şişesi yerleştirmektedir. Bazı

örnekleyiciler ise numunedeki istenmeyen tortuyu ayırmak için küçük bir ağ kullanmaktadır. Nicel sonuçlar için, sayıların gerekenden az tahmin edilmesinin önlenmesi amacıyla, numunenin hemen korumaya alınması gerekir.

Surber numune alıcıya yönelik performans özellikleri Tablo 4.8’te sağlanmaktadır. (TS EN ISO 10870)

Tablo 4.8: Surber numune alıcısına yönelik performans özellikleri

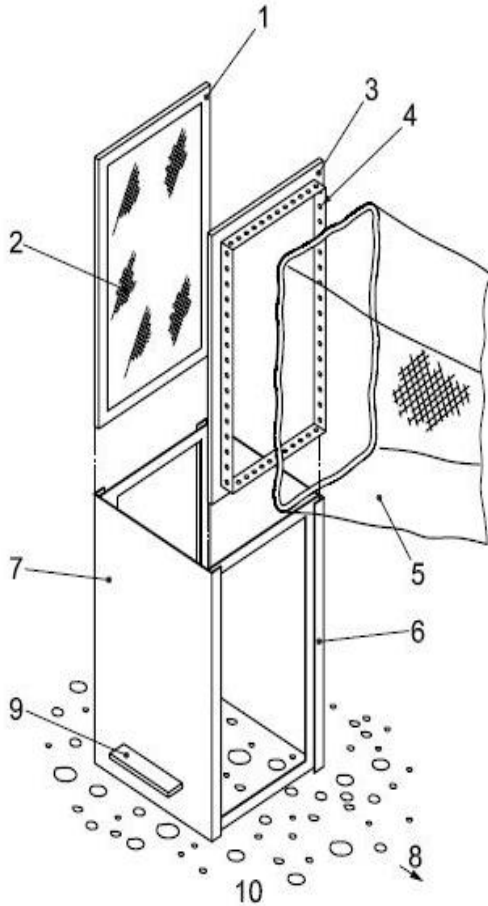
Numune alınan habitat	Yorum
Bitkiler	Bitki topluluklarında kullanım sınırlıdır.
Sığ su	Performans akışa dayalıdır, yavaş ve durgun sularda kullanım sınırlıdır.
Derin su	Derin suda uygulama, su bulanık olduğunda düşük erişilebilirlik ve sınırlı görünürlük nedeniyle sınırlıdır.
Yumuşak substrat	Yumuşak substratlar için uygundur.
Sert substrat	Sert substratlar (kaya blokları/ana kayalar hariç) için uygundur.
Kaya blokları/ana kayalar	Kullanılamaz.
Yüzeyde yaşayan makroomurgasızların toplanması	Yüzeyde yaşayan makroomurgasızların toplanması için uygun değildir.
Veri türü	Nitel/yarı-nicel/nicel

4.3.3 Kutu Numune Alıcısı

Bir Surber numune alıcısının daha dayanıklı bir tasarımı Şekil 4.3’te gösterilen kutu numune alıcısıdır. Bu yapıda iki çerçevenin yerini bir kutu almaktadır. Kutunun açık bir alt ve üst bölümü, kapalı yanları, mansap tarafında bir ağı ve memba tarafında bir eleği (sürüklenen organizmaların girişinin önlenmesi için) bulunmaktadır. Kutu kullanımı omurgasız kaybını en alt düzeye indirmektedir ve bu durum bilhassa yüksek akıntı hızlarında çalışırken kullanım kolaylığı sağlamaktadır.

4.3.3.1. Kutu Numune Alıcı ile Örnekleme

Kutu numune alıcısı Surber numune alıcısına benzer bir şekilde kullanılmaktadır. Numune alım alanının gereksiz yere hareket ettirilmemesi için, numune alım konumuna mansaptan yaklaşılmalı. Su giriş eleğinin akıntıya doğru bakması için, numune alıcısı nehir yatağına yerleştirilmeli. Mümkün olduğunda, kutunun azami 70 mm'lik bir derinlikle substrat içerisine itilmeli. Toplama ağı tamamen açık ve silindirin mansabına doğru uzanacak şekilde düzenlenmeli. Bu durum, suyun ağdan kesintisiz olarak akışını sağlamaktadır. Örnekleyen kişi numune alıcısının hemen mansabında ayakta durmalı, ayakları toplama ağının iki tarafında açık durmalı ve her iki ayak ve bacak kullanılarak numune alıcının konumu aynı seviyede tutulmalı.



Anahtar

- 1 ön çerçeve galvanizli çelik
- 2 tel örgü
- 3 arka çerçeve galvanizli çelik
- 4 ince tel kullanılarak ağın bağlanmasına ilişkin delikler
- 5 ağ
- 6 ana numune alıcı birimi
- 7 kapalı yan panel
- 8 akış
- 9 metal flanş
- 10 nehir yatağı

Şekil 4.3: Bir kutu numune alıcısının şematik bir diyagramı (TS EN ISO 10870)

Bu numune alıcısının avantajı, dipte bulunan makroomurgasızların örneklenmesinin yanı sıra makrofit toplulukları üzerinde de kullanılabilirdiğinden bitkiler ile ilişkili omurgasızların toplamasına olanak tanınmasıdır.

Ağın içerisindeki organizmaların yıkanması için ellerin kullanılması durumunda, bu numune alıcısı durgun suda da kullanılabilir.

Kutu numune alıcısına yönelik performans özellikleri Tablo 4.9'da sağlanmaktadır.

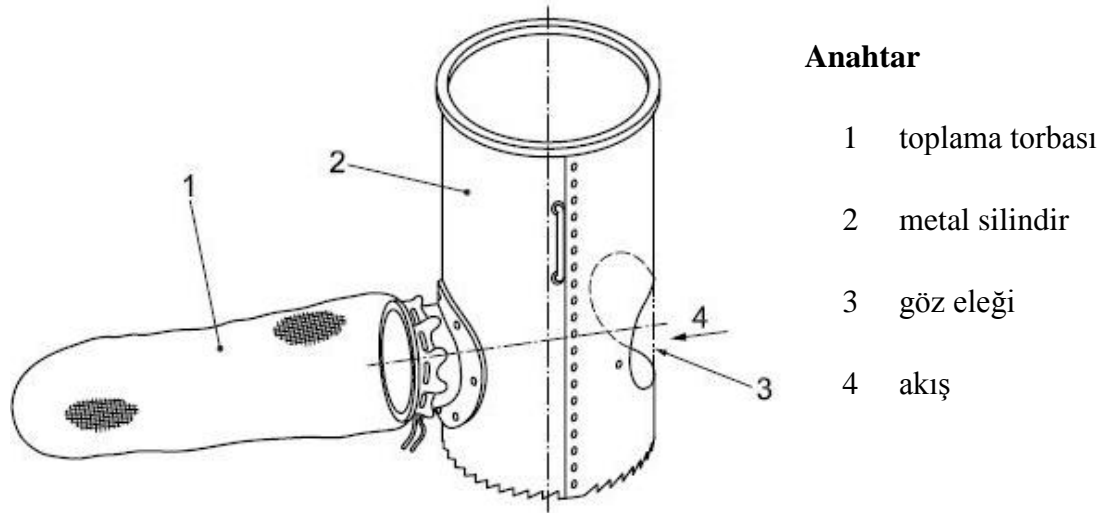
Tablo 4.9: Kutu numune alıcısına yönelik performans özellikleri

Numune alınan habitat	Yorum
Bitkiler	Bitki toplulukları üzerinde kullanım için tasarlandığından makrofit toplulukları ile ilişkili makroomurgasızların toplanması için kullanılabilir.
Sığ su	Organizmaların yakalanması numune alıcısından geçen su akışına bağlı olduğu için yavaş ve durgun sularda sınırlıdır.
Derin su	Kutu yüksekliği ile sınırlıdır.
Yumuşak substrat	Yumuşak substratlar için kullanımı uygundur.
Sert substrat	Sert substratlar (kaya blokları/ana kayalar hariç) için uygundur.
Kaya blokları/ana kayalar	Kullanılamaz.
Yüzeyde yaşayan makroomurgasızların toplanması	Yüzeyde yaşayan taksonların toplanması için uygun değildir.
Veri türü	Nitel/yarı-nicel/nicel

4.3.4. Silindir Numune Alıcısı

Silindir numune alıcısı temel olarak paslanmaz çelikten mamul, 0,5 mm kalınlığında ve her biri 10 mm derinliğinde dişlere sahip çıkıntılı bir alt kenara sahip açık uçlu bir silindirden meydana gelmektedir (Şekil 4.4). Operatörün korunmasına yönelik plastik bir kenarlık üst kenarı kaplayabilir. Numune alıcısının substrat

içerisine rahatlıkla itilmesi için, cihazın yan tarafındaki kollar kullanılmaktadır. Suyun numune alıcısına girmesinin sağlanması için, alt kenar yanındaki silindirin bir tarafında oval bir ağız bölümünün açılması gerekir. Sürüklenen organizmaların girişinin azaltılması için, bu ağız bölümünde yaklaşık 1 mm çapında iri tane gözü bulunan paslanmaz çelik bir elek yerleştirilmektedir. Bu ağzın karşısında, ikinci bir delik açılmaktadır ve bu bölüme çıkarılabilir bir toplama ağının bağlandığı kısa bir çıkış portu yerleştirilmektedir. Uygun göz boyutunun seçimi inceleme mahiyetine bağlı olarak değişmekte olup standartta tavsiye edilen boyutlara ilişkin göstergeler Tablo 4.5'te yer almaktadır. Ağın 500 mm derinliğinde olması ve çıkış portuna bağlanmak üzere bir kordonun tutulduğu 50 mm derinliğinde kanvas bir manşonla birlikte naylondan imal edilmektedir. Çıkış portunun uzak kenarı üzerindeki sığ bir flanş bağlanmayı sağlamaktadır. Genelde 0,05 m² ve 0,1 m² yatay çapraz kesit alanı bulunan iki silindir boyutu kullanılmaktadır. Her iki silindirin derinliği genel olarak yaklaşık 450 mm'dir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4: Silindir numune alıcısı (TS EN ISO 10870)

4.3.4.1. Silindir Numune Alıcı ile Örnekleme

Yavaş veya durgun sularda, sürekli akış ve toplama özelliklerinin olmadığı değiştirilmiş basit bir silindir kullanılabilir. Çevrelenmiş alanın hareket ettirilmesiyle

ortaya çıkan makroomurgasızlar gırgır ya da bir elek (uygun göz boyutlu) veya emme pompası vasıtasıyla toplanmalı.

Numune alım alanının gereksiz yere hareket ettirilmemesi için, numune alım konumuna mansaptan yaklaşılmalı. Numune alıcısı su yatağına su giriş eleği akıntıya doğru bakacak şekilde yerleştirilmeli. Mümkün olduğunda, silindir azami 70 mm'lik bir derinlikle substrat içerisine itilmeli. Toplama ağı tamamen açık olacak ve silindirin mansabına doğru uzanacak şekilde düzenlenmeli. Bu suyun ağdan kesintisiz olarak akışını sağlamak için gerçekleştirilir. Örnekleyen numune alıcısının hemen mansabında ayakta durmalı, ayaklar toplama ağının iki tarafında açık durmalı ve her iki ayak ve bacak kullanılarak numune alıcının konumu aynı seviyede tutulmalı.

Büyük taşlar incelenerek taşa bağlı bulunan hayvanlar silindirden akan su içerisine boşaltılmalı. Substrat elle karıştırılarak, küçük taşlar ve ince substrat hareket ettirilmeli. Cam kalıntılarının sıklıkla nehirlerde toplandığı kentsel alanlarda karıştırma işlemi esnasında dikkatli olunması tavsiye edilmektedir. Bu ortamlarda, substratın güvenli bir şekilde hareket ettirilmesi için sopa veya el tırnığı kullanılabilir. Ayrılan materyalin toplama ağı içerisine taşınması beklendikten sonra, ağ çıkarılmalı. Bu yapılırken, çıkarma işleminin kolaylaştırılması için, numunenin ağın sonunda toplanması sağlanmalı. Yakalananlar ilk inceleme ve tasnif amacıyla bir tepsiye aktarılması için ağın ters döndürülmeli; ağın içindeki tüm hayvanların çıkarılmasının sağlanmasına dikkat edilmeli.

Ağ içerisine organizmaların çekilmesi amacıyla yeterli akıntının sağlanması için ellerin kullanılması halinde, numune alıcısı durgun suda kullanılabilir. Su derinliğinin numune alıcısından daha fazla olması durumunda, sonuçlar yalnızca yarı-nicel olarak değerlendirilmeli.

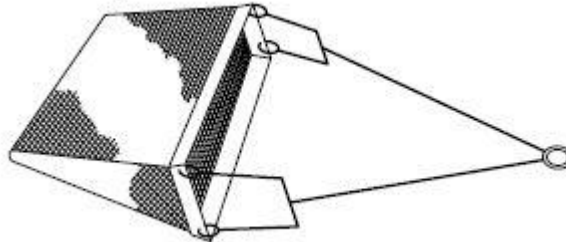
Silindir numune alıcısının performans özellikleri Tablo 4.10'da sağlanmaktadır.

Tablo 4.10: Silindir numune alıcısına yönelik performans özellikleri

Numune alınan habitat	Yorum
Bitkiler	Bitki toplulukları üzerinde kullanılabilir.
Sığ su	Performans akışa bağlı olduğundan, yavaş ve durgun sularda kullanımı sınırlıdır.
Derin su	Kullanımı silindir yüksekliği ile sınırlıdır.
Yumuşak substrat	Yumuşak substratlar için kullanımı uygundur.
Sert substrat	Sert substratlar (kaya blokları/ana kayalar hariç) için uygundur.
Kaya blokları/ana kayalar	Kullanılamaz
Yüzeyde yaşayan makroomurgasızların toplanması	Yüzeyde yaşayan taksonların toplanması için kullanımı uygun değildir.
Veri türü	Nitel/yarı-nicel/nicel

4.3.5 Direç

Direç (Şekil 5) yaklaşık 35 cm uzunluğunda bir toplama ağını destekleyen dayanıklı dikdörtgen bir çerçeveye sahip olup küçük versiyonu genel olarak 46 cm x 19 cm ebatlarında ve yaklaşık 9 kg'lık bir kütleye sahip iken büyük versiyonu genel olarak 61 cm x 20 cm ebatlarında ve yaklaşık 15 kg'lık bir kütleye sahiptir. Ağın göz boyutu çalışma amacına uygun hale getirecek biçimde değiştirilebilir (Tablo 4.6). Yakalama ağı direç ağzının uzunluğundan yaklaşık iki veya üç kat uzunluğa sahip sağlam bir ağ ile korunabilir.



Şekil 4.5: Direç (TS EN ISO 10870)

4.3.5.1. Direç ile Örnekleme

Direçin genellikle tekne üzerinden kullanımı gerçekleştirilir ancak direç bir nehir, kanal veya göl kıyısından da atılabilir. Direç kullanımı bir tekne ile gerçekleştirildiğinde, ilk olarak çekme mesafesi belirlenmeli ve ardından, teknenin tarama konumu memba yönüne doğru demirlenmeli ve direç tekneye çekilmeli. Bu işlem, direçin doğrudan çekilmesi esnasında nehir yatağı üzerinde oluşan direnç etkisini önlediğinden daha kolaydır. Direçin çekilmesi tavsiye edilmez, çünkü direç, taşla dolu olduğunda, bir çapa gibi işlev görebilir. Uzunluğu bilinen bir halat salınarak, çekme mesafesi standart hale getirilebilir. Çekme mesafesi nehir yatağının durumuna göre değişmektedir; örneğin, ince çakıl üzerinde, ağ 1 m'den sonra dolabilmektedir. Direçin üzerinde zıplama ihtimalinin bulunduğu daha büyük taşlardan meydana gelen substratlar içerisinde, temsili bir numune elde edilmeden önce, direçin 5 m'den fazlası çekilmeli. Direç çekilirken nehir yatağından yukarı kalkmasının engellenmesi için, halatın nehir yatağına ilişkin açısı tercihen 25°'nin altında tutulmalı. Ağda kalan hayvanların kaba aktarılmasına dikkat edilerek, numune büyük bir kaba boşaltılmalı ve numune korunmaya alınmadan önce, fazla suyu numunedan uzaklaştırılmalı.

Grab numune alımı ile birlikte, direç temel olarak nadir, hareketli ve hassas türlerin nitel şekilde yakalanması amacıyla kullanılmaktadır. Alınan mesafenin kaydedilmesine yönelik olarak direçe bir cihaz eklenmesi durumunda, direç bolluk belirlenmesi amacı ile de kullanılabilir.

Direç, suda sürüklenerek hareket eden omurgasızların toplanmasında etkilidir.

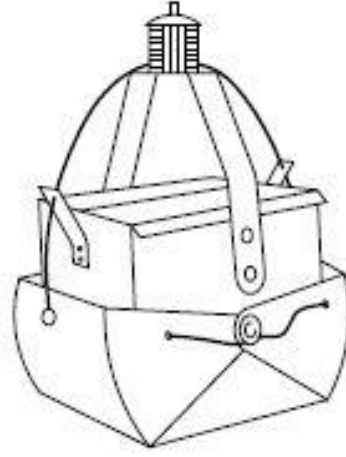
Direçe yönelik performans özellikleri Tablo 4.11'de sağlanmaktadır.

Tablo 4.11: Direçe yönelik performans özellikleri (TS EN ISO 10870)

Numune alınan habitat	Yorum
Bitkiler	Yoğun bitki topluluklarında kullanımı sınırlıdır.
Sığ su	Derin sular için kullanımı daha uygundur.
Derin su	Uygundur.
Yumuşak substrat	Yumuşak substratlar için kullanılabilir, ancak ağır ciddi şekilde tıkanmasının engellenmesi için çok kısa tarama mesafelerinde kullanılmalıdır.
Sert substrat	Partikül boyutu >2 mm çakıl ve taş substratlar için kullanımı uygundur.
Kaya blokları/ana kayalar	Büyük taşlardan meydana gelen substratlar üzerinde kullanılması zordur.
Yüzeyde yaşayan makroomurgasızların toplanması	Yüzeyde yaşayan organizmaların toplanması için kullanımı uygun değildir.
Veri türü	Nitel/yarı-nicel

4.3.6 Ekman-Birge Grab

Ekman-Birge grab açık uçlu bir kutudur (genelde, 15 cm x 15 cm x 15 cm, 225 cm²'lik bir numune alım alanı sağlanmaktadır) (Şekil 4.6). Bu grabın elle çalıştırılan bir serbest bırakma mekanizması ile etkinleştirilen iki adet yaylı çenesi bulunmaktadır. Kutunun üst bölümünde, numune alıcısı nehir yatağına yaklaşırken (kutudan serbest bir şekilde su akışına olanak tanıyarak) şok dalgasını azaltan ve numune alıcısı yukarı kaldırıldığında materyal kaybını azaltan, birbirine tutturulmuş iki adet plaka bulunmaktadır. Çubukla kullanılan versiyonu ise halatla sallandırılan versiyonundan daha fazla kontrol ve girinim sağlamaktadır, ancak bu yalnızca 3 m'den daha az derinliği bulunan suda kullanılabilir. Alınan numunenin şekli çamurdan dolayı küpe ve çakıldan dolayı yarı-silindire benzemektedir.



Şekil 4.6: Ekman-Birge grab (TS EN ISO 10870)

4.3.6.1. Ekman-Birge Grab ile Örnekleme

Nehir, göl ve kıyı sularında örnekleme için kullanımı uygundur (TS EN ISO 16665, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 2012). Çubukla kullanılan veya halatla kullanılan Ekman-Birge grab çamur ve ince çakıldan nicel ve nitel numuneler elde edilmesine uygundur. Grab kurulurken, çeneler geri çekilip mekanizmanın serbest bırakılması için sabitlenmelidir. Ardından, numune alıcısı yavaşça nehir yatağına indirilir ve substratın hareket etmesinin engellenmesi gerekir ve ardından, çubukla kullanılan grab sıkı bir şekilde yerine oturtulmalı. Numune alıcının etkinleştirilmesi için, serbest bırakma mekanizması harekete geçirilmeli. Substrata ulaşan grabın çeneleri kendiliğinden kapanmaktadır. Ardından, numune alıcının hızlı bir şekilde alım işlemini tamamlanmalı. Ekman-Birge grabın girinim derinliğinin 10 cm'den az olmaması gerekir. Ekman-Birge grab ile alınan numuneler bir Van Veen grab ile alınan numunelerle aynı şekilde yerinde işlenmelidir. Numunelerin işlenmesine ilişkin sebepler ve kayıt protokolü, Van Veen grab'le ilgili hususlar ile benzerdir.

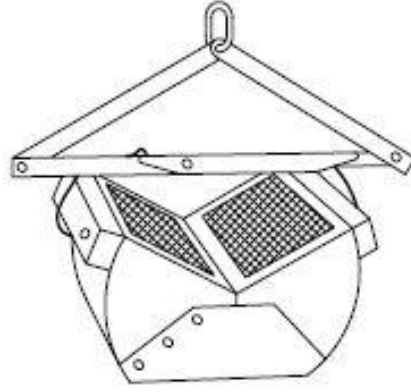
Ekman-Birge graba yönelik performans özellikleri Tablo 4.12'de verilmektedir.

Tablo 4.12: Ekman-Birge graba yönelik performans özellikleri

Numune alınan habitat	Yorum
Bitkiler	Bitkilerde numune alımına uygun değildir.
Sığ su	Çubukla kullanılan versiyonu sığ sularda kullanım için uygundur.
Derin su	Halatla kullanılan versiyonu derin sularda kullanım için uygundur.
Yumuşak substrat	Yumuşak substratlarda kullanımı uygundur.
Sert substrat	Belirli boyuta (16 mm'den küçük) sahip sert substratlarda kullanımı uygundur.
Kaya blokları/ana kayalar	Kaya blokları veya ana kayalarda numune alımına uygun değildir.
Yüzeyde yaşayan makroomurgasızların toplanması	Yüzeyde yaşayan taksonlarda numune alımına uygun değildir.
Veri türü	Nitel/yarı-nicel/nicel
Ek yorumlar	Ekipmanın kütlesi nedeniyle bir tekne ve vinç gereklidir. Köprüler veya platformlardan da kullanılabilir

4.3.7. Ponar Grab

Ponar grabın (genelde 560 cm²'lik bir numune alım alanı ve yaklaşık 23 kg'lık bir kütle) bir dizi kaldıraç vasıtasıyla bir makas hareketiyle kapanan iki büyük çenesi bulunmaktadır (Şekil 4.7). Çapraz kollar ile çeneleri ayrı tutulmaktadır ve grab nehir veya göl yatağına oturduğunda kendiliğinden serbest bırakılmaktadır. Grab yukarı kaldırılırken, çeneler kapanmaktadır. Alınan numunenin şekli çamur ise yarı silindir, çakıl ise fincan tabağı şeklindedir; bu nedenle, numune alıcı çakıl tabanının yüzeyinde yaşayan organizmaların toplanmasına uygundur.



Şekil 4.7: Ponar grab

4.3.7.1. Ponar Grab ile Örnekleme

Nehir, göl ve kıyı sularında örnekleme için kullanımı uygundur (TS EN ISO 16665, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 2012). Ponar grab genellikle çamur üzerinde ve taşların 16 mm'den daha uzun olmadığı ince çakıllarda nitel ve nicel numune alımı için uygundur. Grab halattan salınırken, çeneler çapraz kollar ile açılıp ayrı tutulmalı. Ardından, grab yavaşça nehir yatağına indirilmeli ve halat üzerindeki gerilim serbest bırakılmalı. Bu eylem, grab yukarı kaldırılmaya başlarken, çapraz kolların düşmesini ve çenelerin kapanmasını sağlamaktadır. Grabın substratı alma eylemi kendi kütlesine dayalı olarak değişiklik gösterdiğinden, çeneler kapanırken bir vinç kullanılarak grab yavaşça yukarı kaldırılmalı. Grab boşaltıldığında çenelerin içerisindeki hayvanların tamamının toplanmasına dikkat edilmeli. Çeneler taş ya da küçük dallarla dolu ise numune atılarak yeniden numune alınmalı. Bu numune alıcı kütlesi nedeniyle bir vinç yardımıyla tekne üzerinden kullanılmalı.

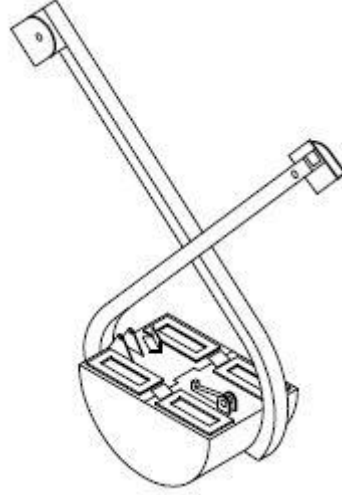
Ponar graba yönelik performans özellikleri Tablo 4.13'te sağlanmaktadır.

Tablo 4.13: Ponar graba yönelik performans özellikleri

Numune alınan habitat	Yorum
Bitkiler	Bitkilerde numune alımına uygun değildir.
Sığ su	Sığ sularda kullanımı uygun değildir.
Derin su	Derin sularda kullanımı uygundur.
Yumuşak substrat	Yumuşak substratlarda kullanımı uygundur.
Sert substrat	Belirli boyuta (16 mm'den küçük) sahip sert substratlarda kullanımı uygundur.
Kaya blokları/ana kayalar	Sınırlı kullanımı vardır.
Yüzeyde yaşayan makroomurgasızların toplanması	Yüzeyde yaşayan taksonlarda numune alımı için kullanımı uygun değildir.
Veri türü	Nitel/yarı-nicel/nicel
Ek yorumlar	Ekipmanın kütlesi nedeniyle bir tekne ve vinç gereklidir. Köprüler veya platformlardan da kullanılabilir

4.3.8. Van Veen Grab

Van Veen grab yumuşak tabanlarda büyük numunelerin alınması amacı ile tasarlanmış hafif bir numune alıcıdır (Şekil 4.8). Uzun kaldıraç kolları ve kepçelerin tabanındaki keskin kenarlar grabın yumuşak tabanlara derin kesiler yapmasını sağlamaktadır. Ağırlıklı çeneler, zincir süspansiyonu ve kapaklar ile elekler, tabana doğru aşağı indirme işlemi esnasında geçişi sağlamaktadır ve güçlü su altı akıntıları bulunması durumunda, dikey inişi sağlamaktadır. Graba eklenecek ağırlıkların seçimi numunesi alınmakta olan tortuların özelliklerine dayalı olarak değişiklik göstermektedir. Büyük yüzey alanı ve güçlü kapanma mekanizması çenelerin hareketsiz tortularda kazı yapmasını sağlamaktadır. Kapak eleklerinin aşağı indirme işlemi esnasında yukarı kaldırılan esnek kauçuk sürgüleri bulunmaktadır. Grab tabana oturduğunda, sürgüler geri itilmektedir ve elekleri tamamen kapatarak alım esnasında tortu kaybını engellemektedir.



Şekil 4. 8: Van Veen grab (kapalı konum)

4.3.8.1. Van Veen Grab ile Örnekleme

Derin nehir, göl ve kıyı sularında örnekleme için kullanımı uygundur (TS EN ISO 16665, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 2012). Van Veen grab açık konumda aşağı indirilmeli ve göl ya da nehir yatağına oturduğunda, tutucu üzerindeki gerilimin serbest bırakılması tetikleme çubuğunun düşmesini ve bu çerçevede, iki çenenin kapanması sağlanmalı. Bağlanan kablo yavaşça gergin hale gelirken, çenelerden uzanan uzun kollar yukarı kalkmaktadır ve çeneler kapanırken tortuyu engelleyen malzemenin içerisine derinlemesine girmektedir.

Bir Van Veen grab numunesinde üst tortu katmanı ve sırasıyla, en azından 5 l'lik kumlu veya 10 l'lik alüvyal çamur tortularının bulunması gerekir.

Alternatif olarak, girinim derinliği ölçülebilmekte ve bu derinliğin kumlu tortular için en az 5 cm ve alüvyal çamur tortular için en az 7 cm olması gerekir. Alüvyal çamur açısından, tutucunun tamamen gömülmesinin engellenmesi gerekir.

Numunenin alındıktan hemen sonra yerinde kontrol edilmeli ve numunenin kabulü veya atılmasına karar verilmeli. Paralel numunelerle kıyaslanan farklı numuneler ayrı olarak incelenmeli.

Numune atılma sebepleri şu şekildedir:

- a) Girinim derinliğinin çok düşük olması;
- b) Tutucunun (neredeysse) boş olması ve tamamen kapanmadığının açık bir şekilde görülmesi;
- c) Tutucunun tabana açılı olarak (dik olarak değil – çok değişken dolgu düzeyleri) nüfuz etmesi;
- d) Sırasıyla organizmaların elenmesi veya aktarılması esnasında malzeme kayıpları.

Bir numune alım sahasında beş denemenin ardından asgari girinim derinliğine ulaşılmamış olması halinde, en yüksek girinime sahip denemedeki numuneler alınmalı. Durumlar ve sebepleri test raporuna kaydedilmeli.

Eleme işleminden sonra Van Veen grab tamamen sabitlenmeli. Numunenin tamamı elekten geçirilmeli; tortudan arındırılmalı (iri tortular) ve 5 cm ve 1 mm göz boyutu çerçevesinde elekten geçirilmeli.

Bu, numunenin tortuların özelliğine göre farklı olarak işlendiği, ancak bölünmediği anlamına gelmektedir.

Van Veen graba ilişkin performans özellikleri Tablo 4.14’de sağlanmaktadır.

Tablo 4.14: Van Veen graba yönelik performans özellikleri

Numune alınan habitat	Yorum
Bitkiler	Uygun değildir.
Sığ su	0,5 m’den sığ sular için uygun değildir.
Derin su	Uygundur.
Yumuşak substrat	Uygundur.
Sert substrat	16 mm’den büyük boyuta sahip sert substratlar için uygundur.
Kaya blokları/ana kayalar	Uygun değildir.
Yüzeyde yaşayan makroomurgasızların toplanması	Uygun değildir.
Veri türü	Nitel/yarı-nicel/nicel
Ek yorumlar	Ekipmanın kütlesi nedeniyle bir tekne ve vinç gereklidir. Köprüler veya platformlardan da kullanılabilir

4.3.9. Polip Grab

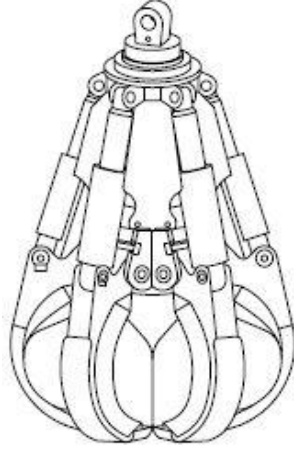
Daha büyük nehirler ve akarsuların biyolojik açıdan incelenmesinde genel olarak kayda değer uygulama zorluklarıyla karşılaşmaktadır. Tabanın partikül boyutu ve yüksek akış hızları bu suların bentik bölgesinin incelenmesi açısından geleneksel teknikler bağlamında sınırlar (biyolojik numune alımı açısından taban grabları, emmeli numune alıcılar ve direçlerin kullanımı) getirmektedir. Kıyılardan temsili bir etüt gerçekleştirme ihtimali dahi yoğun su seviyesi değişikliklerinden olumsuz yönde etkilenmektedir. Polip grab farklı substratların bulunduğu büyük ve derin nehirlerde makroomurgasızlarda numune alımı yönünden verimli bir araçtır (Şekil 4.9).

Çoğu durumda, polip grab beş veya daha fazla sayıda tutucu kolla çalışmaktadır (örn. 1 m³ kapasiteyle 6 t yük kapasitesi bulunan grab tarayıcısı) ve hidrolik tahriklidir. Grab bir vinç kolu vasıtasıyla nehre yerleştirilebilmektedir. Polip grab yaygın olarak kullanıldığı endüstriyel uygulamalardan dolayı iyi bilinmektedir (hurda, çöp, moluz ve atık kağıdın tutulması v.b.). Makroomurgasız numune alımı açısından bu grab nitel, yarı-nicel veya nicel numuneler farklı derinliklerde (yaklaşık 6 m'ye kadar) ve farklı substrat türlerinde (silt, kum, çakıl ve daha büyük taşlar ve kayalarda bile) başarıyla kullanılabilir.

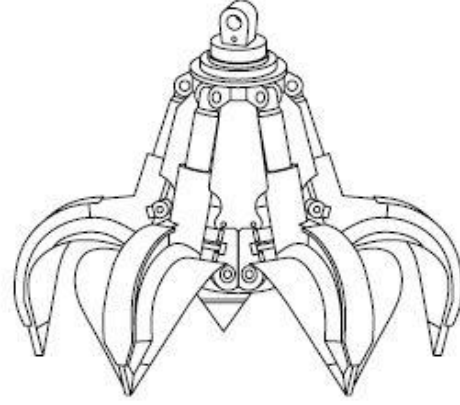
4.3.9.1 Polip Grab ile Örnekleme

Nehir, göl ve kıyı sularında örnekleme için kullanımı uygundur (TS EN ISO 16665, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 2012). Bir gemi üzerinden kullanılan bir polip grab (portakal kabuğu grabı) daha büyük nehirlerin tabanından makroomurgasız numunelerinin alınmasına uygundur. Fauna etütleri gerçekleştirilirken, taban doğrudan yüzeyden çıkarılmalı (yaklaşık 1,5 m²'lik alan) ve tutucu kollar kapanarak numune gemi güvertesine çıkarılmalı. Numune doğrudan gemi üzerinde daha büyük substratlardan ayrıştırılmalı ve diğer işlemler laboratuvarlarda gerçekleştirilmeli.

Kapalı Polip grab



Açık Polip grab



Şekil 4.9: Polip grab (portakal kabuğu grabi)

Polip grabın performans özellikleri Tablo 4.15’de sağlanmaktadır.

Tablo 4.15: Polip graba yönelik performans özellikleri

Numune alınan habitat	Yorum
Bitkiler	Bitkilerde numune alımı için kullanımı uygun değildir.
Sığ su	Sığ sularda kullanımı uygun değildir.
Derin su	Derin sularda kullanımı uygundur.
Yumuşak substrat	Yumuşak substratlarda kullanımı uygundur.
Sert substrat	Sert substratlarda kullanımı uygundur.
Kaya blokları/ana kayalar	Büyük taşlar/kaya bloklarında kullanımı uygun değildir.
Yüzeyde yaşayan makroomurgasızların toplanması	Yüzeyde yaşayan taksonlarda numune alımına uygun değildir.
Veri türü	Nitel/yarı-nicel/nicel
Ek yorumlar	Ekipmanın kütlesi nedeniyle büyük bir tekne gereklidir.

4.3.10. Hava Kaldırmalı Numune Alıcı

Hava kaldırmalı numune alıcılarında (genelde yaklaşık 420 cm²'lik bir numune alım alanı) genel olarak 10 cm çapa sahip olan ve uzunluğu borular

eklenerek ayarlanabilen bir numune alım borusu veya kanalı bulunmaktadır. Sıkıştırılmış havayla dolu şişelerden gelen hava hortumlar vasıtasıyla kanalın tabanından beslenmektedir (Şekil 4.9). Hava diğer uca doğru iletilirken, kanalın üzerindeki eğimli bir boru su ve numuneyi bir ağ içerisine yönlendirmektedir. Numune alım alanının çevresinde pompalama esnasında suyun sürekli değişimini sağlayan açık uçlu, paslanmaz çelik bir silindir bulunmaktadır. Numune alım silindiri ve kanal desteklendikleri dış silindir tabanının üzerine yükseltilebilmektedir ve burada, bu yapılar numune alıcının üstüne yakın bir yerde bulunan bir kol ile serbest bırakılan tutucularla tutulabilmektedir. Bazı tasarımlarda silindire hava ile çalıştırılan bir vibratör bağlanmakta ve basınçlı bir hortum vasıtasıyla vibratöre hava sağlanmaktadır. Havanın silindirden geçişi silindir içerisindeki materyalin hareket ettirilmesine yardımcı olmakta, belirli bir hava akışı boyunca materyalin alımını ve silindirin tabana girinimini de artırabilmektedir. Vibratörden gelen atık hava kanala giden havanın artırılması için yüzeye döndürülebilmektedir. Genelde, kanala giden toplam akışın ölçülmesi için, kanala giden hava hattının nihai kısmına bir hava-akış ölçer yerleştirilmektedir. Akış-ölçer havanın verimli bir şekilde kullanımı ve su derinliği ile taban türünün farklı koşulları açısından gereklidir.

Hava kaldırmalı numune alıcılar yaklaşık 13 cm uzunluğunda ince çakıl ve taşlar gibi tabanlarda nicel numune alınması amacı ile kullanılabilir, ancak numune torbası çok hızlı dolduğundan ve patlama ihtimali bulunduğu için, çamur üzerinde kullanım açısından tavsiye edilmemektedir. Numune alıcıların çok büyük taşlar (13 cm'den uzun) ihtiva eden bir tabanda kullanılması durumunda, numune alıcı taşları kaldırmamakta veya bunlara bağlı hayvanları substrattan kaldıramamaktadır.

4.3.10.1. Hava Kaldırmalı Numune Alıcı ile Örnekleme

Numune alıcı tabana indirilirken, kanal uzunluğunun üst tarafın su seviyesinden en fazla 30 cm yüksek olacak şekilde ayarlanmalıdır. Numune alıcı aşağı indirilirken, kanal tutucular vasıtasıyla yukarı kaldırılmış konumda tutulmalıdır. Ardından, numune alıcının üst bölümüne baskı uygulanarak ve numune alıcı birkaç santimetre geri ve ileri döndürülerek, durdurma flanşına gelene kadar, silindir nehir yatağı içerisine itilmelidir. Daha sonra, tutucular serbest bırakılmalı ve kanal serbest

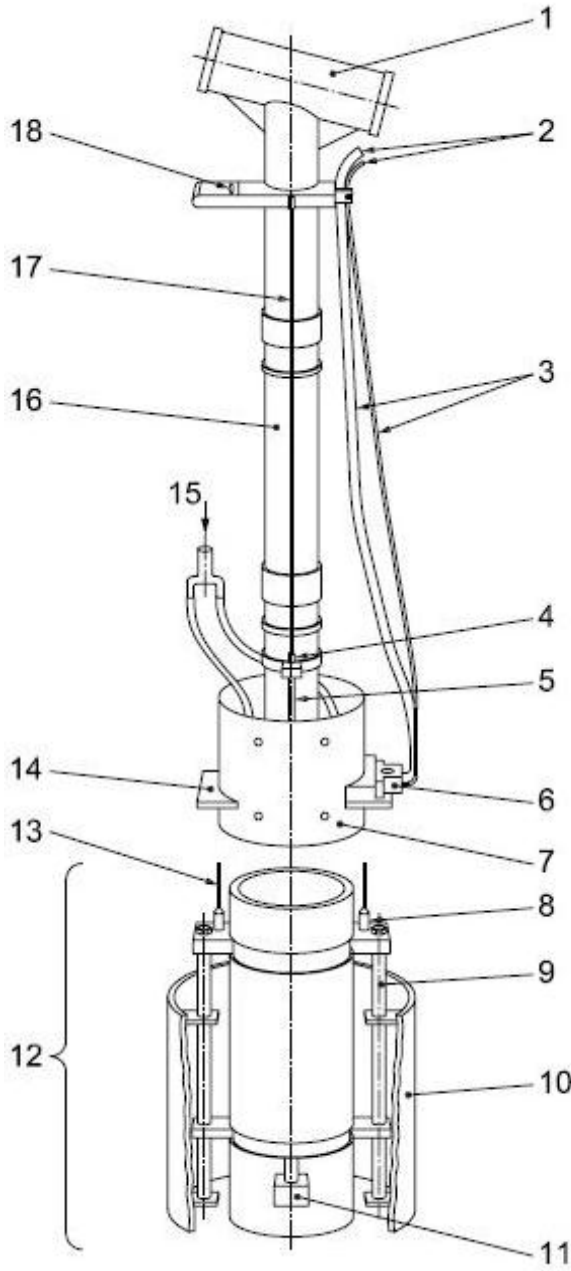
şekilde hareket etmeli, ancak kanal düşmemeli, çünkü artık nehir yatağı ile aynı seviyededir. Kanalin çıkış bölümü üzerine bir ağ yerleştirilmesi ve havanın açılması gerekir. Hava sağlama süresi ve kullanılan hava miktarı suyun derinliği ve taban türüne bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Numune alıcı çalışma esnasında dikey konumda tutulmalı. Numune alıcı ile tabanda fincan tabağı şeklinde, dikey yönde bir delik açılır ve yalnızca 10 cm derinliğinde hayvanların numunesi etkili bir şekilde örneklenmektedir.

Numune alıcıların bir tekmeden taban içerisine itilmesinin uygun olmaması durumunda 2 cm'ye kadar uzunluğa sahip taşlar üzerinde nicel olarak kullanılabilir. Bu kullanımda kanalın alt kenarına bir ek parça yerleştirilmesi gerekir. Ardından, numune alıcı tabana indirilmeli ve tutucular serbest bırakılmalı (numune alıcı nehir yatağı içerisine itilmeden). Ağ önceden olduğu gibi konumlandırılmalı ve hava açılmalı. Numune alanı silindirin taban kısmıyla sınırlı değildir, çünkü silindir substrat içerisine doğru titreşirken, materyal silindirin dışarısından içeri doğru çekilmektedir. Numune profili konik şeklindedir. Substratın partikül boyutu artarsa numune alıcı daha az verimli hale gelmektedir.

Hava kaldırmalı numune alıcının performans özellikleri Tablo 4.16'da sağlanmaktadır.

Tablo 4.16: Hava kaldırmalı numune alıcıya yönelik performans özellikleri

Numune alınan habitat	Yorum
Bitkiler	Bitkilerde numune alımına uygun değildir.
Sığ su	Yükselen hava materyali yeteri kadar kaldırmadığı için, sığ sularda kullanımı sınırlıdır.
Derin su	Derin sularda kullanımı uygundur.
Yumuşak substrat	İnce substratlarda kullanılabilir.
Sert substrat	Sert substratlarda kullanımı uygun değildir.
Kaya blokları/ana kayalar	Kullanılabilir, ancak nicel olarak değil.
Yüzeyde yaşayan makroomurgasızların toplanması	Yüzeyde yaşayan taksonların toplanması için uygun değildir.
Veri türü	Nitel/yarı-nicel/nicel



Anahtar

- 1 tahliye borusu
- 2 hava
- 3 hava hortumu
- 4 tutucular
- 5 sürgü çubukları
- 6 vibratör
- 7 toplama silindiri
- 8 tutucular
- 9 sürgü çubukları
- 10 toplama silindiri
- 11 hava girişi
- 12 kesme kısmı
- 13 çelik kablo
- 14 aşırı girinimin engellenmesine yönelik blok
- 15 hava ikmali
- 16 kanal
- 17 çelik kablo
- 18 kaldıraç

Şekil 4.10: Bir hava kaldırmalı numune alıcı örneği

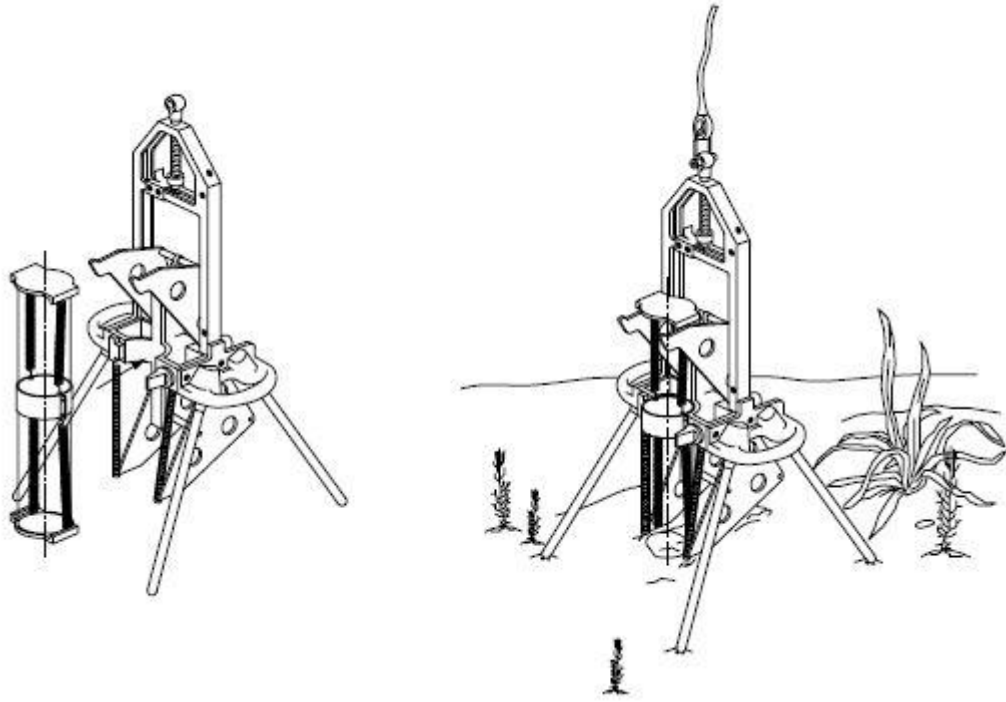
4.3.11. Karot ve Tüp Numune Alıcılar

Karot ve tüp numune alıcılara yönelik birçok tasarım bulunmaktadır ve bu alıcılarda manuel ya da otomatik kapatma sistemi bulunan açık uçlu bir silindire yer verilmektedir (bir türe ilişkin örneklerden biri Şekil 4.11'de gösterilmektedir). Keskin bir alt kenarı bulunan silindir çıkarılabilmekte veya sabitlenebilmektedir.

Farklı boyutlarda silindirler kullanılmakta olup genelde, silindir çapı 80 mm ile 140 mm arasındadır ve yüksekliği 400 mm ile 500 mm arasında bulunmaktadır. Numune alıcının azami kütlesi boş iken yaklaşık 10 kg'dır. Numune alım alanı silindir boyutuna bağlı olarak değişiklik göstermektedir (50 cm ila 154 cm²). Tortunun çok yumuşak olması halinde, giriniminin ekstra yapılar ile sınırlandırılması mümkündür. Bunlar, numune alıcı aşağı indirildiğinde, alıcının yukarı bakacak konumda bulundurulmasına da yardımcı olabilmektedir. Karot ve tüp numune alıcıların boyutu temel olarak tortuların özelliğine ve numune alınacak hakim türlere bağlı olarak değişiklik göstermektedir.

4.3.11.1. Karot ve Tüp Numune Alıcılar ile Örnekleme

Nehir, göl ve kıyı sularında örnekleme için kullanımı uygundur (TS EN ISO 16665, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 2012). Karot veya tüp numune alıcı yumuşak substratlarda nicel numunelerin elde edilmesi amacı ile kullanılabilir. Silindirin en az 10 cm derinliğe penetre etmesi ve materyalin içerisinde kalması gerekir. Numune alıcı bir tekneden veya kışın buz üzerinde ya da köprülerden veya platformlardan kullanılabilir. Numune alıcının kurulması için serbest bırakma mekanizması açık konuma getirilmeli ve daha sonra, numune alıcı yavaşça tabana doğru indirilmeli. Numune alıcı aşağı indirildiğinde, su silindirden serbest şekilde akmalı. Numune alıcı tortuya penetre ettiğinde, kapatma sistemi otomatik olarak devreye girmeli veya serbest bırakma mekanizması tüpün kapatılması için manuel olarak devreye sokulmalı. Numune alıcı düz ve yukarı bakacak şekilde yukarı kaldırılmalı. Numune alıcı sudan çıktığında, muhtemel sızıntının kontrol altına alınması için numune alıcı altına bir kap yerleştirilmeli. Numune/materyalin üst seviyesi numune alıcının üst kenarından 5 cm altta olmalı. Numune alıcı bir elek vasıtasıyla bir kaba boşaltılmalı. Numune girinim derinliği kaydedilmeli.



Şekil 4.11: Jenkin yüzey-çamur numune alıcısı
(İngiltere Freshwater Biological Association izni ile çoğaltılan)

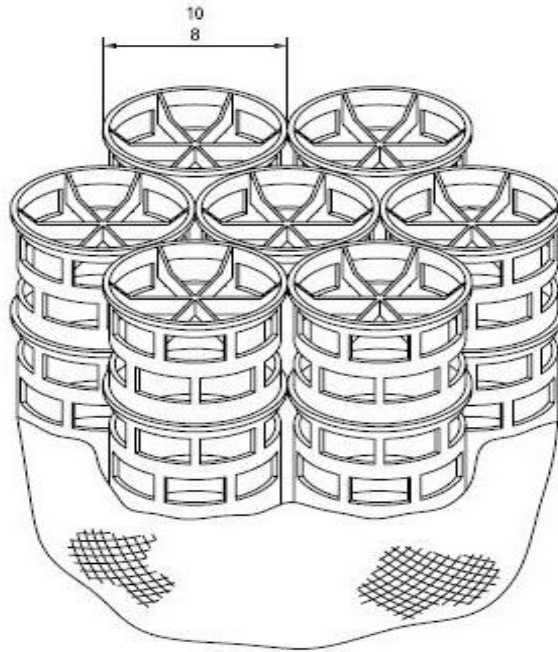
Karot ve tüp numune alıcıların performans özellikleri Tablo 4.17’te sağlanmaktadır.

Tablo 4.17: Karot ve tüp numune alıcılara yönelik performans özellikleri

Numune alınan habitat	Yorum
Bitkiler	Uygun değildir.
Sığ su	Sığ sularda kullanımı uygundur.
Derin su	Derin sularda kullanımı uygundur.
Yumuşak substrat	Uygundur.
Sert substrat	Kullanımı tüp çapıyla sınırlıdır.
Kaya blokları/ana kayalar	Uygun değildir.
Yüzeyde yaşayan makroomurgasızların toplanması	Yüzeyde yaşayan taksonların toplanması için uygun değildir.
Veri türü	Nitel/yarı-nicel/nicel
Ek yorumlar	Numune alıcının tabandan sızıntı yapması veya materyalin numune alıcının üst kenarından dışarı çıkmasına neden olacak biçimde tortuya çok derinden nüfuz etmesi durumunda sonuçlar kabul edilemez

4.3.12. Kolonizasyon (Yapay) Numune Alıcıları

Kolonizasyon numune alıcısı pasif bir numune alım cihazıdır (Şekil 4.12). Numune alıcı çıkarılmadan önce belirli bir süre boyunca suda bırakılan bir substrattan meydana gelmektedir ve burada kolonizasyona yol açan makroomurgasızlar çıkarılmaktadır. Çok farklı türlerde kolonizasyon numune alıcıları bulunmaktadır; Şekil 4.12’te yer alan numune alıcılar rutin ekolojik durum değerlendirmesi ve kirlilik kontrolü amaçlarıyla kullanılmaktadır.



Şekil 4.12: Bir kolonizasyon birimi (Ebatlar milimetre olarak sağlanmıştır)

4.3.12.1. Kolonizasyon Torbası

Her torbada geniş gözlü bir poliamid çanta içerisine yerleştirilen ve kanalizasyon muamelesinde kullanılan, cüruf gibi, yaklaşık 40 parçalı bir biyolojik filtre ortamı bulunmaktadır. Cüruf boyutu ve türünün yüzey alanı ve hacim oranı da dahil olmak üzere bölgesel bazda değişiklik göstermesine karşın, numune alıcısının genel kütlelerinin azaltılması ve çamurlu bir tabanda tamamen batma ve tortu oluşumunun engellenmesi için, 40 mm x 5 mm’lik nominal boyuta sahip bir cürufun kullanılması tavsiye edilmektedir.

4.3.12.2. Kolonizasyonu Birimi

Her birimde silindirik bir şekilde monte edilmiş 14 parçalı bir plastik biyolojik filtre ortamı bulunmaktadır (Şekil 4.12). İçeride, altı çevre parçasının etrafında yer aldığı tek bir merkezi parçadan meydana gelen iki katman birleşmektedir. Bunlar poliamid şerit veya kayışlar kullanılarak birleştirilebilir. Numune alıcısı kullanırken hayvan kaybının en alt düzeye indirilmesi için, taban da dahil olmak üzere dörtte birlik alt bölüm santimetre başına 10 gözün bulunduğu bir poliamid bez ile kaplanmalıdır.

4.3.12.3. Kolonizasyon Torbası/ Biriminin Kullanımı

Kolonizasyon torbaları/birimleri nehir ve göllere yerleştirilmekte ve haftalar boyunca (en az 4 hafta) bırakılmalı. Bunlar taşlar/tuğlalar/sırıklar ile tutturulabilir. Bu süre zarfında, bu birimler makroomurgasızlar tarafından kolonize edilmektedir. Ardından, kolonizasyonun nitel, nicel veya yarı-nicel değerlendirmesinin sağlanması için nehirde dışarı çıkarılmalıdır.

Kolonizasyon numune alıcısının çalışma amaçlarına yönelik olarak yerleştirilmesinin sağlanması gerekir; bu konumların örnekleme kalitesi açısından özellikle gerekli olmaması durumunda, örneğin, su kalite incelemeleri açısından nehrin ana akış yerine ve durgun su veya durgun alana yerleştirilmemelidir. Herhangi bir vandalizm, kuraklığa maruz kalma veya nehir seviyesinde düşme gibi nedenler ve yabancı maddeyle tortulanma ihtimalinin en alt düzeye indirilmesi için, numune alıcısının yeteri kadar suyla kaplanması ve kıyıdan uzak olması gerekir.

Görece sığ sularda (1 m derinliğinde) numune alınırken, çelik bir çubuk kullanılması suretiyle standart bir kolonizasyon biriminin nehrin yatağı üzerine sabitlenmesi ve yukarı doğru hareketin engellenmesi için numune alıcı üzerindeki çubuk üzerine bir tapanın sabitlenmesi gerekir.

Bir kolonizasyon torbası/biriminin nehir ve göl yatağına kendiliğinden sabitlenmesinin imkansız olduğu derin sularda (1 m derinlikten fazla), çeşitli

ağırlıklar kullanılarak numune alıcının su yatağına sabitlenmesi gereklidir. Numune alıcının merkezinden dikey olarak geçen sentetik iplikten mamul bir kordon vasıtasıyla numune alıcıya bağlanan tuğla gibi bir ağırlık kullanılması suretiyle, bu kolaylıkla sağlanmaktadır. Sentetik iplikten mamul bir kordonun kullanılması halinde, söz konusu kordonun tercihen yüksek su çizgisinin üzerinde gizlenmiş bir noktada kıyıya sıkıca bağlanması gerekir. Tortulanma bölgelerinde, numunelerin tabanındaki ağırlığın, kolonizasyon numune alıcısı yüzey tabanına dayanana kadar yüzey çamurunun içine nüfuz etmesi gerekir. Numune alıcısının penetrasyonunun çok fazla olması halinde, daldırma işleminden önce numune alıcısının tabanına deniz kontraplağından mamul bir plakaya benzer bir malzemenin sabitlenmesi gerekir.

Su kalitesine ilişkin iyi bir değerlendirme sağlanması için, kolonizasyon numune alıcılarının numune alınmakta olan nehirde en az dört hafta boyunca bırakılması tavsiye edilmektedir. Söz konusu daldırma süresinin uygun olmaması halinde, farklı sahalarda optimum kolonizasyon süresinin belirlenmesi amacı ile bir fizibilite çalışması tavsiye edilmektedir.

Daldırma süresinden sonra, numune alıcılarının sudan çıkarılması ve organizma kaybının önlenmesine dikkat edilmeli. Bunun sağlanması için, bir kepçe ağ numune alıcının mansabına yerleştirilmeli ve numune alıcısı nehir yatağından yukarı kaldırılırken, ağ numune alıcının altından hareket ettirilmeli. Daha derin sularda, standart kolonizasyon biriminin örgü tabanı, numune alıcısı nehir yatağından yukarı kaldırılırken, ilk baştaki organizma kaybını engellemektedir. Uygulamalarda, numune alıcının nehirden yukarı kaldırılmasına yardımcı olunması için, bir kepçe ağın kullanılması faydalı bulunmuştur. Kepçe ağdaki hayvanlarla birlikte numune alıcısı bir bütün olarak (herhangi bir ağırlık hariç olmak üzere) az miktarda suyun bulunduğu dayanıklı bir plastik kap içerisine yerleştirilmeli ve laboratuvara götürülmek üzere sızdırmaz hale getirilmeli. Herhangi bir sebepten dolayı laboratuvara dönüş esnasında herhangi bir gecikme olması durumunda, numune alıcısı ve içindekilerin muhafaza altına alınması sağlanmalı.

Kolonizasyon numune alıcılarının performans özellikleri Tablo 4.18'de sağlanmaktadır.

Tablo 4.18: Kolonizasyon numune alıcılarına yönelik performans özellikleri

Numune alınan habitat	Yorum
Bitkiler	Uygun
Sığ su	Uygun
Derin su	Uygun
Yumuşak substrat	Uygun
Sert substrat	Uygun
Kaya blokları/ana kayalar	Kullanılabilir
Yüzeyde yaşayan makroomurgasızların toplanması	Uygun değil
Veri türü	Yarı-nicel/nitel

4.3.13. Çoklu Habitat Yöntemi ile Örneklem

TS EN ISO 16150 “Sığ Nehirlerden Bentik Makroomurgasızların Oransal Çoklu Habitat Yöntemi İle Örneklenmesine Dair Kılavuz”na göre örneklem nehir üzerindeki tüm habitatların varlıklarına oranla tasarlanmalıdır. AQEM ve STAR projeleri, sığ nehirlerin ekolojik statüsünün değerlendirilmesi için en uygun yaklaşım olması amacıyla her bir habitatın en az %5 mekansal kapsam payına sahip olduğu bir araştırma sahasındaki tüm habitat türlerinden alınan 20 örneklem birimi belirlenmişini önermektedir. Habitat çeşitliliğinin düşük olduğu veya habitatlar içindeki taksa çeşitliliğinin düşük olduğu ve 20 birim kullanmanın gereğinden fazla tekrarlayan örneklem yükü oluşturduğu durumlarda, ekolojik statünün iyi bir şekilde değerlendirilmesi için 20’den az örneklem birimi kullanımına izin verilmektedir.

Bir örneklem birimi, ağı su içerisine yerleştirilerek ve ağı çerçeve boyutuna eşit kare biçimindeki alanda yer alan substratı hareketlendirerek elde edilen bir örnektir. Standartta sedimentin

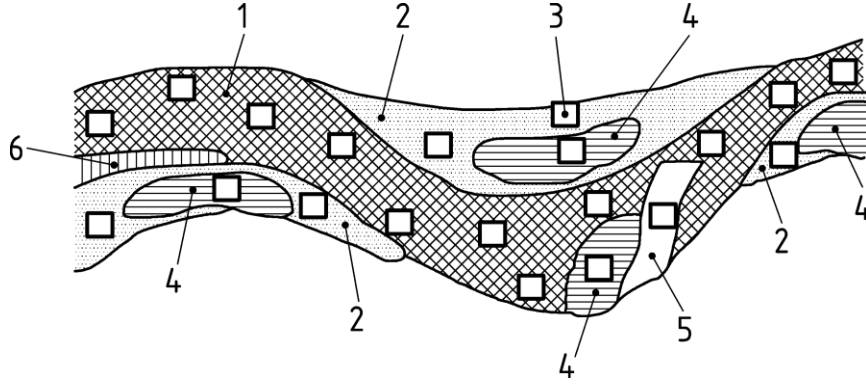
-ince substratlı zeminlerde (psammal, pelal, ince parçacıklı organik

madde(FPOM)) 5 cm ile 10 cm

-Orta büyüklükteki substratlı zeminlerde (akal, mikrolit, büyük parçacıklı organik madde(CPOM)) 10 cm ile 15 cm

-Daha geniş substratlı zeminlerde (makrolit; kara bitkilerinin canlı kısımları) 15 cm ile 20 cm arasında karıştırılmalısı belirtilmektedir.

25 cm x 25 cm boyutunda kare şeklinde bir ağı kullanıldığı durumlarda örnekleme prosedürü, akarsu yatağının yaklaşık 1, 25 m² büyüklüğündeki bir örnekleme alanına eşit olup Şekil 4.13'te örnekleme alan seçimi gösterilmektedir.



Anahtar

- 1 lithal (55 % = 11 örnekleme)
- 2 psammal (25 % = 5 örnekleme)
- 3 örnek(şahit)
- 4 CPOM (15 % = 3 örnekleme)
- 5 xylal (5 % = 1 örnekleme)
- 6 akal (< 5 % = 0 örnekleme)

Şekil 4.13: "Çoklu Habitat Örnekleme" yöntemine göre teorik bir araştırma sahasında örnekleme birimi pozisyonu örneği (TS EN ISO 16150)

Aşağıda yer alan durumlar, Çoklu Habitat Örnekleme prosedürünün etkili bir şekilde kullanımını engelleyebilmektedir:

- taşkın sırasında veya taşkından hemen sonra örnekleme yapılmamalı (bir taşkından sonra dört ile altı hafta arasında bir iyileşme dönemine bırakılmalı);

- kuraklık sırasında veya kuraklıktan hemen sonra (tamamen kurumuş nehir kesitleri) örneklenmemeli;

- diğer doğal veya insan kaynaklı bozulmalar sırasında örneklenmemeli.

Çoklu Habitat Örnekleme prosedürü kapsamında örnekleme başlamadan önce Örnekleme Protokolü ve farklı habitatların kapsam oranı tahmini doldurulmalı. Mümkün olan durumlarda örnekleme alanı fiziksel temasla bozulmamalıdır. Örneklemeden sonra substratların tahmini kapsamı, doğru ve tam olması amacıyla gözden geçirilmelidir.

Örnekleme başlarken habitat tahminini kolaylaştıracağından örnekleme alanının 20-25 m'lik kesitlere ayrılması tavsiye edilmektedir.

Sayıyı ve örnekleme birimlerinin tahsisini belirlemek için Örnekleme Protokolü doldurulmalıdır.

Örnekleme birimlerini tahsis etmek için mineralli ve biyotik habitatlar tek bir katman olarak düşünülerek biyotik habitat tahmini ile mineral substrat tahmini birleştirilir. Bu şekilde biyotik habitatlardan alınan numunelerin alttaki (subjakent) mineral substratları da içermesi sağlanmaktadır. Mineral ve biyotik tüm habitatların kapsamı toplamı %100 olmalıdır. Şartların el verdiği durumda ilk gözlemde mineral ve biyotik habitatların kapsamı tahmin edilmelidir.

Örnekleme birimleri aynı zamanda, yatak ve kıyıları, lentik ve lotik alanlar ve kurum birikintileri ve havuzlar arasında yeterli düzeyde dağıtılmalıdır. Biyotik katmanlardan alınan numunelerin alttaki mineral substratları yansıtması özellikle önemlidir. Protokoldeki “yorumlar” sütunu, örneğin substrat kapsamındaki alanda yer alan lentik ve lotik sahaların oranını ve sırasıyla kenar çevresinin ve akışın durumunu belirtmek için kullanılabilir.

Araştırma sahası, nehir kesitini temsil etmelidir ve çalışmanın amacına uygun olmalıdır. Örnekleme suyun akış yönünde mansaptan başlar ve membaya doğru devam eder.

Örnekleme birimleri örneklenirken kepçe ağı substratta hareket ettirme, daldırma ya da süpürme veya bunların bileşimi olarak kullanılır. El ile kontrollü örnekleme, tercih edilen yöntemdir. Derin kısımlar gibi tekemeleme yöntemi ile örneklemenin gerekli olduğu durumlarda, ağ numune alan kişinin ayakları arasında dik şekilde tutulurak, örnekleme alanı kuvvetlice tekemeleme yöntemi ile su yatağının alt katmanının bozulurak faunanın hareket etmesi sağlanır.

Her üç örneklem biriminden sonra ya da gerekirse daha sık, toplanan malzeme ağ üzerinden akan temiz su ile yıkanır böylelikle ağın tıkanarak ortamın tam örneklenememesi önlenir. Tam örnekleme yapılmadığı düşünülürse, ağdaki malzeme atılmalı ve aynı habitat türünde, ancak farklı bir yerde başka bir örnekleme birimi seçilmeli. Çoklu habitat yöntemi farklı habitatlardan toplanmış 20 örnekleme ünitesinden oluşmaktadır.

Habitat kayalar ise örnekleme stratejileri alan ve tahsis edilen örneklem birimlerinin sayısına bağlıdır. Kayalar kaldırılabilir olmadığından sadece yüzeyi örneklenebilir. Kaya substratlarının ön, sağ yan tarafı, sol yan tarafı gibi farklı pozisyonları örneklenmelidir.

Habitat büyük taşlar, taşlar, çakıllar ise fırçalama ve yüzeyi kazıyarak hayvanları ağ içine süpürme ile örneklenmeli. İri çakıl ve daha büyük taşlardan elle toplama ile yapışan hayvanların yerinden çıkarılması ve bir kovaya toplanması tavsiye edilmektedir.

Güçlü akıma sahip sığ sularda el kepçesinin yerine kapalı bir ekipman olan kutu ya da Surber örnekleme kullanılmaktadır.

Mikrolital ve daha küçük mineral substratlar ağın üst 0,25 m x0,25 m alanında karıştırılır. Hayvanları sediman boşluklarından çıkartmak için, substrat

yaklaşık 5 cm ila 15 cm derinliğe kadar, bir tornavida ya da benzer bir alet ile karıştırılmalıdır. Ağ, omurgasızların akışla beraber ağa akmasına yetecek kadar yakın, ama kum ve çakılın ağın önüne yığılmayacağı kadar da uzakta tutulmalıdır. Numunelerde kum miktarını en aza indirmek için özen gösterilmelidir.

Bitki örtüsü olmayan veya yumuşak substratın bulunduğu numune alanlarında ağ, yumuşak substratlar boyunca sürüklenmek yerine substratın yüzeyi boyunca kuvvetli bir şekilde hareket ettirilmelidir. Alternatif olarak, sediman ve organizmaları su kolonunun içinden çıkartmak için alan tekmelenmeli ve sonra ağ yerinden çıkarılmış hayvanları yakalamak için sediman içinde sürüklenmeli. Bu örnekteki sediman ve birikinti miktarını azaltır.

Lentik alanlarda, örneklem alanı içindeki sediman normal bir şekilde elle bozular, daha sonra ağ aracılığıyla suyun itilmesi ile bir akım oluşturularak hayvanlar yakalanır.

Odunsu kalıntılar ağ üzerine çıkartılmalı ve üzerindeki hayvanlar su püskürtülerek pens kullanarak toplanmalı.

Bitki köklerinin örneklenmesi kuvvetlice hareket ettirilerek ve süpürme ile gerçekleştirilir.

Yaprak gibi büyük parçacıklı organik maddeler alanda dikkatlice yıkanmalı ve incelenmeli. Bu işlem laboratuvara çok fazla yaprak götürülmesini önlemektedir.

Makrofitler ileri tetkikler için laboratuvara alınmalıdır, çünkü *Simuliidae* ve bazı *chironomid* türleri gibi bazı organizmalar alanda tamamen yıkanarak temizlenemez. Makrofitlerin uygun bir alandaki nicel örneklenmesi için; el kepçesi ile süpürülerek alınması yerine, köklerinin, sapların ve yaprakların uygun oranlarının kesilerek alınması tavsiye edilmektedir.

Dal, sopa ve taş gibi büyük malzemeleri durulandıktan ve üzerlerine yapışan veya sesil organizmalar açısından incelendikten sonra örnek içerisinden

uzaklaştırılmalıdır. Bulunan her bir organizma numune kabının içine konulmalıdır. Alandaki küçük kalıntıların incelenmesi ile zaman harcanması tavsiye edilmez. Ancak, daha büyük ve daha kırılgan organizmalar (örneğin Ephemeroptera) veya korunması mümkün olmayan grup türlerinin (örneğin Tricladida, Oligochaeta) alanda başlangıçta sayılması gerekir (maksimum 50 temsilci organizmalar). Bu organizmalar, daha sonra substratın bulunmadığı, küçük ayrı kaplar içerisinde saklanmalıdır.

Kolayca tanımlanabilen büyük ve nadir organizmalar (örneğin büyük midye veya kerevit gibi) alanda kaydedilmeli, örnekten çıkarılmalı ve suya geri bırakılmalıdır.

Örnekleme işleminden hemen sonra, numune ağdan numune kabına/kaplarına aktarılmalı. Ağdan organizmaları çıkarmak için pens gerekli olabilir. Numune muhafaza altına alınıp kabı sıkıca uygun koşullarda saklanmalı.

4.4. Örneklerin İşlenmesi ve Analizi

4.4.1. Örneklerin İşlenmesi

Bentik makroomurgasız örnekleri aldıktan sonra ya özel olarak tasarlanmış elek ya da derin bir kaba aktarılır. Eğer derin kaba alındıysa ortamdaki suyla seyreltilir ve karıştırılır. Karışımı yavaşça elekli bir kovaya dökülür. Zarar vermemek ve numuneleri kaybetmemek için karışım eleğin üstünde nazikçe yıkanır. Numune içerisinde eleği tıkayan büyük çöp gibi materyal varsa dışarı atılır. Farklı elek gözlerine sahip çoklu elek sistemleri (örn. 1 cm ve 0.5 cm elek) kullanmak yaprak, dal parçası, kabuk ve çakıl gibi daha büyük materyalleri tutarken organizmaların ve daha küçük materyallerin dipteki eleğe geçmesine izin verecektir. Tutunmuş veya boşluklara girmiş organizmalar olabileceği için kaya, dal parçası, kabuk ve diğer objeleri atmadan önce dikkatli bir şekilde kontrol edilmeli. Yumuşak kıllı bir diş fırçası, tutunan omurgasızları kayalardan, dal parçalarından ve benzer objelerden ayırmak için kullanılabilir.

Elekteki kalıntı bir numune kabına doğru yıkanır. Kaplar örnekleme yeri ve tarihi, örnekleme türü, örnekleme yapan kişinin adı ve diğer ilgili bilgileri tanımlayan bir etiket ile etiketlenir ancak kaplar tekrar kullanılabilirliğinden etiketlerin kaplara yapıştırılmaması tavsiye edilmektedir. Etiketler bir kurşun kalemle veya silinmez mürekkeple sudan etkilenmeyen bir kağıdın üzerine yazılıp kabın içersine yerleştirilmeli.

Bentik organizmaları büyük miktarda silt, çamur veya kil içeren örneklerden ayıklamak için gereken zamanı azaltmak amacıyla laboratuvardaki uygun sıvı ayrıştırma cihazları kullanılır. Elenen materyali bir kaba doğru yıkanır ve numune %10'u tamponlanmış formalin veya %70'i etanol olan bir solüsyonun içinde sabitlenir. Eğer etanol kullanılıyorsa elenmiş materyal kabının yarısından fazlası doldurulmamalı. Midye, salyangoz, kerevit ve ostrakod gibi kireçlenmiş kabuklu veya dış iskeletli hayvanlar %70 oranında etanolde saklanmalı.

Bazı yumuşak yapıli makroomurgasızların, daha kolay tanımlanabilmesi için saklama sırasında büzülmeyi önlemek amacıyla eklenen kimyasallar ile gevşetilmesi tavsiye edilmektedir (Klemm, D.J., ed. 1985; Kathman, R.D. & R.O. Brinkhurst. 1998).

Nitel örneklemler için kaya, dal parçası ve diğer objeler yarısı suyla dolu beyaz bir kaba koyulmalı. Çoğu hayvan, su içerisinde bu objelerden ayrı yüzeceğinden pens yardımıyla kolayca alınabilir.

Bu hayvanlara sahada veya laboratuvarında numaralar verilir ve etiketlerdeki bilgileri kalıcı bir deftere geçirilir. Bu defter, çeşitli yerlerden toplanan örneklemlerin sayısı, örnekleme zamanı ve su özellikleri konusunda iyi bir referans oluşturacaktır.

Sahadan veya yapay substratlardan alınan ve elekten geçirilen organizmalar %70 oranındaki etanolde saklanır (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 2012).

4.4.2. Ayıklama ve Tanımlama

Organizmaları sahada veya laboratuvarında ayıklarken standart bir prosedür izlenmeli. Bir örnek işlenmeden önce etiketteki bilgileri, bireylerin bilimsel adlarına ve numaralarına yer veren bir veri sayfasına aktarılmalı. Ayıklama için örnek doğrudan içinde su bulunan beyaz sığ bir tepsiye yerleştirilmeli. Organizmalar örneklemeden alındıktan sonra bir tarama merceğinin ya da stereoskopik mikroskopun altında ayklanır, organizmalar farklı cins gruplarına göre ayrılır, en düşük taksonomik seviyeye kadar tanımlamaya çalışılır ve bilgileri veri defterine kaydedilir. Hayvanlar kategorilerine göre farklı viyalere yerleştirilir ve viyaller %70 oranında etanolla doldurulur. Viyallerin içine, örneklerin takip numarası, örnekleme yeri ve organizmaların adını içeren etiketler yerleştirilir.

İhtiyaç, mevcut deneyim ve kaynaklara göre stereoskopik veya bileşik mikroskoplar kullanarak her bir viyaldeki hayvanları teşhis edilir. Eğer mümkünse, organizmalar makroomurgasızları tanımlama kılavuzları ve taksonomik anahtarlar yardımıyla tür düzeyinde teşhis edilmelidir (Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 2012).

4.4.3. Örneklerin Muhafazası

Bentik makroomugasız örneklerinin uzun süre muhafaza edilmesi isteniyorsa kullanılması gereken teknikler Tablo 4.19'da listelenmektedir.

Tablo 4.19: Bentik makroomurgasızlar örneklerinin muhafaza teknikleri

(Yerüstü Suları, Yeraltı Suları ve Sedimentten Numune Alma ve Biyolojik Örnekleme Tebliği,2015)

Bentik Makroomurgasız	Numune Alma Şişesi	Saklama Şartları	Maksimum Saklama Süresi	Yorumlar
Büyük örnekler	Plastik veya cam	Örneğe % 70 ile % 75 arasında bir nihai hacim oranını verecek şekilde etanol eklenir	1 yıl	Örneğin suyu boşaltılıp deiyonize su ile durulanır ve etanol çözeltisi içinde saklanır.
Küçük örnekler (referans koleksiyon ve benzeri)	Cam	Örnek etanol koruyucu çözeltisine transfer edilir. Ethanol koruyucu çözeltisi: Ethanol (%96):Formaldehit Çözeltisi (%37-40):Gliserol [100:2:1 / hacim)	Süresiz	Platyhelminthesler gibi normal saklama şartlarında şekli bozulan bazı makroomurgasız grupları için özel metotlar gerekir.

5. BİYOLOJİK METRİK VE İNDEKSLER

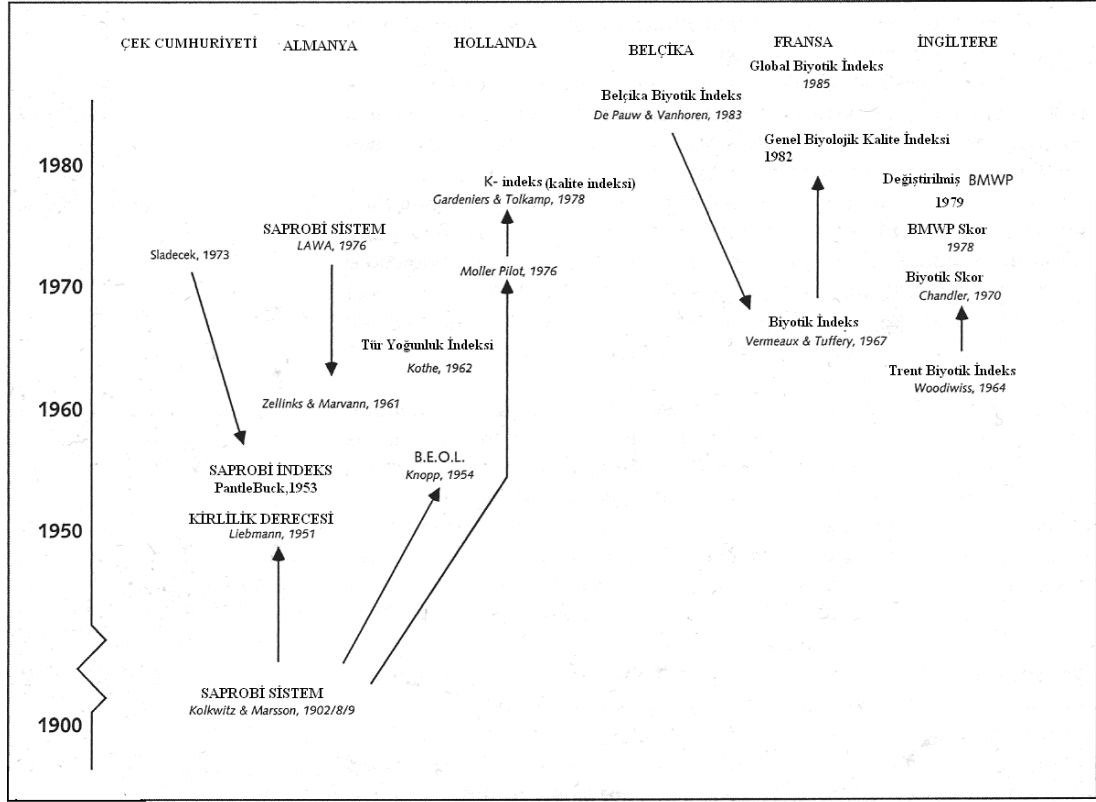
Biyolojik gözlemlerin sunulduğu zorluklardan birisi verilerin özetlenerek belirli şekillerde gösterilmesidir. Kimyasal analiz sonuçları özellikle sayısal oldukları için anlaşılabilirliği kolaydır, fakat biyolojik gözlemler tanımlamaya dayalı ve yıldan yıla değişen türlerin listesi biçiminde olduğu için biyolog olmayan kişilerce anlaşılabilirliği zordur. Biyolog olmayan biri için bu verilere bakarak bir sahanın zaman içindeki su kalitesi karşılaştırması veya sahalar arasındaki su kalitesi farklılıklarının karşılaştırması kolay bir işlem değildir. Pratikte uzun bir zaman diliminde çok sayıda istasyondan toplanmış ve bir çok tür ve parametreyi içeren bilginin tümünün kullanılması imkansızdır. Bu nedenle indeks kullanımı elde edilmiş tüm verinin hızlı ve doğru analizine izin veren tek bir değere dönüştürülmesini sağlamak ve su kalitesinin belirlenmesinde biyolojik ve kimyasal verilerin birbiri ile paralellik sağlamasına yol açmaktadır. (Bahçeci,2010; Kılçık,2015).

Biyolojik indeksler temel olarak biyotik (kirlilik) indeksler ve çeşitlilik indeksleri olmak üzere iki çeşittir.

Su kalitesinin belirlenmesinde biyolojik yaklaşım, kimyasal analizleri tamamlayıcı olarak geliştirilmiştir. Bu yöntemler orta ve uzun dönemli değerli tespit etme amacına yöneliktir. Biyolojik su kalitesi tayin metotları, akarsudaki organik kirlenmeden dolayı oluşan biyolojik gösterge (indikatör) türlere ve ortamdaki oksijen miktarına göre değerlendirilmektedir. Kimyasal yönden incelenen tek bir numune, akarsuyun sadece o andaki durumunu ortaya koyduğundan her zaman temel olarak alınmaz. Ancak bu analiz sonuçlarından bazen yararlanılabilir. Bentik makroomurgasızlar yardımıyla yapılan su kalitesi tayini orta ve uzun vadedeki kirlenmeyi gösterir (Barlas, 1995).

Avrupa' da makrozoobentik omurgasızlarının su kalitesi tayini için kullanımı için ilk geliştirilen indeks Saprobi indeks olup birçok indeksin temeli halen saprobi sisteme dayanmaktadır. Sabrobi sistem dışında Avrupada ilk gelişme İngiltere' de Trent Biotik İndeks kullanımı ile gerçekleştirilmiştir (Woodiwiss, 1964).

Avrupa ülkelerindeki biyolojik tayin metotlarının kronolojik gelişimi ve coğrafik dağılımı Şekil 5.1’de gösterilmiştir.



Şekil 5.2: Biyotik İndekslerin tarihsel gelişim safhası (Knoben vd., 1995)

Ellenberg vd., (1991) biyoindikatör organizmaların seçiminde önemli olan kriterleri şöyle sıralamıştır;

- Tanımın kolay olması
- Örneklerin kolay bir şekilde toplanması
- Organizmaların kozmopolit bir dağılıma sahip olması
- Ekolojik isteklerinin iyi bilinmesi

Makrozoobentik organizmalar Ellenberg'in verdiği kriterleri sağladığından ve çevrelerindeki çoğu biyotik ve abiyotik farklılıklara karşı duyarlılığından sucul sistemin koşulları için iyi bir gösterge olarak kullanılırlar (Armitage vd., 1983).

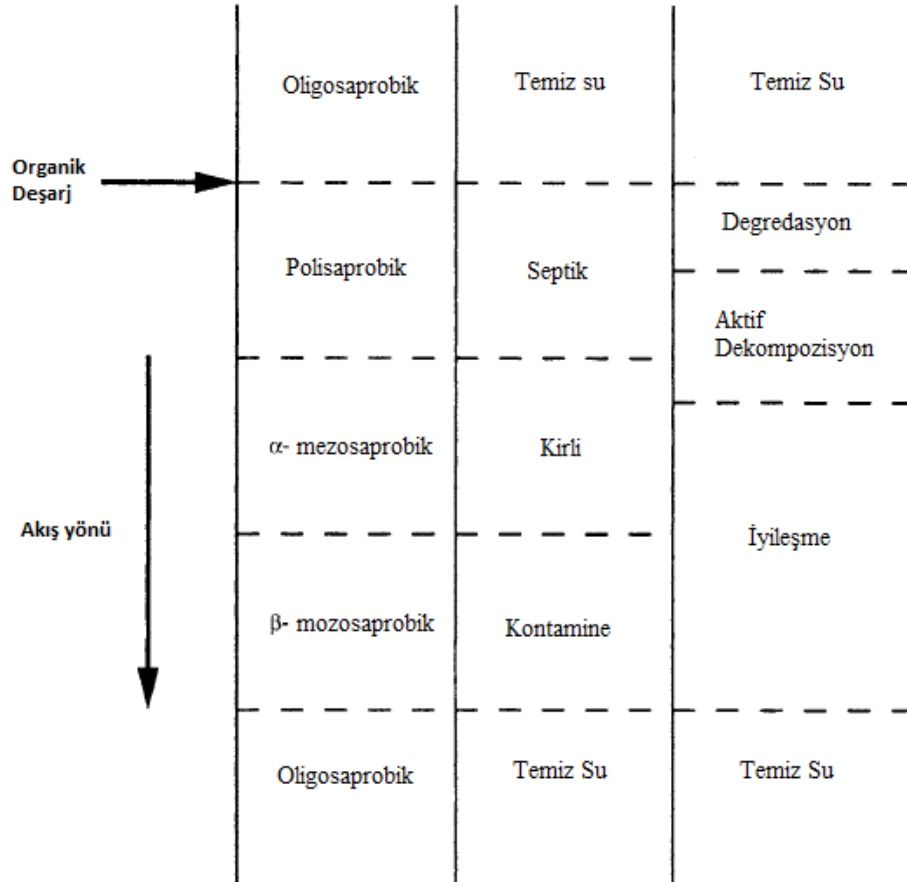
Tablo 5.1: Makrozoobentik omurgasızlara dayalı olan ve yaygın olarak kullanılan biyolojik metot örnekleri

Yaklaşım/Metot	Ülke	Referans
Saprobi Yaklaşımı		
Saprobi İndeks (S)	Avusturya	Hoog, 1995
Alman Saprobi İndeks(S)	Almanya	DEV, 1988-1991
Çeşitlilik Yaklaşımı		
Çeşitlilik indeksi (H')	Çeşitli ülkeler	Shannon ve Weaver, 1949
Biyotik Yaklaşım		
Belçika Biyotik İndeks (BBI)	Belçika (Flanders)	De Pauw and Vanhooren, 1983; IBN, 1984
Bulgaristan Biyotik İndeks (BGBI)	Bulgaristan	Uzunov et al., 1998
Genel Standart Biyotik İndeks (IBGN)	Fransa, Belçika (Wallonia)	AFNOR, 1992 Vanden Bossche and Josens, 2003
Danimarka Akarsu Fauna İndeksi (DSFI)	Danimarka	Skriver et al., 2001
Genel Biyotik İndeks (IBE)	İtalya	Ghetti, 1997
BMWP, ASPT	İngiltere	Armitage et al., 1983
IBMWP	İspanya	Alba-Tercedor and Sanchez- Ortega, 1988
Familya Biyotik İndeks (FBI)	ABD	Hilsenhoff, 1988
IBPAMP	Arjantin	Rodriguez et al., 2001
NEPBIOS	Nepal	Sharma and Moog, 2001
Güney Afrika Skor Sistem (SASS)	Güney Africa	Chutter, 1972
Asit sınıf	Almanya	Braukmann, 2001
Sıralı Benzerlik İndeksi (SCI)	ABD	Cairns et al., 1968
Multimetrik yaklaşım		
Biyotik bütünlük indeksi (IBI)	ABD	Barbour et al., 1992
Asidifikasyon İndeksi	İsveç	Johnson, 1998
EBEOSWA	Hollanda	STOWA, 1992
Ekolojik Kalite Oram (EQR) Yaklaşımı		
Ekolojik Kalite İndeksi (EQI)	İngiltere	Sweeting et al., 1992
RIVPACS	İngiltere	Wright et al., 2000
AUSRIVAS	Avustralya Endonezya	Smith et al., 1999 Sudaryanti et al., 2001
SWEPACS	İsveç	Sandin, 2001
Diğer Yaklaşımlar		
Trofik bütünlük indeksi (ITC)	Rusya, Hollanda	Pavluk et al., 2000
Gammarus/Asellus İndeksi	İngiltere	MacNeil et al., 2002

5.1. Avrupa’da Sıklıkla Kullanılan Tatlısu Biyotik (Kirlilik) Bentik Makroomurgasız İndeksleri

5.1.1. Saprobi İndeksi

Saprobik sistem 1908’de topluluk yapısı ile kalite statüsünü ilişkilendiren Kolwitz ve Marsson tarafından geliştirilmiştir ve türlerin belirli organik kirlilik seviyeleri ile ilişkilendirilmesinde kullanılır. Kolkwitz ve Marsson’ un (1908-1909) uyguladığı Sabrobi Sistem Yönteminin bazı yönleri Liebmann (1962), Zelinka ve Marvan (1961), Sladeczek (1973) ve diğer bazı araştırmacılar tarafından değiştirilmiştir. Saprobi, bir organizmanın besin kaynağı olarak organik maddelere bağlı olması anlamına gelir. Saprobi terimi aynı zamanda bir akarsudaki çoğunlukla evsel atıksulardan gelen ve oksijen miktarını düşüren organik madde kontaminasyon derecesini ifade etmektedir. Saprobik sistem sınıflandırması dört sınıfa ayrılır (Şekil 5.2).



Şekil 5.2 : Saprobik sınıflandırma

- Oligosaprobik temiz ve sağlıklı nehir bölgesini,
- Polisaprobik deşarj noktasına en yakın ve kirlilikten en fazla etkilenmiş bölgeyi,
- Alfa(α) mezosaprobik bölge ağır kirliliğın gözlemlendiğı bölgeyi,,
- Beta (β) mezosaprobik bölge orta kirliliğın gözlemlendiğı bölgeyi ifade etmektedir (Bahçeci,2010).

Saprobi indeksinde bakteri, alg, Protozoa, Rotifera, makrozoobentik omurgasızları ve balıkları içeren canlı grupları içinde belirlenen indikatör türlerin kirliliğre göre hoşgörüleri belirlenerek değerler ortaya çıkarılmıştır. Saprobi indeksinde tek tür, bir Saprobik zonun temsilcisi sayılmaz (Kılçık,2015).

Bir taksonun çeşitli çevre şartlarında bulunup bulunmamasının gözlenmesiyle indikatör organizmaların listesi çıkartılır. Bu listede bulunan her indikatör tür için bir saprobik değer belirlenir, bu değerler saprobik indeks formülüne yerleştirilerek bölgenin saprobik değeri ortaya çıkar.

Bu yöntemde uygulanan formül;

$$S = \frac{\sum s.h.g}{\sum h.g}$$

S: Saprobi indeksi,

s: Organizmaların saprobi değeri,

h: Türün yoğunluğu (h=1 az yoğun, h=3 orta derece yoğun, h=5 çok yoğun)

g: İndikasyon ağırlığı

Formül sonucunda ortaya çıkan S saprobik değeri kirlilik derecesini ifade etmektedir (Tablo 5.1).

Tablo 5.2: Kirlilik derecelerine göre saprobik indeks değerleri

S değeri	Kirlilik Derecesi
1,0 – 1,5	Az
1,5 – 2,5	Orta
2,5 – 3,5	Çok
3,5 – 4,5	Ağır

Tablo 5.3: Saprobi indekse göre akarsu kalite sınıfları

Kalite sınıfları	Organik kirlenmenin derecesi	Saprobitat	Saprobi İndeks	BOI5 mg L-1	NH4 -N mg L-1	O2 Minimum mg L-1
I	Çok az kirlenmiş	Oligosaprob	1,0 - < 1,4	1	En çok iz halinde	> 8
I-II	Az kirlenmiş	Oligosaprob/ Betamesosaprob	1,5 - < 1,8	1 - 2	0,1 civarında	> 8
II	Orta derecede kirlenmiş	Betamesosaprob	1,8 - < 2,3	2 - 6	0,3	> 6
II-III	Kritik kirlenmiş	Alfabeta mesasaprobi sınırı	2,3 - < 2,7	5 - 10	1	> 4
III	Çok kirlenmiş	Alfamesosaprob	2,7 - < 3,2	7 - 13	0,5 den fazla birkaç mg/l	> 2
III-IV	Çok kuvvetli kirlenmiş	Alfamesosaprob / Polisaprob	3,2 - < 3,5	10 - 20	1 den fazla	< 2
IV	Şiddetli kirlenmiş	Polisaprob	3,5 - < 4,0	15	1 den fazla	< 2

5.1.2. Trend Biyotik İndeks

Trent Biyotik İndeks (TBİ) Avrupa' da bentik makroomurgasızların su kalitesi tayini için, İngiltere tarafından uygulanan ilk indekstir ve birçok indeks için de öncü olmuştur (Woodiwiss, 1964). İngiltere'de Trent Nehrinin izlenmesi için geliştirilmiş olup, daha sonra diğer birçok ülkede de kullanılabilecek şekilde varyasyonları üretilmiştir. TBİ organik kirliliğin topluluk çeşitliliğini düşürücü ve bazı temiz su anahtar makroomurgasız fauna türlerini azaltıcı etkilerini değerlendirmek üzere dizayn edilmiştir. Bu yöntemle göre akarsular, makroomurgasızların anahtar gruplarının bulunup bulunmamasına göre sınıflandırılırlar. Bu gruptan bazıları tür düzeyinde, bazıları cins veya familya düzeyinde teşhis edilerek derecelendirilir. Bu indeks altı anahtar organizmanın bulunup bulunmamasına göre yapılır. Bu altı grup organizma;

- Plecoptera nimfleri
- Ephemeroptera nimfleri
- Tricoptera larvaları
- Gammarus *sp.*
- Asellus *sp.*
- *Tubifex* veya kırmızı *Chironomid* larvaları

TBİ'de her bir örnekleme grubu için TBİ derecesi 0 ile 10 arasında değişmektedir. TBİ'in temiz akan sulardaki indeks değeri 10, kirliliğin artışı ile bu değer düşmekte olup yoğun kirlenmiş suların indeks değeri 1-2 civarındadır (Woodiwiss 1964).

1978' de TBİ'nin hassasiyetini artırabilmek için aynı araştırmacı tarafından indeks değeri 0-15 şeklinde değiştirilmiş olup "Genişletilmiş Biyotik İndeks" adı verilmiştir (Tablo 5.4).

Tablo 5.4: Geniştirilmiş Biyotik indeks (Metcalf-Smith, 1994)

Geniştirilmiş Biyotik İndeks			Mevcut grupların toplam sayısı									
			0-1	2-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35	36-40	41-55
Trent Biyotik İndeks			Mevcut grupların toplam sayısı									
			0-1	2-5	6-10	11-15	16+					
Kirlilik derecesi arttıkça organizmaların kaybolma eğilimi			Biyotik indeksler									
Temiz	Plecoptera nimfleri	Tür>1 1 tür	-	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	Ephemeroptera türleri (<i>Baetis</i> hariç)	Tür>1 1 tür	-	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	Trichoptera larvası veya (<i>Baetis rhodani</i>)	Tür>1 1 tür	-	5	6	7	8	9	10	11	12	13
	<i>Gammarus</i>	Yukardaki türlerin tümü yok	4	4	5	6	7	7	9	10	11	12
	<i>Aseillus</i>	Yukardaki türlerin tümü yok	3	4	5	6	7	7	9	10	11	12
	Tubificid ve/veya chironomid larvaları	Yukardaki türlerin tümü yok	2	3	4	5	6	6	8	9	10	11
			1	3	3	4	5	5	7	8	9	10
Kirlil	Yukardaki türlerin tümü yok	<i>Eristalis tenax</i> gibi çöz. oksijene gerek duymayan bazı org.	0	1	2	-	-	-	-	-	-	-

Bu iki indeksin de eleştirilen en önemli noktası bolluk faktörünün indekslerde göz önüne alınmamış olmasıdır. Çünkü alınan örneklerde sürüklenme gibi diğer faktörlerin etkisiyle tesadüfi bulunan organizmalar da değerlendirmeye alınacağından indeks değerini etkileyecektir Ancak TBİ basit kullanımı ve kolay tanımlanabilen türlere odaklı olması nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır (Metcalf-Smith, 1994). Ortamda bir bireyle temsil edilen organizmalar da indeks değerinin yüksek çıkmasına neden olacaktır.

5.1.3 Chandler Biyotik Skor İndeksi

İskoçya'da geliştirilmiştir. TBİ'ye göre daha detaylı bir makroomurgasız listesi ile birlikte bolluk faktörünü de içerir. Skor, mevcut organizmaların teşhisi ve her grup için bolluk sınıflandırmasının tespitinin ardından o grup için uygun derece

seçilerek saptanır. Her bir türün derecesi toplanarak toplam skor belirlenir. Skor duyarlı grupların artan bollukları ile artar ve toleranslı grupların bolluklarının artışı ile azalır. Toplam skor 0-100 arasında değişmekte ve toplam skor azaldıkça suyun kirliliği artmaktadır (Tablo 5.5). TBİ gibi tanımlanması zor olan chrinomidae ve annelida türleri tek bir grup olarak değerlendirilir. Bu sistem, tür tanımlamasının daha detaylı olarak yapılmasını ve tüm türlerin göreceli bolluklarının belirlenmesini gerektirmesi nedeniyle TBİ'ye göre daha fazla zaman alır (Bahçeci,2010, Kılçık,2015).

Tablo 5.5: Chandler Biyotik Skor İndeksi

Teşhis Edilen Canlı Sayısı	Örnekteki Bolluk
1-2	Mevcut
3-10	Az
11-50	Yaygın
51-100	Bol
100+	Çok Bol

5.1.4 Biyolojik İzleme Çalışma Grubu Biyotik İndeksi

Biyolojik İzleme Çalışma Grubu Biyotik İndeksi (BMWP) İngiltere'deki tüm akarsuların biyolojik olarak araştırılmasına bir temel sağlamak amacıyla, zamana göre değişimi izlemek ve bölgeler arasında karşılaştırma yapmak üzere 1978 yılında geliştirilmiştir. Chandler skor sisteminin basitleştirilerek standardize edilmesiyle oluşturulmuş ve Biyolojik İzleme Çalışma Grubu Sayısı olarak adlandırılmıştır. Bu yöntemde taksonomik birlikteliği sağlamak için ailya düzeyinde teşhisler tercih edilmiş ve bolluk faktörü göz önüne alınmamıştır (Metcalf, 1989).Tablo 5.6'da ailyaların BMWP deperleri verilmektedir. Bu sistem sığ ve hızlı akıntılı sularda kullanılabileceği gibi derin ve yavaş akım hızına sahip sulardaki bütün örnekleme noktaları için uygun olup, arazide kolayca uygulanabilir (Bahçeci,2010; Kılçık,2015).

BMWP, TBİ ile karşılaştırıldığında taksonomik olarak daha kompleks bir indekstir ve bazı grupların parçalara ayrılarak kullanılmasını gerektirir (Bahçeci,2010).

Tablo 5.6: Familyaların BMWP Değerleri

FAMİLYALAR	SAYI
Siphonuridae, Heptageniidae, Leptophlebiidae, Ephemerellidae, Potamanthidae, Ephemeridae, Taeniopterygidae, Leutridae, Capniidae, Perlodidae, Perlidae,, Chloroperlidae, Aphelocheiridae, Phryganeidae, Molannidae, Beraeidae, Odontoceridae, Leptoceridae, Goeridae, Lepidostomatidae, Brachycentridae, Sericostomatidae	10
Astacidae, Lestidae, Agriidae, Gomphidae, Cordulegasteridae, Aeshnidae, Corduliidae, Libellulidae, Psychomyiidae, Philopotamidae	8
Caenidae, Nemouridae, Rhyacophilidae, Polycentropodidae, Limnephilidae	7
Neritidae, Viviparidae, Ancyliidae, Hydroptilidae, Unionidae, Corophiidae, Gammaridae, Platynemididae, Coenagriidae	6
Mesoveliidae, Hydrometridae, Gerridae,, Nepidae, Naucoridae, Notonectidae, Pleidae, Corixidae, Haliplidae, Hygrobiidae, Dytiscidae Gyrinidae, Hydrophilidae, Clambidae, Helodidae, Dryopidae, Eliminthidae Chrysomelidae, Curculionidae, Hydropsychidae, Tipulidae, Simuliidae Planariidae, Dendocoelidae	5
Baetidae, Sialidae, Piscicolidae	4
Valvatidae, Hydroniidae, Lymnaeidae, Physidae, Planorbidae, Sphaeriidae Glossiphonidae, Hirudidae, Erpoddellidae, Asellidae	3
Chironomidae	2
Oligochaeta (Bütün grupları)	1

Toplam değer, o örnekleme noktasındaki değişik faktörlerin etkisindeki biyolojik durumun göstergesi olup, yüksek bir değer biyolojik çeşitliliği göstermektedir.

Tablo 5.7: BMWP 'ye göre su kalite sınıfları (Metcalf, 1989)

BMWP değeri	Kirlilik Sınıfları	Kirlilik Düzeyleri
150'den fazla	I	Kirlenmemiş
101-150	II	Çok Az Kirlenmiş
51-100	III	Az Kirlenmiş
26-50	IV	Orta derecede Kirlenmiş
25'ten az	V	Kirlenmiş

BMWP ile makroomurgasız familyalarına, fizikokimyasal ve çevresel değişimlere gösterdikleri duyarlılığa bağlı olarak özel değerler verilmektedir. Bu değerler 1-10 arasında değişmekte ve kirliliğe karşı toleransı olmayan familyalar yüksek değerler ile, kirliliğe karşı toleransı olan familyalar düşük değerlere sahiptir.

BMWP sistemine göre, örnekleme noktasındaki değerlendirme için örnekleme noktasında toplanan tüm makroomurgasızların familya düzeyinde listesi oluşturulur, her bir familya için verilen değerler göz önüne alınarak familyaların toplam skor değerleri hesaplanır. Toplam skor 0 ila 250 arasında değişmekte olup, o örnekleme noktasındaki değişik faktörlerin etkisindeki biyolojik durumun göstergesidir (Bahçeci,2010; Kılçık,2015).

5.1.5. Her Taksonun Ortalama Değeri (Average Score Per Taxon=ASPT)

Her Taksonun Ortalama Değeri (ASPT), toplam BMWP değerinden hesaplanmaktadır. Örnekleme noktasında elde edilen toplam BMWP değeri, örnekleme noktasında elde edilen toplam familya sayısına bölünür. Sonuçta elde edilen sayı ASPT değeridir ve toplam değerler arasındaki değişikliklerden daha az

etkilenecek karşılaştırma amaçları için daha uygun bir temel oluşturur (Metcalf, 1989).

$$ASPT = \frac{\text{Toplam } t_i}{n}$$

t_i = Taksonların toplam BMWP değeri

n = Taksonların toplam sayısı

Tablo 5.8: ASPT'ye göre su kalite sınıfları, (Metcalf, 1989)

ASPT Değerleri	Su Kalitesi Sınıflar	
	Rakamsal	Kalite sınıfı
> 6	I	Kirlenmemiş
5-6	II	Az Kirlenmiş
4-5	III	Orta Derecede Kirlenmiş
<4	IV	Aşırı Derecede

ASPT BMWP'ye oranla mevsimsel değişimlerden daha az etkilenir ve yaşam döngüsünden bağımsız olarak kalite tahmini yapılmasına olanak sağlar. ASPT aynı zamanda substrat tipine göre değişik skorlama sistemleri kullanımı gereksinimini ortadan kaldırır. Numune miktarının toplam skor üzerindeki etkisi ASPT'de minimuma iner. Sonuç olarak ASPT numune alma, numune miktarı, numune işlenmesi ve substrat gibi değişkenlerin neden olduğu sıkıntıları en aza indirebilmektedir (Bahçeci,2010; Kılıçık,2015).

BMWP-ASPT kirlilik durumlarında hafif değişikliklere karşı oldukça duyarlı olduğu ve su kalitesine ilişkin doğrudan ölçümlerle aynı sonucu verdiği bildirilmiştir (Smith, 1994; Anonymous, 2004)

Tablo 5.9: BMWPve ASPT skorlarına göre su kalite sınıfları (Metcalf, 1989)

BMWP	ASPT	Su Kalitesi Sınıfları	
		Rakamsal	Kalite Sınıfı
151 +	6,0+	7	Çok İyi
121-150	5,5-5,9	6	Çok İyi
91-120	5,1-5,4	5	Çok İyi
61-90	4,6-5,0	4	İyi
31-60	3,6-4,5	3	Orta
15-30	2,6-3,5	2	Zayıf
0-14	0-2,5	1	Kötü

5.1.6. Belçika Biotik İndeks (BBİ)

Su kirliliğinin belirlenmesinde kullanılan bir başka yöntem ise TBI'den geliştirilen Belçika Biyotik İndeksidir (BBİ). Bu yöntem akarsulardan toplanmış makrozoobentik organizmaların familya, cins veya tür düzeyinde teşhis edilerek değerlendirilmesi ile uygulanmaktadır (De Pauw ve Vanhooren, 1983). Ancak organizmalar sayısal olarak indekste değerlendirmeye alınmamakta ve toplanan materyaldeki kirliliğe hassas gruplar ile komponent grupların sayısı indeksin temelini oluşturmaktadır. Bu indekste teşhis edilen sistematik birimlerin kullanma düzeyleri farklı taksonomik düzeylerde olmaktadır (Tablo 5.10). İndeksin sınırları 0–10 arasında değişmektedir (Tablo 5.11). Yüksek indeks değerleri daha duyarlı grup ve sistematik birimlerin varlığını göstermektedir (Bahçeci,2010; Kılıçık,2015).

Tablo 5.10: BBİ’de kullanılan sistematik birimlerin düzeyleri

Taksonomik Grup	Sistematik Birimlerin Teşhis Düzeyi
Plathelminthes	Cins
Oligochaeta	Familya
Hirudinea	Cins
Mollusca	Cins
Crustacea	Familya
Plecoptera	Cins
Ephemeroptera	Cins
Trichoptera	Familya
Odonata	Cins
Megaloptera	Cins
Hemiptera	Cins
Coleoptera	Familya
Diptera	Familya
	<i>Chironomidae thummi- plumosus</i>
	<i>Chironomidae thummi- plumosus</i> dışı
Hydracarina	Bulunurluk

Tablo 5.11: BBİ su kalitesi sınıfları

Sınıf	Biyotik İndeks Değeri	Renk	Renklerin Anlamı
I	10-9	Mavi	Hafif kirlenmiş veya değil
II	8-7	Yeşil	Hafif kirlenmiş
III	6-5	Sarı	Orta derecede kirlenmiş, kritik durum
IV	4-3	Turuncu	Yoğun kirlenmiş
V	2-0	Kırmızı	Çok yoğun kirlenmiş

5.1.7 Biyotik İndeks

Biyotik İndeks (BI), Tuffery ve Verneaux (1968) tarafından Fransa faunası için geliştirilmiş bir indekstir. TBI' den köken almakla beraber şu yönlerden farklılık gösterir;

- ✓ BI' de TBI' den daha fazla sayıda özel gösterge takson bulunur
- ✓ Her indekste ağırlıklı olarak ele alınan indikatör gruplar farklıdır.
- ✓ Tek birey ile temsil edilen sistematik üniteler rastlantısal olarak ortamda buldukları düşünülürken değerlendirilmeye alınmamıştır.

5.1.8 Familya Biotik İndeks (FBI)

Bu indeks Hilsenhoff tarafından makrozoobentik omurgasızlara bağlı toleransın belirlenmesi amacıyla geliştirilmiştir (Hilsenhoff 1988). Bu indekste sadece belirli grupları kullanılmaktadır. Bu gruplar Plecoptera, Ephemeroptera, Odonata, Trichoptera, Megaloptera, Lepidoptera, Coleoptera, Diptera, Amphipoda ve Isopoda familyalarıdır. Familyaların tolerans değeri 0-10 arasında değişmekte olup suyun kalitesi azaldıkça değeri artar.

Familya biyotik indeksi şu şekilde hesaplanır:

$$FBI = \sum \frac{X_i t_i}{n}$$

Bu yöntemde;

FBI = Familya Biotik İndeksi

X_i = Takson sayısı

T_i = Taksonun hoşgörü değeri

n = Toplanan örneklerdeki organizma sayısı

Tablo 5.12: Familya Biyotik İndekse göre akarsu kalite sınıfları

Familya Biyotik İndeksi	Su Kalitesi	Organik Kirliliğin Derecesi
0,00- 3,50	Kirlenmemiş I	Organik olarak hiç kirlenmemiş
3,76-4,25	Çok az kirlenmiş I-II	Çok az kirlenmiş
4,26-5,00	Az kirlenmiş II	Muhtemel organik kirlilik (bazen)
5,01-5,75	Kritik derecede kirlenmiş II-III	Kritik derecede kirlenmiş
5,76-6,50	Oldukça kirlenmiş III	Oldukça kirli
6,51-7,25	Çok kirlenmiş III-IV	Çok kirlenmiş
7,26-10	Aşırı derecede kirlenmiş IV	Aşırı derecede kirli

5.1.9. Kuzey Carolina Biyotik İndeks (NCBI)

Bu sistem 1995 yılında Kuzey Carolina Ulusal Kirlilik Belirleme Komitesi tarafından geliştirilmiştir. Bu sistemde kirliliğin belirlenmesinde NCBI indeks değerinin yanı sıra EPT miktarının Chironomid miktarına oranı ve Tubificidae yoğunluğu da değerlendirmede ölçüt olarak kullanılmıştır. Burada EPT yoğunluğunun Chironomid miktarına oranının yüksek çıkması suyun temiz olduğunun göstergesidir. Yine sudaki Tubificidae yoğunluğunun yüksek çıkması da suyun kirli olduğunun bir göstergesidir. Ayrıca bölgenin habitatının üzerine yorum yapabilmek için takson zenginliğine de bakılmıştır.

Aşağıdaki formüle göre hesaplanır:

$$NCBI = 2 \sum T_{vi} N_i / 2N$$

Bu yöntemde;

- NCBI = Kuzey Carolina Biyotik İndeksi
- T_{vi} = indikatör takson tolerans değeri
- N_i = indikatör takson yoğunluğu
- N = Tüm takson yoğunluğu

Tablo 5.13: NCB indekse göre kalite sınıfları

NCBI Değeri	Biosınıflandırması
< 5,19	Çok temiz
5,19 - 5,78	Temiz
5,79 - 6,48	Hafif kirli
6,49 - 7,49	Kirli
> 7,48	Çok kirli

5.1.10. Hızlı Tahmin Protokolü II (RPB II)

RPB II'de kullanılan veri analiz planı çeşitli komüniteleri, populasyonları ve biyotik bütünlüğün gelişimini içine alan fonksiyonel parametreleri ihtiva eder. Her bir parametre veya ölçüm, komünite yapısının farklı bir bileşenin ölçümü ve kirlilik stresine duyarlılığı gibi değişik bir bölümü kapsar. Bu durum belirlenecek su kalite seviyesi için daha fazla güvenilirlik sağlar. Çünkü değişik parametreler geliştirilmiştir. RPB II örnekleme istasyonlarında şu parametreleri inceler (Plafkin vd., 1989):

1. Takson Zenginliği
2. Modifiye Edilmiş Familya Biyotik İndeksi
3. EPT Bolluğunun Chironomid Bolluğuna Oranı
4. Dominant Familyaların Yüzde (%) Bulunuşu:
5. EPT İndeksi:
6. Komünitelerin Benzerlik İndeksi

5.1.11. Biotik Sediment İndeks (BSI)

BSI, takson çeşitliliği ve spesifik indikatör grupların varlığı veya yokluğuna dayanan Belçika Biyotik İndeks' ten köken alır. Teşhis seviyesi hemen hemen BBI hesaplanmasında kullanılan ile aynıdır (De Pauw & Vanhooren, 1983). BSI' de

indikatör taksonların kirlilik toleransları açıklanmakla birlikte farklı sediment tiplerindeki makrozoobentik omurgasızların taksonomik çeşitliliği de açıklanır. BBI'in aksine BSI hesaplanmasında tek bir birey bile değerlendirilir. Tek bir bireyle taksonların temsil edilmesinin önemi, BSI' de makrozoobentik omurgasızların Van Veen kepçesi ile örneklenmesidir. BBI' deki el kepçesinden farklıdır. (Van Veen örnekleyicisi, sediman tabanını temsil edecek örnekleri toplamak için tasarlanmış bir örnekleyicidir). Bu kepçeyle örnekleme yapmanın daha seçici olduğu düşünülür (De Pauw ve Heylen, 2001).

Tablo 5.14: Biyotik Sediment İndeks Tolerans Değerleri

Tolerans değeri	İndikatör grup	Sıklığı	Takson sayısı			
			0-1	2-5	6-10	≥11
1	Trichoptera	≥2	-	8	9	10
		1	4	7	8	9
2	Gammaridae, Bivalvia, Sialis	≥2	-	7	8	9
		1	3	6	7	8
3	Gastropoda(<i>Physa</i> hariç), Hirudinea, Asellidae	≥2	-	4	5	6
		1	2	3	4	5
4	Chironomidae, <i>thummiplumosus</i> grubu hariç		1	2	3	-
5	Oligochaeta, Chironomidae <i>thummi-plumosus</i> grubu		1	1	2	-
	İndikatör grup yok		0	1	-	-

Tablo. 5.15: Sediment Kalite Sınıfları

BSI skor	Kalite sınıfı	Renk	Renklerin anlamı
0-1-2	4	Kırmızı	Çok kötü
3-4	3	Sarı	Kötü
5-6	2	Yeşil	Orta
7-8-9-10	1	Mavi	İyi

5.1.12. Genişletilmiş Biyotik İndeks (Extended Biotic index, EBI)

Makroomurgasızlara dayalı olan bir indekstir. Aşağıdaki tabloda bu indeksin hesaplanma metotları gösterilmiştir.

Tablo 5.16: Extended Biotic İndeksin Hesaplanması (Ghetti, 1997)

Fauna Grupları		0-1	2-5	6-10	11-15	16-20	21-25	26-30	31-35	36...
Plecoptera	>1 S.Ü	-	-	8	9	10	11	12	13	14
	Sadece 1 S.Ü	-	-	7	8	9	10	11	12	13
Ephemeroptera (Baetidae, Caenidae hariç)	>1 S.Ü	-	-	7	8	9	10	11	12	-
	Sadece 1 S.Ü	-	-	6	7	8	9	10	11	-
Trichoptera (Baetidae, nidae dahil)	>1 S.Ü	-	5	6	7	8	9	10	11	-
	Sadece 1 S.Ü	-	4	5	6	7	8	9	10	-
Gammarus ve/veya Atiidus ve/veya Palemonida	Yukarıdaki S.Ü' ler yok		4	5	6	7	8	9	10	
Asellus ve/veya Nifhargidus	Yukarıdaki S.Ü' ler yok		3	4	5	6	7	8	9	
Oligochaeta veya Chironomidae	Yukarıdaki S.Ü' ler yok	1	2	3	4	5				
Yukarıdaki taksonların hiçbiri yok	Aerobik organizmalar mevcut	0	1	2	3	-	-	-	-	-

5.1.13. IBPAMP (Biotic İndex for PAMPeian rivers)

Bu indeks, Arjantin'deki Pampean akarsularında yapılan çalışmalarda uygulanmıştır. IBPAMP, Tuffery& Vernaux (1967), De Pauw& Vanhooren (1983), Ghetti (1986), Prat et al. (1986, 1999) ve Corigliano (1999) tarafından öne sürülen prensiplere dayalıdır ve lokal olarak oluşan makroomurgasızlara uyarlanmıştır

İndeks, 7 yatay sütunda gösterilen ögelere göre düzenlenmiştir (Woodiwiss, 1978; Ghetti, 1986). Örnekleme alanlarında ölçülen fiziksel ve kimyasal parametrelere ve gözlenen ekolojik özelliklere göre en hassas taksonlar rhitral bölgelerde, yuvalı Trichoptera (Leptoceridae), Hydropsychidae, Lestidae, Elmidae ve Gomphidae'. Potamal bölgelerde bunlara Mollusca (Unionidae) eklenir.

Tablo 5.17: Rhitral zonda IBPAMP indeks hesaplanması için standart tablo

	Faunistik Gruplar	Bulunan sistematik ünitelerin toplam sayıları							
		0-1	2-5	6-10	11-15	16-20	21-25	>26	
1	Yuvalı Trichoptera (Leptoceridae)	> 1 S.Ü*	-	-	8	9	10	11	12
		Sadece 1 S.Ü	-	-	7	8	9	10	11
2	Hydropsychidae Lestidae, Elmidae, Gomphidae	> 1 S.Ü	-	6	7	8	9	10	11
		Sadece 1 S.Ü	-	5	6	7	8	9	10
3	Ancyliidae, Decapoda, Aeshnidae, Simuliidae, diğer Trichoptera	> 1 S.Ü	-	4	5	6	7	8	9
		Sadece 1 S.Ü	-	3	4	5	6	7	8
4	Diğer Coleoptera Ephemeroptera (Caenidae hariç)	Yukarıdaki S.Ü'lerin hiçbiri yok	-	3	4	5	6	7	-
5	Coenagrionidae, Caenidae, Heteroptera, Amphipoda	Yukarıdaki S.Ü'lerin hiçbiri yok		2	3	4	5		
6	Tubificidae, kırmızı Chironomidae, Physidae, Culicidae	Yukarıdaki S.Ü'lerin hiçbiri yok	1	1	2	3			
7	Syrphidae, Enchitreidae, Psychodidae	Yukarıdaki S.Ü'lerin hiçbiri yok		0	1	2			

Tablo 5.18: Potamal zonda IBPAMP indeksi hesaplanması için standart tablo

	Faunistik Gruplar	Bulunan sistematik ünitelerin toplam sayıları							
		0-1	2-5	6-10	11-15	16-20	21-25	>26	
1	Yuvalı Trichoptera (Leptoceridae)	> 1 S.Ü*	-	-	9	10	11	12	13
		Sadece 1 S.Ü		8	9	10	11	12	
2	Diğer Trichoptera Lestidae, Elmidae, Gomphidae, Unionidae	> 1 S.Ü	-	6	7	8	9	10	11
		Sadece 1 S.Ü		5	6	7	8	9	10
3	Ancyliidae, Decapoda, Aeshnidae, Simuliidae	> 1 S.Ü	-	4	5	6	7	8	9
		Sadece 1 S.Ü		3	4	5	6	7	8
4	Diğer Coleoptera Ephemeroptera (Caenidae hariç), Libellulidae	Yukarıdaki S.Ü'lerin hiçbiri yok		3	4	5	6	7	-
5	Coenagrionidae, Caenidae, Heteroptera, Amphipoda	Yukarıdaki S.Ü'lerin hiçbiri yok		2	3	4	5		
6	Tubificidae, kırmızı Chironomidae, Physidae, Culicidae	Yukarıdaki S.Ü'lerin hiçbiri yok	1	1	2	3			
7	Syrphidae, Enchitreidae, Psychodidae	Yukarıdaki S.Ü'lerin hiçbiri yok		0	1	2			

Tablo 5.19: IBPAMP indekse göre su kalitesi sınıfları

Sınıf	Biotik indeks IBPAMP	Anlamı	Renk
I	10-13	Kirlenmemiş	Mavi
II	8-9	Hafif kirli	Yeşil
III	6-7	Orta derecede kirli	Sarı
IV	4-5	Ağır kirli	Turuncu
V	1-3	Çok ağır kirli	Kırmızı

5.1.14. Saprobi İndeks (DIN 38410-2014)

Bu indeks ilk geliştireilen indeksten üretilmiş indeks durumunda olup organizmaların birey sayılarında indeks hesaplamasında kullanmakta ve tür düzeyine dayanmaktadır. Bu sebeple diğer indekslerden farklılık göstermektedir. Bu indeksin dayandığı formül aşağıda verilmiştir. Zelinka ve Marvan (1961)'in geliştirmiş olduğu formül kullanılmaktadır.

$$SI = \frac{\sum S_i \cdot H_i \cdot G_i}{\sum H_i \cdot G_i}$$

- SI: Saprobi indeks
- S_i: Organizmaların saprobi değeri
- H_i: Türün yoğunluğu
- G_i: İndikasyon ağırlığı

5.1.15. Saprobi İndeks (SLA- Sladeczek, 1973)

Sladeczek tarafından 1973 yılında geliştirilmiş olup Zelinka ve Marvan'ın geliştirmiş olduğu formül kullanılmaktadır. DIN 38410 ile aynı formül üzerinden çalışır fakat organizmaların saprobi değerleri ve indikasyon ağırlıkları değişim göstermektedir. Bunların yanı sıra Sladeczek İndeks diyatomlarda uygulanabildiğinden istasyonlarda da bu iki organizma gurubundan elde edilen biyolojik izleme sonuçlarını karşılaştırma imkanı sunmaktadır (Kalyoncu, 2015).

5.2. Avrupa'da Sıklıkla Kullanılan Tatlısu Çeşitlilik Bentik Makroomurgasız İndeksleri

Biyolojik izleme çalışmaları ilk olarak organik kirliliğin belirlenmesi için yapılmıyordu. Zamanla kirletici maddelerin çeşidi arttıkça, tür sayısı ve yoğunluk üzerine çalışmalar artmaya başlamış ve çeşitlilik indekslerinin temel yapısı ortaya çıkmıştır.

Çeşitlilik indeksleri, bir topluluğun çevre kalitesine verdiği tepkiyi açıklayan ve topluluk yapısının üç bileşeni olan tür sayısı, türe ait bireylerin dengeli dağılımı ya da farklı familyaların bolluklarının benzerlik durumu ve toplam organizma sayısının kullanıldığı matematiksel ifadelerdir. Kirlenmemiş temiz su yüksek çeşitlilik veya zenginlikle karakterize edilir. Organik kirlenme hassas organizmaların yok olmasıyla çeşitlilikte azalmaya, besin maddesi zenginliğinden dolayı toleranslı organizmaların bolluğunda artışa ve dengeli dağılımlarında azalmaya neden olur. Aksine toksik ve asidik kirlenme hem çeşitlilikte ve hem de bollukta azalmaya neden olur. Duyarlı organizmaların yok olmasıyla ve ilave besin kaynağı olmadığı için kalan toleranslı formlarda yaşayamaz. Bu nedenlerle çeşitlilikteki veya topluluk yapısındaki değişimler çevresel baskının boyutlarının tahmin edilmesinde kullanılabilir (Bahçeci, 2010)

Çeşitlilik indeksleri uzun süredir kullanılmaktadır. Ancak hafif kirlilikte artan çeşitliliğin, daha şiddetli kirlilikte meydana gelen belirgin azalma nedeniyle kullanılabilirliği her zaman sorgulanmaktadır.

5.2.1 Shannon- Weiener İndeksi

Sucul ekosistemlerde en yaygın olarak kullanılan çeşitlilik indeksidir.

$$H' = \sum_{i=1}^n (p_i)(\ln p_i)$$

H: indeks değeri,

n: topluluktaki taksonların toplam sayısı

Pi: topluluktaki “i” taksonundaki bireylerin oranıdır

Topluluk içindeki taksonların (biyotik çeşitlilik) sayısı ve dağılımı artarken, “H” değeri de artar. H'nin yüksek değeri, türlerin dağılımının daha dengeli veya daha çok sayıda olmasından etkilenerek, çeşitliliğin daha yüksek olduğunu ve çevrenin daha temiz olduğunu ifade eder. H değerinin 3'ten büyük olması suyun temiz olduğunu,

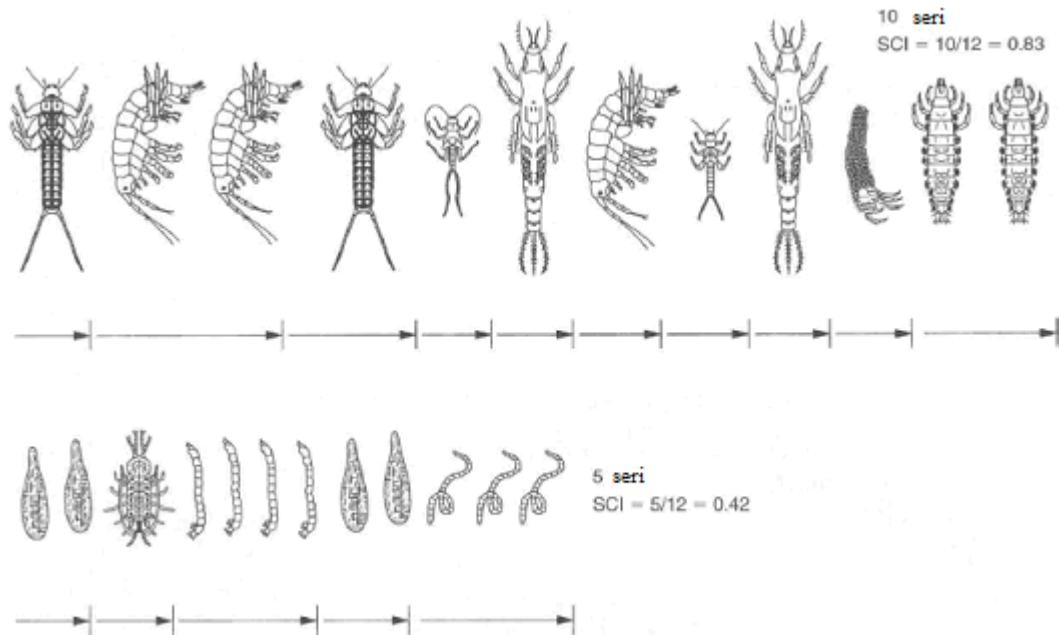
1'den küçük olması suyun ağır şekilde kirli olduğunu ve ara değerler ise suyun orta derecede kirli olduğunu orta belirtisidir.

5.2.2. Ardışık Karşılaştırma İndeksi

Bu basit çeşitlilik indeksi taksonomik bilgiye ihtiyaç duymadan örneklerin sadece şekil, boyut ve renk yönünden ayırt edilebilir olmasına dayanır. Bir örnekteki biyolojik çeşitliliğin tahmin edilmesine dayalıdır. Toplanan bireyler gelişigüzel bir biçimde örnekleme tepsisine dizilir ve her bir birey bir önceki ile karşılaştırılır. Bir önceki bireyle farklı bir bireye rastlanılırsa o seri bitmiş kabul edilir (Şekil 5.3). Çeşitlilik indeksi (DI) DI_1 skoru olarak aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$DI_1 = \frac{\text{Seri Sayısı}}{\text{Örnek Sayısı}}$$

Bu indeksle ilgili temel zorluk örnekten makroomurgasızların gelişigüzel sıralı halinin elde edilmesinde yaşanır. Skor hesaplanabilmesi için en az 250 birey kullanılmalıdır. Oran 1,0 değerine ne kadar yaklaşırsa örnekteki çeşitlilik o kadar fazla, oran 0 değerine ne kadar yaklaşırsa örnekteki çeşitlilik az ve örnek alınan su kirli demektir (Bahçeci, 2010).



Şekil 5.3 : Örnek Ardışık Karşılaştırma İndeksi hesaplaması

5.2.3 İnterkalibrasyon Ortak Metrik indeksi (ICMi)

Bu indeks, farklı ağırlıklara sahip, altı ayrı metrikten meydana gelmektedir (Tablo 5.20)

Tablo 5.20: İnterkalibrasyon Ortak Metriği (ICMi)

STAR projesinin interkalibrasyon prosedürü için seçilmiş olan İnterkalibrasyon Ortak Ölçüleri (ICM)

Veri tipi	Ölçü tipi	Ölçü adı	Ölçüde dikkate alınan takson	Literatür referans	Değer
Tolerans	İndeks	ASPT*	Tüm komünite (Familya seviyesinde)	Öm. Armitage <i>et al.</i> , 1983	0,333
Bolluk/ Habitat	Bolluk	$\log_{10}(\text{Sel_EPTD} + 1)$	Log (Toplamlar: Heptageniidae, Ephemeridae, Leptophlebiidae, Brachycentridae, Goeridae, Polycentropodidae, Limnephilidae, Odontoceridae, Dolichopodidae, Stratiomyidae, Dixidae, Empididae, Athericidae ve Nemouridae)	Buffagni <i>et al.</i> , 2004; Buffagni & Erba, 2004	0,266
	Bolluk	1 - GOLD	1 - (Nispi bolluklar: Gastropoda, Oligochaeta ve Diptera)	Pinto <i>et al.</i> , 2004	0,067
Zenginlik ve Çeşitlilik	Takson sayısı	Toplam Familya sayısı	İstasyonda bulunan tüm familyaların toplamı	Öm. Ofenböch <i>et al.</i> , 2004	0,167
	Takson sayısı	EPT Familyalarının sayısı	Ephemeroptera, Plecoptera ve Trichoptera taksonlarının toplamı	Öm. Ofenböch <i>et al.</i> , 2004; Böhmer <i>et al.</i> , 2004	0,083
	Çeşitlilik indeksi	Shannon-Wiener çeşitlilik indeksi	$D_{S-W} = -\sum_{i=1}^s \left(\frac{n_i}{A} \right) \cdot \ln \left(\frac{n_i}{A} \right)$	Öm. Hering <i>et al.</i> , 2004; Böhmer <i>et al.</i> , 2004	0,083

5.3. Su Kalitesinin Biyolojik Olarak Belirlenmesinde Avrupa'da Sıklıkla Kullanılan Tuzlusu Bentik Makroomurgasız İndeksleri

Denizlerde bentik makroomurgasızlarla su kalitesini belirlemek amacıyla geliştirilen yöntemler arasında en yaygın olarak kullanılan iki yöntem AMBI, MABI ve BENTIX biyotik indeksleridir. Bu indekslerin bilgisayar programı şeklinde düzenlenmiş sistemleri de mevcuttur.

Bentik makroomurgasızlar, artan baskı derecesine karşı duyarlılıklarına göre 5 gruba bölünür:

- GI Kirlenmemiş bölgelerde bulunan ve organik zenginleşmeye duyarlı türlerdir.
- GII Organik zenginleşmeye kayıtsız, her zaman düşük yoğunluklarda bulunan türlerdir.

- GIII Aşırı organik madde zenginleşmesine toleranslı türlerdir.
- GIV İkinci-cins fırsatçı türlerdir.
- GV Birinci-cins fırsatçı türlerdir.

AMBI her bir ekolojik grubun bolluğunun yüzdeleri temeline dayanıp bir Biyotik Katsayı (BC = Biotic Coefficient) değeri elde eder. Formülü aşağıdaki gibidir:

$$BC = \{(0 \times \%GI) + (1,5 \times \%GII) + (3 \times \%GIII) + (4,5 \times \%GIV) + (6 \times \%GV)\}/100$$

BC değeri 0 ile 6 arasındadır. Değerin sıfıra yakın olması ortamın kirlenmediği, altıya yakın olması ise çok fazla kirlendiği anlamına gelir. Değerlendirme Tablo 5.21'deki şekilde yapılır:

Tablo 5.21: AMBI kirlilik değerlendirmesi

Ekolojik Kalite Durumu	AMBI
Yüksek	$0 < BC \leq 1,2$
İyi	$1,2 < BC \leq 3,3$
Orta	$3,3 < BC \leq 4,3$
Zayıf	$4,3 < BC \leq 5,5$
Kötü	$5,5 < BC \leq 6$

MAMBI indeksi AMBI ile paralellik gösterir sadece kullandıkları organizma sayısı farklılık göstermektedir.

BENTIX yönteminde türlerin kirliliğe karşı duyarlılık veya toleranslarına göre ayrıldıkları 5 ekolojik grup 3'e indirilmiştir. Formül geliştirilirken bu 3 grup 2 gruba indirgenmiştir {Duyarlı türler (GI) ve toleranslı türler (GII ve GIII)}.

- | | türlerin kirliliğe karşı duyarlılık veya toleransları | Formülde |
|--------|--|-------------------|
| • GI | Kirliliğe duyarlı türleri içerir. | Duyarlı türler |
| • GII | Kirliliğe toleranslı, organik zenginleşme veya diğer kaynaklı kirleticilerle popülasyonları artan türleri içerir | Toleranslı türler |
| • GIII | Birinci-cins fırsatçı türlerdir. | |

Formül şöyledir:

$$\text{BENTIX} = \{6 \times \% \text{GI} + 2 \times (\% \text{GII} + \% \text{GIII})\} / 100$$

BENTIX değeri ya sıfırdır ya da 2 ile 6 arasındadır. Örnekleme yapılan bölge azoik ise BENTIX sıfır değerini alır. Komünite yalnızca toleranslı türlerden oluşuyorsa 2, yalnızca duyarlı türlerden oluşuyorsa 6 değeri elde edilir. Bu grupların farklı baskınlıklarda bulunmasıyla da 2 ile 6 arasında bir sayı bulunur ve değerlendirme Tablo 5.22'deki gibi yapılır (Kalyoncu, 2015).

Tablo 5.22: BENTIX kirlilik değerlendirmesi

Ekolojik Kalite Durumu	BENTIX
Yüksek	$4,5 \leq \text{BENTIX} \leq 6$
İyi	$3,5 \leq \text{BENTIX} < 4,5$
Orta	$2,5 \leq \text{BENTIX} < 3,5$
Zayıf	$2 \leq \text{BENTIX} < 2,5$
Kötü	$>2,5$

6. İNTERKALİBRASYON ÇALIŞMALARI ve AVRUPA ÜLKELERİ UYGULAMALARI

AB İnterkalibrasyon uygulamasının amacı, ulusal metotları kalibre ederek SÇD'nin uygulanabilmesini kolaylaştırmak ve ulusal metotların kalibrasyonunu sağlayarak AB seviyesinde su kalitesi ile ilgili bilgiye ulaşmak için doğru bir süreç sağlamaktır.

SÇD Madde-8 Ek-5 çok iyi/iyi ve iyi/orta ekolojik kalite sınıf sınır değerlerinin interkalibrasyon işlemi ile oluşturulmasını gerektirmektedir. Üye Devletlerin referans koşullara göre belirledikleri yerüstü suyu statülerini ortaya koyan ve seçilmiş sahalardan oluşan interkalibrasyon ağı oluşturulmalıdır.

İnterkalibrasyon işleminin sayesinde, her bir üye ülkenin tek bir biyolojik kalite unsuru için ekolojik kalite değerlendirme sisteminin çok iyi/iyi ve iyi/orta sınıf sınır değerlerinin karşılaştırılabilir olması sağlanmaktadır. Bu şekilde direktifin temel hedefi olan “iyi ekolojik durum”a ulaşılabilmesi için uyumlu bir yaklaşım elde edilmesi sağlanmaktadır. Sonuç olarak ortak görüşe dayanılarak oluşturulmuş iyi statü ekolojik kalite kriterleri ve çok iyi/iyi ve iyi/orta sınıf sınır değerleri için ekolojik kalite oranı değerleri belirlenmektedir.

Avrupa Birliğindeki 27 Üye Devlet ve Norveç interkalibrasyon çalışmalarına katılım sağlamaktadır. SÇD gerekliliklerine göre su kalitesi izlemesi çalışmalarına yeni başlayan ülkeler interkalibrasyon çalışmaları sonuçlarını değerlendirilerek kendi ülkeleri için uygun değerlendirme yöntemlerini geliştirebilirler.

6.1. Göllerde Bentik Makroomurgasız İnterkalibrasyon Çalışmaları

Göllerde SÇD ile uyumlu makroomurgasız değerlendirme metodlarında eksiklikler görülmektedir. Makroomurgasız üç ana nedenden dolayı (karmaşık biyotik yapısı, yüksek mekansal ve zamansal değişkenliği) göl kalitesinin değerlendirilmesinde zor biyolojik gruplarından biri olarak kabul edilmektedir. Bu faktörlere rağmen, son interkalibrasyon teknik raporlarında 20 metrik geliştirilmiş ve

bunlardan 13 metriğin interkalibrasyonu başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiş olup ülkelerin genel durumu Tablo 6.1’de yer almaktadır. Tüm ulusal sistemlerde kullanılan 44 metriğin yaklaşık yarısı (% 42) hassasiyet ve toleransa dayalı metriklerdir. Litvanya ve Estonya gibi bazı ülkeler ASPT indeksi, İsveç ve Finlandiya Bentik Kalite İndeksi, Norveç ve Estonya Asitlik indeksi gibi geleneksel indeksler kullanmaktadır. Birçok Üye Devlet -Slovenya Littoral Fauna İndeksi, Belçika Mean Tolerans Scor, İngiltere LAMM indeksi- yeni hassasiyet indeksleri geliştirmiştir. Sekiz metod zenginlik ve çeşitlilik yöntemlerini, toplam takson zenginliğini, EPT (Ephemeroptera, Plecoptera ve Trichoptera) taksa zenginliğini ve Shannon Wiener çeşitlilik indekslerini içermektedir. Sadece dört metod kompozisyon metrikleri içermektedir.

Tablo 6.1: Üye devletlerin göl değerlendirme metotlarına genel bakış (Poikane, 2015)

Üye Devletler	Makroomurgasız	Üye Devletler	Makroomurgasız
Avusturya	-	Yunanistan	-
Belçika	İnterkalibre*	Macaristan	Arz edilmiş
Bulgaristan	-	İrlanda	-
Kıbrıs	Uygulanabilir değil**	İtalya	Arz edilmiş
Danimarka	-	Letonya	-
Estonya	İnterkalibre	Litvanya	İnterkalibre
Finlandiya	İnterkalibre	Hollanda	İnterkalibre
Fransa	Arz edilmiş***	Norveç	İnterkalibre
Almanya	İnterkalibre (2) Arz edilmiş	Polonya	-
Slovenya	İnterkalibre	Portekiz	Uygulanabilir değil
İspanya	Arz edilmiş	Romanya	Arz edilmiş
İsveç	İnterkalibre(2) Arz edilmiş	Britanya	İnterkalibre(2)
Toplam	17 interkalibre, 4 arz edilmiş		

*İnterkalibre, metot interkalibre ve final raporunda yer almakta

**Uygulanabilir değil, doğal göl bulunmamasından dolayı metot geliştirilememiş, interkalibre değil

***Arz edilmiş, metot interkalibrasyona katılmış fakat final raporlarında yer almamakta

Geçerli bentik fauna değerlendirme sistemlerinin çoğu önemli baskılara gösterdikleri tepki ilişkilerine dayanmaktadır. Bentik değerlendirme yöntemlerinin geliştirilerek kısmi başarı elde edildiği söylenebilir. Ölçüm belirsizliğini azaltmak için göl bentik makroomurgasız topluluklarının yapısı ve insan kaynaklı baskı tepkilerinin araştırılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Son zamanlarda, yeni bir uyumlaştırılmış multimetrik değerlendirme sistemi Akdeniz doğal gölleri de dahil olmak üzere Batı, Kuzey, Orta ve Güney Avrupa için öne sürülmüştür. (Poikane, 2015)

Göl interkalibrasyon çalışmalarına aktif olarak katılım sağlayan üye devletlerin ulusal sistemlerde yer alan metrik değerlendirme kriterleri Tablo 6.2’de yer almaktadır.

Table 6.2: Üye Devletlerde interkalibre edilmiş göl bentik makroomurgasız değerlendirme yöntemleri (Poikane, 2015)

Ulusal Sistemlerde Yer Alan Bentik Makroomurgasız Metrikleri					
Üye Devletler	Kompozisyon Metrikleri	Hassasiyet/Tolerans Metrikleri	Zenginlik/Çeşitlilik Metrikleri	Fonksiyonel Metrikler	Baskı göstergeleri ve Baskı İndikatörleri
Belçika	-	Hassas Taksa sayısı Tolerans Skor	EPT Taksa Zenginliği Toplam Taksa Zenginliği Shanon Wiener Çeşitliliği	-	Ötrofikasyon Hidromorfolojik Modifikasyonlar: <i>Test edilmedi</i>
Estonya	-	ASPT İndeksi İsveç Asitlik İndeksi	EPT ve Toplam Taksa Zenginliği Shanon-Wiener Çeşitliliği	-	Ötrofikasyon: <i>Toplam Fosfor Alan Kullanımı</i>
Finlandiya	-	BQI _{FI} İndeks	-	-	Ötrofikasyon: <i>Toplam Fosfor Toplam Azot Kolarfil-a Seki Derinliği Hidromorfolojik Modifikasyonlar</i>
Almanya-Alpin	Odonata kısmi Bolluğu	Fauna İndeks	Shanon-Wiener Çeşitliliği	Toplayıcıların kısmi bolluğu r/k oranı	Hidromorfolojik Modifikasyonlar
Almanya-Merkez Baltık	Odonata kısmi Bolluğu	Fauna İndeks	ETO Taksa Zenginliği	Lithal Habitat Kısmi Bolluğu	Ötrofikasyon Hidromorfolojik Modifikasyonlar
Litvanya	COP kısmi Bolluğu	ASPT İndeks	CEP Taksa Zenginliği Hills Sayısı	-	Ötrofikasyon: <i>Toplam Fosfor</i>
Hollanda	-	%DN,%DP,%KM	%KM taksa	-	Hidromorfolojik Modifikasyonlar
Norveç	-	AWIC İndeks Asitlik İndeksi	Ephemeroptera Taksa Zenginliği Gastropoda Taksa Zenginliği	-	Asidifikasyon: <i>pH, Asit nötralize kapasitesi, İnorganik Alüminyum</i>
Slovenya	-	Littoral Fauna İndeks	Toplam Taksa Zenginliği Margelef Çeşitliliği	-	Hidromorfolojik Modifikasyonlar: <i>Göl Modifikasyon İndeksi</i>
İsveç-BQI ^b	-	BQI _s İndeks	-	-	Ötrofikasyon: <i>Toplam Fosfor</i>
İsveç-MİLA ^b	Ephemeroptera kısmi Bolluğu Diptera kısmi Bolluğu	AWIC İndeks	Ephemeroptera Taksa Zenginliği Gastropoda Taksa Zenginliği	Predator kısmi bolluğu	Asidifikasyon: <i>pH</i>
İngiltere-CPET	-	CPET İndeksi	-	-	Ötrofikasyon: <i>Toplam Fosfor</i>
İngiltere-LAMM	-	LAMM İndeks	-	-	Asidifikasyon: <i>pH Asit nötralize kapasitesi</i>

Coğrafiik İnterkalibrasyon Grupları arasında Alpin, Merkez Baltık ve Kuzey CİG ölkeleri bentik makroomurgasız örnekleme yapımaktadır (Tablo 6.3).

Tablo 6.3: Göl Coğrafiik İnterkalibrasyon Grupları (Intercalibration Technical Report, 2014)

Göl Coğrafiik İnterkalibrasyon Grupları	Üye Devletler
Alpin CİG	Slovenya Fransa Almanya İtalya
Merkez Baltık CİG	Belçika(Flanders) Estonya Almanya Litvanya Hollanda İngiltere
Kuzey CİG	Finlandiya Norveç İsveç İngiltere

Tablo 6.4: Alpin CİG ölkeleri ulusal göl makroomurgasız değerlendirme yöntemleri (Intercalibration Technical Report Alpine Lake Benthic Invertebrate Ecological Assessment Methods, 2014)

Alpin Coğrafiik interkalibrasyon Grubu	Üye Devletler	Metod	Durum
	Slovenya	Kıyı bentik omurgasızlar kullanılarak göller için Slovenya ekolojik durum değerlendirme sistemi	Ulusal metod olarak kabul edildi
	Almanya (ölittoral)	AESHNA - Alman göl makroomurgasız değerlendirme yöntemi (Alp / Prealpine göllerin ölittoral bölümü)	Ulusal metod olarak kabul edildi
	Almanya (sublittoral)	AESHNA - Alman göl makroomurgasız değerlendirme yöntemi (Alp / Prealpine göllerin sublittoral bölümü)	Ulusal metod olarak kabul edildi
	İtalya	İtalya gölleri için BQI	İnterkalibre edilmiş metod
	Fransa	Fransa sublittoral makroomurgasız değerlendirme metodu	İnterkalibre edilmiş metod

Tablo 6.5: Alpin CİG Üye devletlerin ortak göl tipolojileri (Intercalibration Technical Report Alpine Lake Benthic Invertebrate Ecological Assessment Methods, 2014)

Alpnin CİG	Tip Karakteristiği	Üye Devletlerin Paylaştığı IC Ortak Tipleri
Ortak Tipoloji tipleri		
L – AL3	Orta yükseklikte ova (50-800 m asl) Genişlik (0.5 km ²) Derinlik (ortalama derinlik 15m) Orta ve Yüksek Alkalinite(1 meq/l)	Slovenya Almanya İtalya Fransa Avusturya
L – AL4	Orta yükseklikte ova (50-800 m asl) Genişlik (0.5 km ²) Sığ (ortalama derinlik 3-15 m) Orta ve yüksek alkalilik (1 meq/l)	Almanya Fransa Avusturya

Tablo 6.6: Merkez Baltık CİG ülkeleri ulusal göl makroomurgasız değerlendirme yöntemleri (Intercalibration Technical Report Central Baltic Lake Benthic Invertebrate Ecological Assessment Methods, 2014)

Merkez Baltık Coğrafik İnterkalibrasyonu Grubu	Üye Devletler	Metod	Durum
	Belçika(Flanders)	MMIF-Flanders Multimetrik Makroomurgasız İndeksi	Ulusal metod olarak kabul edildi
	Almanya	AESHNA-Almanya Makroomurgasız Göl Değerlendirmesi	İnterkalibre edilmiş metod
	Estonya	Tatlısu Kalite Tahmininde Macroomurgasızların Kullanma	Ulusal metod olarak kabul edildi
	Litvanya	Litvanya Göl Makroomurgasız İndeksi	İnterkalibre edilmiş metod
	Hollanda	WFDİ - Doğal Su Tipleri İçin Metrik	Ulusal metod olarak kabul edildi
	İngiltere	CPET-Chironomid Pupal Exuvial Tekniği	Ulusal metod olarak kabul edildi

Tablo 6.7: Merkez Baltık CİG Üye devletlerin göl metrik değerlendirme kriterleri (Intercalibration Technical Report Central Baltic Lake Benthic Invertebrate Ecological Assessment Methods, 2014)

Merkez Baltık CİG Üye Devletler	Taksonomik Kompozisyon	Bolluk	Bozulmaya Duyarlı Takson	Çeşitlilik	Metriklerin Kombinasyon Kuralı
Belçika (Flanders)	EPT taxa sayısı Diğer hassas taxa sayısı	RA içeren	EPT taxa sayısı Diğer hassas taxa sayısı Ortalama tolerans skoru	Shannon-Wiener çeşitlilik İndeksi Toplam mevcut taxa sayısı EPT takson sayısı Diğer hassas taxa sayısı	Ortalama metrik puanları
Estonya	EPT taxa zenginliği	RA içeren	EPT taxa zenginliği ASPT İndeksi İsveç Asidite İndeksi	Shannon Çeşitliliği Toplam taxa zenginliği	Ortalama metrik puanları
Almanya	Odonata RA: RA Lithal habitat tipi (sınıfların % bolluğu); Kironomid RA: (Akarsu gölleri için sınıfların % bolluğu)	RA içeren	Fauna İndeksi	ETO-Taksonları sayısı Margalef Çeşitliliği akarsu gölleri için	Ortalama metrik puanları
Litvanya	EPTCBO sayısı: RA taksa EPC taksa	RA içeren	ASPT İndex	Shannon çeşitlilik	Ortalama metrik puanları
Hollanda	%KM: Bir örneklemedeki türlerin tipik sayıları %DN: RA baskın negatif türler, % DP: RA Baskın pozitif türler	RA içeren	Görülen taxon kompozisyonu	KM% = Bir örneklemedeki türlerin tipik sayıları Bu metrik yüksek takson numer ile ilişkilidir	Metriklerin ağırlıklı ortalamaları
İngiltere	Kironomid Pupal Exuviae Tekniği (CPET)	*	CPET metrikleri	*	Uygulanamaz

*İngiltere: CPET azot ve fosfor baskı gradyanları ile güçlü bir ilişkisi vardır.

Bolluk ve çeşitlilik indeksleri içeren diğer bentik omurgasız metriklerinden daha başarılıdır.

Takson zenginliği ve çeşitliliği ölçümleri test edildi, ancak streslerle korelasyonu zayıf bulundu.

Tablo 6.8: Merkez Baltık CİG Üye devletlerin ortak göl tipolojileri (Intercalibration Technical Report Central Baltic Lake Benthic Invertebrate Ecological Assessment Methods, 2014)

IC Ortak Tipler	Tip Karakteristiği	Üye Devletlerin Paylaştığı IC Ortak Tipleri
L-CB1	Sıg tabakalı kalkerli	Tüm devletler, Fransa hariç
L-CB2	Çok sıg tabakalı kalkerli	Tüm devletler, Fransa hariç
L-CB3	Sıg tabakalı silisli	Sadece Fransa ve Litvanya

Tablo 6.9: Kuzey CİG ülkeleri ulusal göl makroomurgasız değerlendirme yöntemleri (Intercalibration Technical Report Northern Lake Benthic Invertebrate Ecological Assessment Methods, 2014)

Kuzey Coğrafik İnterkalibrasyonu Grubu	Üye Devletler	Metod	Durum	
	Littoral Göl Asidifikasyonu			
	Norveç	MultiClear: Temiz Göller için Multimetrik Omurgasız İndeksi (göl asidifikasyonu)	Ulusal metod olarak interkalibre edilmiş	
	İsveç	MILA: Multimetrik Omurgasız Göl Asidifikasyon İndeksi (göl asidifikasyonu)	Ulusal metod olarak kabul edildi	
	İngiltere	LAMM (göl asidifikasyonu)	Ulusal metod olarak kabul edildi	
	Göl Ötrofikasyonu			
	Finlandiya	BQI (profundal ötrofikasyon)	Ulusal metod olarak kabul edildi	
	İsveç	BQI (profundal ötrofikasyon)	Ulusal metod olarak kabul edildi	
	İsveç	ASPT: Her Taksonun Ortalama Değeri (littoral ötrofikasyon)	Ulusal metod olarak kabul edildi	
	İngiltere	CPET-Chironomid Pupal Exuvial Tekniği (tüm-göl ötrofikasyonu)	Ulusal metod olarak kabul edildi	

Tablo 6.10: Kuzey CİG göl üye devletlerinin metodları (Intercalibration Technical Report Northern Lake Benthic Invertebrate Ecological Assessment Methods, 2014)

Üye Devletler	Metod
Avusturya	Biyolojik kalite elementleri değerlendirilmesi - Bölüm bentik omurgasızlar
Belçika (Flanders)	Flanders Multimetrik makroomurgasız İndeksi
Belçika (Wallonia)	Normalize küresel biyolojik indeksi
Çek Cumhuriyeti	Multimetrik index
Çek Cumhuriyeti	Çek Cumhuriyeti Bentik makroomurgasız kullanarak nehirlerin ekolojik durum için değerlendirme sistemi
Danimarka	Danimarkalı Akış fauna İndeksi
Estonya	Makroomurgasız kullanarak tatlı su kalitesinin tahmini
Fransa	Normalize küresel biyolojik indeksi
Almanya	Bentik omurgasızlar kullanılarak nehirler için Değerlendirme yöntemi
İrlanda	Kalite Değerlendirme Sistemi
İtalya	MacrOper dayalı, STAR_ICM hesaplama indeksi
Letonya	Letonya makrozoobentosuna Ortak Metriği
Litvanya	Makrozoobentosuna göstergeleri kullanarak nehirler için değerlendirme sistemi (Danish izlenme Fauna İndeksi)
Luxemburg	Normalize küresel biyolojik indeksi
Hollanda	WFD- Doğal su tipleri için metrikler
Polonya	BMWP değiştirme tarihini onaylayan Margalef çeşitlilik indeksi
İspanya	Belirli multimetrik tip
İspanya	NORTI (Kuzey İspanyolca Göstergeler Sistemi)
İsveç	DJ-indeksi
İngiltere	Nehir Omurgasız Sınıflandırma Aracı

Tablo 6.11: Kuzey CİG Üye devletlerin ortak göl tipolojileri (Avrupa Komisyonu İnterkalibrasyon Teknik Raporu, 2014)

Kuzey CİG	Tip Karakteristiği	Üye Devletlerin Paylaştığı IC Ortak Tipleri
Ortak Tipoloji tipleri		
Göl asidifikasyonu: IC tip 1 ve 2:1	Temiz, düşük alkalinite göl tipi (L-N2+L-N%) Humik, düşük alkalinite göl tipi (LN3+L-N6)	Norveç İngiltere İsveç: Humik göllerin interkalibrasyonu başarılı kabul edilmedi
Profundal göl ötrofikasyonu	22 ekobölge, temiz ve humik, düşük alkalinite	İsveç Finlandiya
Littoral göl ötrofikasyonu	14 ekobölge, temiz ve humik, düşük ve ortalama alkalinite 22 ekobölge, temiz ve humik, düşük ve ortalama alkalinite	İsveç

Göller İçin Tavsiye Edilen İndeksler

Nehirlerin ekolojik kalitesini değerlendirmek için geliştirilmiş biyolojik metrikler göllerdeki ilgili değerlendirmeler için uygun değildir (Irvine ve Donohue, T1- A3.9 – 1.0). Ülkemizde Büyük Menderes Nehir havzasında M. Duran ve G.K. Akyıldız (2011), nehirler için uygulanan “Chandler puanı, İngiliz İzleme Çalışma Grubu (BMWP), Genişletilmiş Trent Biyotik İndeksi (TBI), Belçika Biyotik İndeksi (BBI)” metriklerini Denizli ili Süleymanlı Gölünde uygulamışlar ve nehir su kalitesi belirlenmesindeki gibi uygulanabilir olmadığını bildirmişlerdir. Makroomurgasızlar uygun metrik ve indeksler ile göl hakkında genel bir bilgi sağlamakta kullanılırlar.

Göllerde;

- Toplam bolluk (birey/m²) ve toplam takson sayısı belirlenmelidir.

Toplam bolluk ve toplam takson sayısı habitat kalitesinin genel indeksleri olarak kullanılırlar. Aşırı düşük omurgasız yoğunluğu zayıf habitat kalitesine işaret edebilir ve aşırı derecede yüksek yoğunluklar genellikle orta dereceli bir nütrient

artışına işaret eder. Profundal bölge istasyonlarında kepçe ile alınan örneklerin bolluğu birim alan başına ifade edilir. Littoral bölgedeki örneklemeden gelen bolluk dakikadaki örnekleme sayısı olarak ifade edilir. Littoral takson zenginliği topluluk çeşitliliğinin bir ölçüsüdür, tipik olarak “daha sağlıklı” toplulukların daha fazla taksona sahip oldukları varsayılır.

Coğrafik interkalibrasyon grupları içerisinde Belçika, Estonya ve Litvanya, ülkemizde Su Kalitesi İzleme Konusunda Kapasite Geliştirme AB Teknik Yardım Projesi ile Havza İzleme ve Referans Belirleme Projesinde izleme çalışmaları sonucunda toplam bolluk ve toplam takson sayısı değerlendirme amaçlı kullanılmıştır.

- % EPT belirlenmelidir.

% EPT Ephemeroptera, Plecoptera ve Trichoptera takımlarına ait toplam organizma sayısının yüzdesidir. Bu takımların üyeleri antropojenik çevresel stres etkenlerine en hassas olanlar arasındadır.

Coğrafik interkalibrasyon grupları içerisinde Belçika ve Estonya ülkemizde Su Kalitesi İzleme Konusunda Kapasite Geliştirme AB Teknik Yardım Projesi ile Havza İzleme ve Referans Belirleme Projesinde izleme çalışmaları sonucunda % EPT değerlendirme amaçlı kullanılmıştır.

- Shannon Wiever Çeşitlilik İndeksi kullanılabilir.

Gerritsen *et al.* (1998) tarafından kullanılan, Shannon Wiever Çeşitlilik İndeksi (H') suyla ilgili ve karasal biyoçeşitliliğe dair çeşitliliği hesaplamakta en yaygın olarak kullanılan indekstir. İndeks aşağıdaki şekilde hesaplanır :

$$H' = \sum_{i=1}^n (p_i)(\ln p_i)$$

“ p_i ” topluluğun “-i” taksonundaki bireylerin oranıdır ve “n” topluluktaki taksonların toplam sayısıdır. Topluluk içindeki taksonların (biyotik çeşitlilik) sayısı ve dağılımı artarken, “H” değeri de artar. Wilhm ve Dorris (1968) çeşitlilik değerlerine göre kirlilik seviyesinin yorumunu sunmuştur (Tablo 6.12).

Tablo 6.12: Shannon Çeşitlilik İndeksi ve kirlilik düzeyi arasındaki ilişki

Çeşitlilik Seviyesi	Shannon Çeşitlilik İndeksi	Kirlilik Seviyesi
Çok İyi	3.0–4.5	Çok hafif
Orta	2.0–3.0	Hafif
Zayıf	1.0–2.0	Orta
Çok zayıf	0.0–1.0	Ağır kirlilik

Coğrafik interkalibrasyon grupları içerisinde Almanya, Belçika, Estonya ve Litvanya, ülkemizde Su Kalitesi İzleme Konusunda Kapasite Geliştirme AB Teknik Yardım Projesi ile Havza İzleme ve Referans Belirleme Projesinde izleme çalışmaları sonucunda Shannon Wiever Çeşitlilik İndeksi değerlendirme amaçlı kullanılmıştır.

6.2. Nehirlerde Bentik Makroomurgasız İnterkalibrasyon Çalışmaları

Bentik makroomurgasızlar nehirler için Su Çerçeve Direktifi'ne (SÇD) göre izlenmesi gereken biyolojik kalite unsurlarıdır. Hynes'e (1970) göre makroomurgasızlar, nehirler için sucul organizma kalite değerlendirmesi kapsamındaki en uygun seçimdir ve nehrin parmak izi olarak kabul edilmektedirler.

Bir AB projesi olan STAR'ın bulgularına göre, eğer farklı baskılarca veya bilinmeyen bir baskı tipince etkilenmiş olan nehirlerde yalnızca bir organizma grubu araştırılabilirse, tüm nehir tiplerindeki birçok baskıya tepki verebilen bentik makro-omurgasızların seçilmesi gerekmektedir (Herring *et al.*, 2006).

Diğer biyolojik kalite unsurları ile karşılaştırıldığında nehir bentik makroomurgasızları için birçok indeks geliştirilmiş olması, uzun bir biyolojik izleme geçmişine sahip olmalarından kaynaklanmaktadır. İngiltere'deki Trent Biyotik İndeks (1964), sonrasında geliştirilen birçok indeks için öncü olmuştur. Hemen hemen bütün AB ülkeleri ve birçok diğer ülke, kendi ulusal veya bölgesel indekslerini kullanmaktadır. AB interkalibrasyon uygulamasının amacı, ulusal metotları kalibre ederek SÇD'nin uygulanabilmesini kolaylaştırmak ve ulusal metotların

kalibrasyonunu sağlayarak AB seviyesinde su kalitesi ile ilgili bilgi sağlamak için doğru bir süreç sağlamaktır.

Üye devletlerin nehir değerlendirme metotlarına genel bakış

Tablo 6.13: Üye Devletler nehir bentik makroomurgasız ulusal değerlendirme yöntemleri (Intercalibration Technical Report, 2013)

Üye Devletler	Metod	İnterkalibre	Üye Devletler	Metod	İnterkalibre
Avusturya	Biyolojik kalite elementleri değerlendirilmesi- Bentik omurgasızlar	İnterkalibre	Danimarka	Danimarka nehir fauna indeksi	İnterkalibre
Belçika (Flanders)	Multimetrik Makroomurgasız İndeks Flanders	İnterkalibre	Estonya	Bentik omurgasız kullanarak Tatlısu kalitesi tahmini	İnterkalibre
Belçika (Wallonia)	Global biyolojik normalize indeksi	İnterkalibre	Fransa	Global biyolojik normalize indeksi	İnterkalibre
Çek Cumhuriyeti	Multimetrik indeks	İnterkalibre	Almanya	Nehirler için bentik omurgasız kullanarak değerlendirme sistemi	İnterkalibre
Çek Cumhuriyeti	Çek nehirler için bentik omurgasız kullanarak ekolojik durum değerlendirme sistemi	-	İrlanda	Kalita oran sistemi	İnterkalibre
İtalya	STAR_ICM indeksi hesaplamasına dayalı MacrOper	İnterkalibre	Lüksemburg	Global biyolojik normalize indeksi	İnterkalibre
Letonya	Letonya makrozoobentik yaygın metrik	İnterkalibre	Hollanda	SÇD-Doğal su tipleri için metrikler	İnterkalibre
Litvanya	Nehirler için makrozoobentik indikatörler kullanarak değerlendirme sistemi (Danimarka nehir fauna indeksi)	İnterkalibre	Polonya	Margalef çeşitlilik indeksinden modifiye edilen doğrulanmış Polonya BMWP	İnterkalibre
İspanya	Tip spesifik multimetrik indeks	İnterkalibre	Polonya	RIVECO _{macro} nehirler için bentik omurgasız kullanarak değerlendirme sistemi	Yeni başvuru
İspanya	NORTI (North Spanish Indicators System)	-	İsveç	DJ-indeks	İnterkalibre
İngiltere	Nehir omurgasız sınıflandırma aracı	İnterkalibre			

Coğrafi İnterkalibrasyon Grupları arasında Alpin, Merkez Baltık ve Akdeniz CİG ülkeleri bentik makroomurgasız örnekleme yapmaktadır (Tablo 6.14).

Tablo 6.14: Nehir bentik makroomurgasız coğrafi interkalibrasyon grupları (Intercalibration Technical Report, 2013)

Nehir Bentik Makroomurgasız CİG	Üye Devletler	
Alpin CİG	Avusturya İspanya Slovenya	Fransa Almanya İtalya
Merkez Baltık CİG	Avusturya Belçika(Flanders) Belçika(Wallonia) Çek Cumhuriyeti Danimarka Estonya Fransa Almanya İrlanda	İtalya Letonya Litvany Luxemburg Hollanda Polonya İspanya İsveç İngiltere
Akdeniz CİG	Portekiz İspanya Fransa	Kıbrıs Slovenya İtalya

Tablo 6.15: Ulusal metodlar ve SÇD için gerekli parametreler (Intercalibration Technical Report Alpine River Gig – Macroinvertebrates, 2013)

Üye Devletler	Taksonomik kompozisyon	Bolluk	Hassas ve hassas olmayan taksa oranı	Çeşitlilik derecesi
Avusturya	X	X	X	X
Fransa	X	X	X	X
Almanya	X	X	X	X
İtalya	X	X	X	X
Slovenya	X	X	X	X
İspanya	X	-	X	X

Tablo 6.16: Alpin CİG nehirlerde üye devletlerde metod isimleri ve son durum (Intercalibration Technical Report Alpine River Gig – Macroinvertebrates, 2013)

Alpin CİG Üye Devletler	Metod	Durum
Avusturya	Biyolojik kalite elementleri değerlendirilmesi-Bentik omurgasızlar [Detaillierte MZB Method]	kesinleşmiş resmen kabul edilen ulusal metod
Fransa	Küresel biyolojik normalize indeksi	kesinleşmiş resmen kabul edilen ulusal yöntem
Almanya	Nehirler için bentik omurgasız kullanarak değerlendirme yöntemi	kesinleşmiş resmen kabul edilen ulusal yöntem
İtalya	STAR_ICM indeksi hesaplamasına dayalı MacrOper, [MacrOper, basato sul calcolo dell'indice STAR_ICM]	kesinleşmiş resmen kabul edilen ulusal yöntem
Slovenya	Nehirler için bentik omurgasız kullanarak ekolojik durum değerlendirme sistemi	kesinleşmiş resmen kabul edilen ulusal yöntem
İspanya	İber Biyolojik İzleme Çalışma Grubu [Iberian Biological Monitoring Working Party]	kesinleşmiş resmen kabul edilen ulusal yöntem

Tüm metodların makroomurgasızlar için SÇD tarafından belirtilen ilgili parametreleri içerip içermediği kontrol edildi. Tüm metodlar, taksonomik kompozisyon içermektedir. İspanya'nın uyguladığı metod hariç tüm metodlar bolluk içermektedir. Hassas ve hassas olmayan taksa oranı tüm metodlarda yer almaktadır.

Tablo 6.17: Alpin CİG Üye devletlerin nehir ortak tiyolojiieri (Intercalibration Technical Report Alpine River Gig – Macroinvertebrates, 2013)

Ortak IC Tipleri	TİP Karekteristiği	Üye Devletlerin IC ortak tipleri
IC tip 1: R-A1	Ön Alpine, küçükten ortaya, yüksek irtifa, kalkerli	Avusturya- Evet Fransa - Evet Almanya - Evet İtalya - Evet Slovenya - Evet İspanya - Hayır
IC tip 2: R-A2	Alpin, küçükten ortaya, yüksek irtifa, silisli	Avusturya- Evet Fransa - Evet Almanya - Hayır İtalya - Evet Slovenya - Hayır İspanya - Evet

Tablo 6.18: Merkez Baltık CİG nehirde ortak tiyolojiier (Intercalibration Technical Report Baltic River Gig – Macroinvertebrates, 2013)

Tip	Nehir Karekteristiği	Havza Alanı	Yükseklik& Jeomorfolojisi	Alkalinite (meq/l)
R-C1	Küçük alçak silisli kum	10-100 km ²	Alçak, kumlu substrat baskın (küçük partikül boyutu), 3-8m genişlik (taşma boyutu)	> 0,4
R-C2	Küçük alçak silisli - kayaç	10-100 km ²	Alçak, kaya malzemesi 3-8m genişlik (taşma boyutu)	< 0,4
R-C3	Küçük orta-rakım silisli	10-100 km ²	orta-rakım, kaya (granit) - çakıl substrat, 2-10m genişlik (taşma boyutu)	< 0,4
R-C4	Orta alçak karışık	100-1000 km ²	Orta, kumdan çakıl substrata, 8-25m genişlik (taşma boyutu)	> 0,4
R-C5*	Geniş alçak karışık	1000-10000 km ²	Alçak, tekir zonu*, hız farklılığı, havzadaki maks. rakım:800m, >25m genişlik (taşma boyutu)	> 0,4
R-C6	Küçük alçak kalkerli	10-300 km ²	Alçak, çakıl substrat (kalker), 3-10m genişlik (taşma boyutu)	> 2

Tablo 6.19: Akdeniz CİG ulusal metodlara genel bakış (Intercalibration Technical Report Mediterranean River Gig – Macroinvertebrates, 2013)

Üye Devlet	Metod
Portekiz	Nehir Biyolojik Kalite Değerlendirme Yöntemi-Bentik Omurgasızlar (IPtIN, IPtIS)
İspanya 1	İber Biyolojik İzleme Çalışma Grubu (IBMWP)
İspanya 2	İber Akdeniz Multimetrik İndeksi-nicel veri kullanan (IMMI-T)
Fransa	Global biyolojik normalize indeksi (IBGN)
Kıbrıs	STAR İnterkalibrasyon Ortak Metrik İndeksi (STAR-ICM)
Slovenya	Slovenya nehirler için bentik omurgasız kullanılarak ekolojik durum değerlendirme sistemi
İtalya	STAR_ICM indeksine dayanarak hesaplama (MacrOper)

Tablo 6.20: Akdeniz CİG Üye Devletlerin Nehir Ortak Tipolojileri (Intercalibration Technical Report Mediterranean River Gig – Macroinvertebrates, 2013)

IC Ortak Tipolojiler	Tip Karakteristiği	IC Yaygın Türü Paylaşan Üye Devletler
RM1	Havza <100 km ² ; (silisli olmayan hariç) karışık jeoloji; mevsimsel	İspanya, Fransa, İtalya Portekiz,Slovenya
RM2	Havza 100-1000 km ² ; (silisli olmayan hariç) karışık jeoloji; mevsimsel	İspanya, İtalya Portekiz,Slovenya
RM3	Havza 1000-10000 km ² ; (silisli hariç) karışık jeoloji; mevsimsel	Üye devletlerin metod ve referans nokta sayısındaki yetersizlikten dolayı karşılaştırılabilir olmadığı için bu tip interkalibre edilemedi.
RM4	silisli olmayan nehirler; mevsimsel	İtalya, Kıbrıs, İspanya, Fransa
RM5	Geçici (mevsimlik akışlı) nehirler	İspanya, İtalya, Portekiz, Kıbrıs, Slovenya

Tablo 6.21: Kuzey CİG Üye Devletlerin Nehir Ulusal Metodları (Intercalibration Technical Report Northern River Gig – Macroinvertebrates, 2013)

Üye devletler	Kuzey CİG Ülkelerinin Sınıflandırma Sistemi
İrlanda	Kalite Oran Sistemi (Q-value)
Norveç	ASPT
İsveç	DJ-indeks (Dahl & Johnson 2004)
İngiltere	Nehir Omurgasız Sınıflandırma Aracı (RICT)

Tablo 6.22: Kuzey CİG Üye Devletlerin Nehir Ortak Tipolojileri (Intercalibration Technical Report Northern River Gig – Macroinvertebrates, 2013)

Tip	Nehir Karakterizasyonu	Havza su tutma alanı	Rakım & jeomorfoloji	Alkalinite (meq/l)	Organik materyal (mg Pt/l)	Ülkeler
R-N1	Küçük alçak bölge silisli orta alkalinite	10-100 km ²	< 200 m ve HC*	0.2 - 1	< 30** (İrlanda da < 150)	Finlandiya, İrlanda, Norveç, İsveç, İngiltere
R-N3	Küçük alçak bölge organik	10-1000 km ²	< 200 m ve HC*	< 0.2	> 30	Finlandiya, İrlanda, Norveç, İsveç, İngiltere
R-N4	Orta alçak bölge silisli orta alkalinite	100-1000 km ²	< 200 m ve HC*	0.2 - 1	< 30	Finlandiya, Norveç, İsveç, İngiltere
R-N5	Small mid-altitude silisli	10-100 km ²	Küçük alçak bölge ile yüksek bölge arası	< 0.2	< 30	Finlandiya, Norveç, İsveç, İngiltere

Nehirler İçin Tavsiye Edilen İndeks

Akdeniz Bölgesi nehir topolojisi AB interkalibrasyon çalışmaları kapsamında nehirde bentik makroomurgasızlar için İnterkalibrasyon Ortak Metriği (ICMi) geliştirilmiştir.

İnterkalibrasyon Ortak Metrik İndeksi (ICMi), makroomurgasız topluluklarına dayalı durum değerlendirmesi için kullanılmıştır. Bu indeks, farklı ağırlıklara sahip, altı ayrı metriktir meydana gelmektedir (Tablo 6.23).

Tablo 6.23: İnterkalibrasyon Ortak Metriği (ICMi)

STAR projesinin interkalibrasyon prosedürü için seçilmiş olan İnterkalibrasyon Ortak Ölçüleri (ICMs)

Veri tipi	Ölçü tipi	Ölçü adı	Ölçüde dikkate alınan takson	Literatür referans	Değer
Tolerans	İndeks	ASPT*	Tüm komünite (Familya seviyesinde)	Öm. Armitage <i>et al.</i> , 1983	0,333
Bolluk/ Habitat	Bolluk	$\log_{10}(\text{Sel_EPTD} + 1)$	Log (Toplamlar: Heptageniidae, Ephemeridae, Leptophlebiidae, Brachycentridae, Goeridae, Polycentropodidae, Limnephilidae, Odontoceridae, Dolichopodidae, Stratiomyidae, Dixidae, Empididae, Athericidae ve Nemouridae)	Buffagni <i>et al.</i> , 2004; Buffagni & Erba, 2004	0,266
	Bolluk	1 – GOLD	1 – (Nispi bolluklar: Gastropoda, Oligochaeta ve Diptera)	Pinto <i>et al.</i> , 2004	0,067
Zenginlik ve Çeşitlilik	Takson sayısı	Toplam Familya sayısı	İstasyonda bulunan tüm familyaların toplamı	Öm. Ofenböch <i>et al.</i> , 2004	0,167
	Takson sayısı	EPT Familyalarının sayısı	Ephemeroptera, Plecoptera ve Trichoptera taksonlarının toplamı	Öm. Ofenböch <i>et al.</i> , 2004; Böhmer <i>et al.</i> , 2004	0,083
	Çeşitlilik indeksi	Shannon-Wiener çeşitlilik indeksi	$D_{S-W} = -\sum_{i=1}^s \left(\frac{n_i}{A} \right) \cdot \ln \left(\frac{n_i}{A} \right)$	Öm. Hering <i>et al.</i> , 2004; Böhmer <i>et al.</i> , 2004	0,083

* ASPT: Her bir takson için ortalama puan (Average Score per Taxa)

Ülkemiz nehirlerinde bentik makroomurgasız değerlendirme yöntemi olarak; Avrupa'da STAR Projesi, coğrafik interkalibrasyon grupları içerisinde İtalya ve Kıbrıs, ülkemizde Su Kalitesi İzleme Konusunda Kapasite Geliştirme AB Teknik Yardım Projesi ile Havza İzleme ve Referans Noktaların Belirlenmesi Projesi tarafından kullanılan İnterkalibrasyon Ortak Metriği (ICMI) önerilmektedir.

6.1.3. Kıyı ve Geçiş Suyu İnterkalibrasyon Çalışmaları

Tablo 6.24: Baltık Denizi Kıyı suyunda makroomurgasız üye devlet metodları (Intercalibration Technical Report, 2013)

Bentik Makroomurgasız Kıyı ve Geçiş Suyu Coğrafik İnterkalibrasyon Grupları	Üye Devletler	
Baltık Denizi CİG	Danimarka Finlandiya Estonya Almanya İsveç	
Akdeniz CİG	Fransa İtalya İspanya	Kıbrıs Yunanistan Slovenya
Kuzey Doğu CİG	Danimarka İsveç Norveç	

Tablo 6.25: Baltık Denizi CİG Üye Devletlerin Kıyı ve Geçiş Suları Ulusal Metodları (Intercalibration Technical Report : Baltic Sea GIG Coastal Waters - Benthic invertebrate fauna, 2013)

Baltık Denizi CİG Üye Devletler	Metod
Danimarka	DKI, versiyon 2 The Danish “DKI “index of benthic quality
Finlandiya	BBI The Finnish Brackish Water Benthic Index
Estonya	ZKI Estonya bolluk dahil edilmeyen indeks türü
Almanya	MarBIT Almanya multi-metric değerlendirme sistemi
İsveç	BQI The Benthic Quality Index

Tablo 6.26: Akdeniz CİG kıyı ve geçiş suyu üye devlet ve metodları (Intercalibration Technical Report : Mediterranean Sea GIG Coastal Waters - Benthic invertebrate fauna, 2013)

Akdeniz CİG Üye Devlet	Metod
Kıbrıs	BENTİX
Fransa	AMBI
Yunanistan	BENTİX
İtalya	M- AMBI
Slovenya	M- AMBI
İspanya (Catalonia ve Balearic Adaları)	MEDOCC
İspanya (Andalusia, Murcia, Valencia)	BOPA
Malta	Metod yok
Hırvatistan	Metod yok

Tablo 6.27: Kuzey Doğu CİG kıyı ve geçiş suyu üye devlet ve metodları (Intercalibration Technical Report : North East Atlantic GIG: Coastal Waters - Benthic invertebrate fauna;2013)

Kuzey Doğu Atlantik CİG	Metod
Üye Devlet	
Danimarka	DKI. Versiyon 2 The Danish index* AMBI İndeksin hassalık/tolerans
İsveç	BQI Sweden-Benthic Quality index
Norveç	NQI Norway index

*DKI :DKI AMBI İndeksinin türlerin hassalık ve tolerans durumuna göre sınıflandırmasını içerir.

Geçiş Suyu İçin Tavsiye Edilen İndeks

Duyarlı/fırsatçı tür oranına dayalı indeksler bentik makroomurgasızlar için SÇD metriklerinin önemli bir parçasını oluşturur. Geçiş suları sınıflandırması için tavsiye edilen metot; M-AMBI çok değişkenli indeksidir. M-AMBI, Avrupa'da geçiş suları için en uygulanabilir indeks olup Akdeniz geçiş suları için interkalibrasyon çalışmaları kapsamında da geçiş sularında uygulanmaktadır. Bu indeksin bilgisayar programı şeklinde düzenlenmiş sistemleri de bulunmaktadır. AMBI Shannon çeşitlilik indeksini tür zenginliği ile birleştiren çok değişkenli faktörel analize dayanır (Muxica et al., 2007).

Coğrafik interkalibrasyon grupları içerisinde İtalya, Slovenya ve Fransa, ülkemizde Su Kalitesi İzleme Konusunda Kapasite Geliştirme AB Teknik Yardım Projesi ile Havza İzleme ve Referans Belirleme Projesinde izleme çalışmaları sonucunda için M-AMBI değerlendirme amaçlı kullanılmıştır.

Kıyı Suyu İçin Tavsiye Edilen İndeks

SÇD kullanımı için kıyı sularında bentik makroomurgasız topluluklarının ekolojik kalite durumunu sınıflandırmak amaçlı BENTIX indeksi geliştirilmiştir ve diğer indeksler ile interkalibrasyonu başarıyla gerçekleştirilmiştir (EC, 2007, 2008;

GIG, 2013). Bu indeks Yunanistan, Kıbrıs ve Batı Akdeniz'de ötrofikasyon ve organik kirlilik (Simboura et al. 2005, Simboura & Reizopoulou, 2008; Simboura *et al.* 2014), madencilik artıkları (Simboura *et al.* 2007) ve su ürünleri yetiştiriciliği (Simboura & Argyrou, 2006) gibi çeşitli antropojenik baskılar kullanılarak test edilmiştir.

Bentix indeksi indikatör taksonlar (veya türler) ile çalışır ve ekolojik grup teorisine dayalıdır. Artan bir stres gradyanına hassasiyetlerine göre beş ekolojik grubu algılar. Bu ve diğer biyotik indeksler, organik madde gradyanı boyunca bir tür ardışıklığını öngören Pearson ve Rosenberg'in (1978) modeline dayanmaktadır. Ekolojik gruplar artan stres gradyanına hassasiyetlerine göre beş takson grubunu algılayan Hily (1984) ile Grall ve Glémarec'in (1997) konseptine dayalı olarak tanımlanmıştır: duyarlı grup (GI), duyarsız grup (GIII), ikinci derece fırsatçılar (GIV) ve birinci derece fırsatçılar (GV).

Bentix indeksinde beş ekolojik grup aşağıdaki gibi yeniden şekillendirilmiştir: ilk ikisi toleranssız olarak kabul edilir ve buna göre formülde GS ile temsil edilen tek bir 'duyarlı' grup altında toplanmıştır. Diğer üç grup 'toleranslı' olarak kabul edilir ve formülde GT ile temsil edilir. Dolayısıyla Bentix formülünde GS ve GT grupları aşağıdaki BENTIX indeksi formülüne tekabül eder:

$$BENTIX = [(6 \times \%GS + 2 \times \%GT)]/100$$

Burada: GS'nin tümü duyarlı ve duyarsız taksonlar olup GT'nin hepsi toleranslı ve fırsatçıdır veya GS=GI+GII ve GT=GII+GIV+GV şeklinde ifade edilebilir.

Bentix formülünde kütle katsayılarının seçimi rastgele olmayıp strese dayanıklı bir bentik türünün rastgele seçilme olasılığının 3:1 olduğu gerçeğine dayanır. Bu oran, 2-6 arasında bir ölçek oluşturmak için 2 ile çarpılır. 'Duyarlı' grup GS (GI, GII gruplarının toplamı) indeksin en yüksek değerine sahip en yüksek duruma karşılık gelen 6 ile ağırlıklandırılmış olup tümü toleranslı takson grubu GT (GIII, GIV ve GV gruplarının toplamı) 2 ile eşit olarak ağırlıklandırılmıştır.

Metodun sınırları, interkalibrasyon sınır belirleme protokolünde (EC, 2003b) yer alan çiftli metrik konseptine göre sınırlandırılmıştır.

Çok iyi / İyi sınıf sınırında duyarlı grup, faunanın yaklaşık olarak %60'tan veya 2/3'ten fazlasına tekabül ederken; toleranslı grup (toleranslı ve fırsatçılar), faunanın %40'dan ya da 1/3'den daha azına tekabül eder.

İyi/ Orta sınıf sınırında duyarlı grup, faunanın yaklaşık olarak %40'dan veya 1/3'ten daha azına tekabül ederken; toleranslı grup (toleranslı ve fırsatçılar), faunanın %60'dan ya da 2/3'den daha fazlasına karşılık gelir.

Baskı gradyanları boyunca ekolojik grupların gelişiminin diğer biyotik indeks modelleriyle karşılaştırması (Simboura & Argyrou, 2010) Doğu Akdeniz ve Bentix modelinde toleranslı türlerin GIII grubunun AMBI modeline kıyasla daha bozuk durumlara doğru kaydığını ve batı Akdeniz'de geliştirilen Medocc indeksine kıyasla kirlenmiş bölgelerde daha da önemli olduğunu göstermiştir.

AMBI, M-AMBI, BOPA ve MEDOCC gibi Akdeniz'de kullanılan diğer indekslerle kıyaslamalar tüm indekslerle kabul edilebilir bir benzerlik göstermiş ancak MEDOCC ve M-AMBI ile daha yüksek bir uyum göstermiştir (Occhipinti *et al.* 2009; Simboura & Argyrou, 2010; GIG, 2013; Subida *et al.* 2012).

Coğrafik interkalibrasyon grupları içerisinde Kıbrıs ve Yunanistan, ülkemizde Su Kalitesi İzleme Konusunda Kapasite Geliştirme AB Teknik Yardım Projesi ile Havza İzleme ve Referans Belirleme Projesinde izleme çalışmaları sonucunda için BENTIX değerlendirme amaçlı kullanılmıştır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, ilk aşamada Su Çerçeve Direktifine göre yerüstü suyu kütlelerinin biyolojik izlenmesinde kalite unsuru olarak kullanılan bentik makroomurgasızlara ilişkin Avrupa Standartları derlenmiş olup, mevcut bir Avrupa Standardının bulunmadığı durumlarda Amerikan Standartları ve Avrupa Birliği Üye Devletlerinin yürütmüş olduğu projelerden ve ülke uygulamalarından faydalanılarak; örnekleme, analiz, sonuçların yorumlanması ve ekipman kullanımı ile ilgili bir kaynak oluşturulmuştur. İkinci aşamada ise, bentik makroomurgasız izleme sonuçlarının değerlendirilmesi için AB ülkeleri tarafından kullanılan ve ekolojik kalitenin belirlenmesinde önemli rol oynayan indeks ve interkalibrasyon grubu metriklerinin envanteri çıkartılarak ülkemiz açısından kullanılabilirliği tartışılmıştır. Bu çalışmalardan elde edilen sonuçlar aşağıda değerlendirilmiştir.

- Bentik makroomurgasızlar nehirler için SÇD'ye göre izlenmesi gereken en uygun biyolojik kalite unsuru olarak kabul edilmektedir. Avrupalı pek çok uzman nehirde yalnızca bir organizma grubu araştırılabiliyorsa, tüm nehir tiplerinde birçok baskıya tepki verebilen bentik makroomurgasızların seçilmesini önermektedir. Avrupa nehirlerinde bentik makroomurgasızlar 1960'ların sonlarından itibaren düzenli olarak izlenmekte ve bundan dolayı nehir bentik makroomurgasızları için birçok indeks uygulanmaktadır.

Ülkemizde öncelikle nehirlerde bentik makroomurgasız izleme kılavuzları oluşturulmalı. Çünkü elde edilecek her bir izleme sonucunun verimli olarak değerlendirilebilmesi için standart bir yöntem kullanılarak örnekleme, analizi ve indeksler kullanarak ekolojik kalite oranlarının belirlenmesi gerekmektedir. Farklı şekilde örnekleme, farklı analiz yöntemleri ve farklı indekslerin kullanımı neticesinde izleme sonuçlarının değerlendirilmesi verimli olmayacak ve izlemeler sırasında harcanan zaman, işgücü ve maddi kaynaklar etkili bir şekilde kullanılamamış olacaktır.

Oluşturulacak izleme kılavuzlarında yer alan standart yöntemler ile izleme yapılarak ülkemizde varolan ve ülkemize özgü bentik makroomurgasız tür listeleri oluşturulmalıdır.

İzleme sonuçları değerlendirilerek ekolojik statünün belirlenebilmesi için ülkemizin sahip olduğu bentik makroomurgasızların dikkate alındığı biyolojik metriklerin geliştirilmesi gerekmektedir. Üye Devletler tarafından kullanılan metrikler kullanılabilir ancak bu metriklerin ülkemiz koşullarına adapte edilmesi yani ülkemizde varolan tür listelerine göre dizayn edilmesi gerekmektedir.

İntrekalibrasyon çalışmaları kapsamında Akdeniz, Alpin ve Merkez Baltık coğrafik interkalibrasyon gruplarınca nehirde bentik makroomurgasız izleme çalışmaları gerçekleştirilmektedir. Bu interkalibrasyon çalışmaları sonucunda Akdeniz nehir tipolojileri için oluşturulmuş olan İnterkaibrasyon Ortak Metriği (ICMİ) ülkemiz koşullarına uyumlaştırılmak şartıyla nehir değerlendirme metriği olarak kullanımı tavsiye edilmektedir. ICMİ Akdeniz coğrafik interkalibrasyon grubu ülkelerinden Kıbrıs ve İtalya'da ulusal metod olarak kullanılmakta, STAR Projesinde ve ülkemizde Su Kalitesi Konusunda Kapasite Geliştirme Teknik Yardım Projesi kapsamında Büyük Menderes havzasında değerlendirme metodu olarak kullanılmıştır.

- Bentik makroomurgasızlar göller için öncelikli biyolojik kalite unsuru olarak kabul edilmemektedir. Ülkemiz göllerinde var olan bentik makroomurgasız tür listeleri oluşturulması amacıyla izleme çalışmaları kapsamında ilk yıllarda düzenli olarak makroomurgasız izleme çalışmaları yürütülmeli ve bu izleme sonuçlarına göre ülkemiz göl makroomurgasız envanteri oluşturulmalıdır. Göllerde bentik makroomurgasız izleme kılavuzları hazırlanarak standart örnekleme, analiz ve değerlendirme yöntemleri oluşturulmalıdır.

AB ülkelerinde gerçekleştirilen interkalibrasyon çalışmaları kapsamında Alpin, Merkez Baltık ve Kuzey coğrafik interkalibrasyon grubunda göllerde bentik makroomurgasız izleme çalışmaları gerçekleştirilmektedir.

İntekalibrasyon çalışmaları 2015 yılı teknik raporunda multimetrik indeks geliştirme çalışmaları gerçekleştirildiği ifade edilmektedir. Bu çalışmalar yakından takip edilerek geliştirilen yeni metriğin ülkemiz için uygulanabilirliği araştırılmalıdır.

Göl izleme çalışmaları sonucu örneklenen toplam bolluk (birey/m²) ve toplam takson sayısı hesaplanmalı , % EPT (Ephemeroptera, Plecoptera ve Trichoptera takımlarına ait toplam organizma sayısının yüzdesi) ve Shannon-Wiener Çeşitlilik İndeksi değerlendirmeleri kullanılarak göl suyu kalitesi hakkında genel değerlendirme yapılabilir.

- Geçiş sularında bentik makroomurgasız örneklemesine yönelik herhangi bir Avrupa ya da APHA Standardı bulunmamakla birlikte Avrupa Birliği Üye Devletlerinin yürütmüş olduğu mevcut bir proje de bulunmamaktadır. Çoğu Üye Devlet kıyı sularında bentik makroomurgasız izlemesi için geliştirilen Avrupa Standardından faydalanarak geçiş sularında izleme yapmaktadır. Fakat bu standart her durum için geçiş sularına tam olarak hitap etmemektedir. Bu yüzden geçiş sularında bentik makroomurgasız izlemesine yönelik çalışmalar yapılarak standart bir yöntemin oluşturulmasının faydalı olacağı düşünülmektedir.
- Ülkemizde kıyı suları çalışması çok yaygın değildir. Kıyı suları için EC-2003 Su Çerçeve Direktifine dair İzleme Rehberinde yer alan OSMAR/ HELCOM/ ICES talimatları ülkemiz koşullarına uyarlanarak izleme gerçekleştirilmeli ve kıyı sularında bentik makroomurgasız izleme kılavuzu hazırlanmalı.

Kıyı ve geçiş suları için Akdeniz coğrafik interkalibrasyon grubu ülkelerinde kullanılmakta ve ülkemizde Su Kalitesi Konusunda Kapasite Geliştirme Teknik Yardım Projesi kapsamında Büyük Menderes havzasında değerlendirme metodu olarak kullanılmış olan AMBİ ve BENTİX indeksleri kullanımı tavsiye edilmektedir.

KAYNAKÇA

Achleitner, S., Toffol, S., 2005, The European Water Framework Directive: Water Quality Classification and Implications to Engineering Planning, Environmental Management, 35(4), p 517–525

Alden, R.W., III, S.B. Weisberg, J.A. Ranasinghe & D.M. Dauer., 1997. Optimizing temporal sampling strategies for benthic environmental monitoring programs. *Mar. Pollut. Bull.* 34:913.

Allan, I.J., Vrana, B., 2006, A “toolbox” for Biological and Chemical Monitoring Requirements for the European Union’s Water Framework Directive, *Talanta*, 69, p 302–322

Armitage, P.D., Moss, D., Wright, J.F. and Furse, M.T., 1983. The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-water sites. *Water research*, Volume 17, issue, 3. 333-347

Bahçeci H., 2010 , "Su Çerçeve Direktifi Kapsamında Tatlı Sularda Su Kalitesinin Biyolojik İzlenmesi - Büyük Menderes Havzası Örneği", Uzmanlık Tezi, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı

Barlas, M., 1995. Akarsu Kirlenmesinin Biyolojik ve Kimyasal Yönden Değerlendirilmesi ve Kriterleri. Su Ürünleri Kongresi, Erzurum 15s.

Bartram, J., Ballance, R., 1996, Water Quality Monitoring - A Practical Guide to the Design and Implementation of Freshwater Quality Studies and Monitoring Programmes, chapter 11, UNEP/WHO

Bonada, N., Prat, N., 2006, Developments in Aquatic Insect Biomonitoring: A Comparative Analysis of Recent Approaches, *Annual Review of Entomology*, 51, p 495 – 523

Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC), **Guidance document No. 2**, Identification of Water Bodies, 2003

Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC), **Guidance document No. 7**, Monitoring under the Water Framework Directive, 2003, WG 2.7

Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC), **Guidance document No. 10**, River and lakes – Typology, Reference Conditions and Classification Systems, 2003, WG 2.3 REFCOND

Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC), **Guidance document No. 13**, Overall approach to the classification of ecological status and ecological potential, 2003, WG 2A ECOSTAT

De Pauw, N., & Vanhooren, G., 1983. Method for biological water quality assessment of watercourses in Belgium. *Hydrobiologia*, 100, 153–184.

Demir, Ö., 2005, Sedimentteki Makro-omurgasızlarla Su Kalitesinin Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi

Dügel, M., 2001, Büyük Menderes Nehrinin Su Kalitesinin Biyolojik ve Fizikokimyasal Yöntemlerle Belirlenmesi, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi

Spellman, F.R., 2008, Chapter 7: Biological Monitoring and Assessment, *The Science of Water : Concepts and Applications*, CRC Press

Douterelo, I., Perona, E., 2004, Use of Cyanobacteria to Assess Water Quality in Running Waters, *Environmental Pollution*, 127, p 377 – 384

Furhacker, M., 2008, The Water Framework Directive – Can We Reach the Target?, *Water Science & Technology*, 57(1), p 9-18

Furse, M.T., Wright, J.F., Armitage, P.D., Moss, D., 1981 An appraisal of pond-net samples for biological monitoring of lotic macro-invertebrates. *Water Res.*, 15, pp. 679–689

Gök, C., 2014 , "Avrupa Birliği Adayı Türkiye İçin Yerüstü Sularında Kimyasal İzleme Ve İzleme Noktalarının Belirlenmesi" , Uzmanlık Tezi, T. C. Orman Ve Su İşleri Bakanlığı

Hawkes, H.A., 1997, Origin and Development of the Monitoring Working Party Score System, *Water Resources*, 32(3), p 964-968

Hellawell, J., 1978, Biological surveillance of rivers. *Water Research Centre*,. 344

Hering, D., Johnson, R.K. & Buffagni, A., 2006. Linking organism groups – major results and conclusions from the STAR project. *Hydrobiologia* 566:109–113

Hynes, H.B.N., 1970. *The Ecology of Running Waters*. Better Biological Monitoring. Island Press, USA

Kathman, R.D. & R.O. Brinkhurst, 1998. Guide to the Freshwater Oligochaetes of North America. Aquatic Resources Center, College Grove, Tenn.

Kalyoncu, 2015, Orman ve Su İşleri Bakanlığı Havza İzleme ve Referans Noktalarının Belirlenmesi Projesi, Final raporu

Kırkağaç, M., Köksal G., 2005, Akarsularda Bentik Makroorganizmaların Su Kirliliğine Karşı Tepkilerinin Belirlenmesi: Biyotik ve Çeşitlilik İndekslerin Kullanımı, Ankara Üniversitesi

Kılıçık, F., 2015, Avrupa’da Sıklıkla Kullanılan Bazı Biyotik İndeksler ve Türkiye’deki Uygulamaları, Doktora Seminer Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi

Klemm, D.J., P.A. Lewis, F. Fulk & J.M. Lazorchak, 1990 Macroinvertebrate Field and Laboratory Methods for Evaluating the Biological Integrity of Surface Waters. EPA-600/4-90-030 Environmental Monitoring Systems Laboratory, U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, Ohio.

Knoben, R.A.E., Roos, C. ve van Oirschot M.C.M, 1995. UN/ECE Task Force on Monitoring and Assessment Biological Assessment. under the Convention on the Protection and Use of Transboundary Watercourses and International Lakes (Helsinki, 1992). Working programme 1994/1995. Volume 3: Biological Assessment Methods for Watercourses. RIZA report nr.: 95.066 ISBN 9036945763. Ministry of Transport, Public Works and Water Management RIZA Institute for Inland Water Management and Waste Water Treatment.

Knoben RAE, Roos C and van Oirschot MCM 1995. Biological assessment methods for watercourses. UN/ECE Task Force on Monitoring and Assessment. Vol. 3. P.O. box 17, 8200 AA Lelystads, The Netherlands, 86 pp.

Kazancı, N., 2012, Yüzeysel Sularda Biyolojik İndeksler ve Ekolojik Kalite Oranlarının Belirlenmesi Adımları ve Yöntemleri Sunumu, Orman ve Su İşleri Bakanlığı

Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2015, Yerüstü Suları, Yeraltı Suları ve Sedimentten Numune Alma ve Biyolojik Örneklemeye Tebliği

Plafkin, J.L., Barbour, K.D., Gross, S.K., Hughes, R.M., 1989, Rapid Bioassessment Protocols for use in Streams and Rivers. Benthic makroinvertebrates and Fish. EPA 440-4-89-001. Office of Water Regulations and Standards, U.S.Environmental Protection Agency, Washington, D.C.

Poikane, S., Birk, S., Böhmer, J., Carvalho, L., de Hoyos, C., Gassner, H., & van de Bund, W., 2015, A hitchhiker's guide to European lake ecological assessment and intercalibration. *Ecological Indicators*, 52, 533-544

Regional Environmental Center, 2008, Handbook on the Implementation of EC Environmental Legislation, Section 5: Water Protection Legislation

Rice, E.W., Baird, R.B., Eaton, A.D., Clesceri L.S., 2012, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22nd edition. American Public Health Association (APHA), American Water Works Association(AWWA), Water Environment Federation.

Spellman, F.R., 2008, Chapter 7: Biological Monitoring and Assessment, *The Science of Water : Concepts and Applications*, CRC Press

Wetzel, R.G. & G.E. Likens, 1991. *Limnological Analyses*, 2nd ed.Springer-Verlag, New York, N.Y.

Woodiwiss, F. S., 1964. A biological system to stream classification used by Trent River Board. *Chemy. Ind.*, 11: 443-447.

Plante, C. & J.A. Downing, 1989. Production of freshwater invertebrate populations in lakes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 46:1489.

Plante, C. & J.A. Downing, 1990. Empirical evidence for differences among methods for calculating secondary production. *J. N. Amer. Benthol. Soc.* 9(1):9.

Zeybek, M., 2007, Çukurca Dere ve Isparta Deresinin Su Kalitesinin Makrozoobentik Organizmalara Göre Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi