

# ARAZİ ÇALIŞMALARINDA KULLANILAN LİMNOLojİK YÖNTEMLER

Doç.Dr. AYDIN AKBULUT

Hacettepe Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Ankara

Aquatik habitatların yoğun olduğu Kemaliye ve çevresinde Doç. Dr. Aydın Akbulut konuyla ilgili katılımcılara uygulamalı çalışmalar yapmıştır.

Özellikle kapalı su sistemlerindeki biyolojik döngü, diğer biyotoplarla karşılaştırıldığında en kolay anlaşılabilir modeli oluşturur. Öncelikle, kara ortamında minimum koşul olarak bilinen su, sucul ortamda bir koşul olmaktan çıkar ve diğer etmenlerin rolü çok daha belirgin olarak incelenebilir. Sucul ortam biyolojisi geçmişte sadece su ürünleri, özellikle balıkçılık için önemli olmasına karşın, bu yüzyılın başından itibaren, atık suların son alıcı ortamları olarak biyolojik işlevlerinin korunması için önem kazanmıştır. Böylece başlangıçta sınırlı sayıda bilgiye gereksinme gösteren biyolojinin bu dalı, son zamanlarda bilgi alanları arası (multidisipliner) bir örgütlenmeye gerek göstermeye başlamıştır. Böylece sucul ortam biyolojisi olarak da tanımlanan "**Hidrobiyoloji**" bilim dalı doğmuştur. Özellikle tatlısu biyolojisi olarak bilinen "**Limnoloji**" hidrobiyolojinin en erken ve en kapsamlı gelişen kolu olmuştur.

Doğal suların fiziksel, kimyasal, jeolojik ve biyolojik yönleri ile incelendiği bilim dalına LİMNOLojİ denir. Bu sistemde bizlerin ilgilendiği asıl ilgi alanı, biyolojik kısmıdır. Tek başına biyolojik parametrelerin incelenmesi de sağlıklı sonuçlar vermez. Biyotik ve abiyotik faktörlerin birbirleri ile ilişkisini tam anlamı ile değerlendirerek etkileşimin boyutları anlaşılmalı çalışılmalıdır. Bu durum da tatlısu ekolojisi ile çalışanların çözmeleri gereken bir konudur.

Tatlısu ekosisteminin temel bileşenleri;

1. Abiotik Faktörler
  2. Üreticiler
  3. Tüketiciler
  4. Ayrıştırıcılar
1. Abiotik Faktörler

Su, karbondioksit, oksijen, kalsiyum, azot, fosfor, silikat, aminoasitler, fumik asitler vb. temel inorganik ve organik bileşiklerdir. Bu bileşiklerin büyük bir kısmı organizmaların kendilerinde ve özellikle sedimen kısımlarında saklanır.

## 2. Üreticiler

Sucul sistemlerde iki tip üretici söz konusudur. Birincisi genellikle sığ kısımlarda yetişen köklü ve yüzücü yüksek organizasyonlu bitkilerdir. Diğeri ise suda serbest ya da bağlı halde yaşayan alglerdir. Bu ikinci gruba giren alglerin planktonik formları, göllerde besin maddesi üretimi bakımından en önemli basamak olarak kabul edilmektedir.

## 3. Tüketiciler

Birincil üreticiler üzerinden beslenen canlılardır. Bunlarda kendi aralarında birincil tüketici ve ikincil tüketici şeklinde gruplara ayrılabilirler. Birincil tüketiciler doğrudan doğruya algleri yiyerek beslenirler. İkincil tüketicilerde birincil tüketiciler üzerinden beslenmektedir. Bu tüketicilerin en önemli halkasını zooplanktonik organizmalar oluşturmaktadır. Zooplanktonik organizmalar içerisinde alglerle beslenen gruplar olduğu gibi diğer küçük zooplanktonlarla beslenenlerde de vardır. Balıklar da, tercih ettikleri besin grupları açısından algler, zooplanktonik organizmalar, bentik organizmalar ve diğer balık türleri üzerinden beslenmeleri bakımından üçüncül tüketiciler olarak değerlendirilebilir.

## 4. Ayrıştırıcılar

Su da yaşayan bakteri ve mantarlardır. Bütün sucul sistemlerde yaygın olmakla birlikte canlı artıklarının biriktiği zemin bölgesi ile plankton ve yüksek bitkilerin bulunduğu bölgelerde yoğunurlar. Canlıların ölmesi ile birlikte dip kısımlara çökmektedir ve burada ayrışma faaliyetleri başlamaktadır. Ölen organizma en küçük temel bileşinlerine kadar

parçalanarak, sistemin ihtiyaç duyduğu abiyotik faktörlerin ortamdaki devamlılığını sağlamaları bakımından büyük önem taşımaktadır.

## **TATLISU ORTAMLARI**

### **Durgun Sular (Lentik)**

Göl, gölcük, rezervuar alanları, bataklık gibi alanlardır. Bu sistemlerde suyun hareketi belli bir yönde ve sürekli değildir. Bunların birlikte dalga hareketleri, iç akıntılar, suyun bu sisteme giriş ve çıkış yaptığı alanlardaki hareketler söz konusudur.

### **Akarsular (Lotik)**

Dere, çay, ırmak, nehir gibi suyun belirli bir yönde akış halinde olduğu yerlerdir. Bu iki sistem arasında kesin bir ayırmadan söz edilemez. Lentik ve Lotik habitatlar arasında kademeli bir değişim olabilir. Bu sistemlerde bulunan biyotik ve abiyotik bileşenler ve genel özellikleri aşağıda verilmiştir.

## **LİMNOLOJİK ÖRNEKLERİN ALINMASINDA DİKKAT EDİLECEK NOKTALAR**

1. Büyük bir gölde sadece tek bir istasyondan örnek alınmamalı, istasyon sayısı fazla olmalıdır
2. Aynı su sisteminin farklı derinliklerinden örnekler alınmalı
3. Örnekleme programı yılın her mevsimi kapsayacak şekilde ayarlanmış olması gerekir. Örnekleme dönemleri öyle ayarlanmalıdır ki, biyolojik verimlilik için önemli olan dönemlerdeki örnekleme sıklığı artırılmalıdır.
4. Aynı su sisteminin farklı derinliklerinden örnekler alınmalı,
5. Aynı su sisteminin farklı alanlarından örnekler alınmalı. Örneğin limnetik bölgeden, littoral bölgenin değişik kısımlarından ya da açık su sitemlerinden,
6. Gece ve Gündüz örnekleme yapılmalı,
7. Göle su giriş ya da çıkış bölgelerinden,
8. Gölüne en derin bölgesi, en sığ bölgesi, körfezler ya da koylar, bataklık kıyılarına yakın alanlar,
9. Bitkilerin bulunduğu alanlardan,
10. Alınan örneklerin hepsi için, bazı bilgilerin bulunduğu bir etiketin mutlaka konulması gerekmektedir. Bu etikette, çalışılan lokatile (yer ve istasyon isimleri), tarih, örneğin alındığı habitat (epilitik, epipelik, plankton vb.), yükseklik gibi bazı temel bilgilerin bulunması gerekir. Ayrıca çalışma yapıldığı sırada, gölün durumu (durgun, dalgalı vb.), dip yapısı (balçık, çakıllı vb.), makrofit yoğunluğu, meteorolojik bilgiler (rüzgar durumu ve yönü, bulutluk durumu vb.) gibi temel gözlemsel kayıtlarında ayrıca not edilmesi gerekmektedir.

## **ABİYOTİK PARAMETLERİN BELİRLENMESİNE YÖNELİK ÖRNEKLEMELER**

**Fiziksel Yöntemler:** Sıcaklık, Çözünmüş oksijen, pH, Tuzluluk, Elektriksel İletkenlik, Işık, Suyun Bulanıklığı, Renk, Koku ve Tad, Suyun Akış Hızı ve Dalga Hareketleri gibi parametreleri içerir. Bu değerlerin ölçümü için çok farklı yöntemler kullanılmaktadır ve önemli bir kısmının arazide ölçülmesi gerekmektedir. Bu değerlerin bir çoğu laboratuvar da tespit edilebilir ancak sağlıklı sonuçlar için yerinde ölçülmesi gerekmektedir. Bu parametreler türlerin mevcudiyetleri, yoğunlukları ve dağılımları açısından çok büyük öneme sahiptirler ve bunların ölçülmesi ile abiyotik ve biyotik faktörler arasındaki ilişkiler daha sağlıklı olarak değerlendirilebilir.

**Sıcaklık, Çözünmüş oksijen, pH, tuzluluk, elektriksel iletkenlik:** Bu ölçümler için farklı ölçüm teknikleri olmakla birlikte arazide, yerinden ölçüm cihazları kullanılarak sonuca gidilebilmektedir. Bu aletler taşınabilir nitelikte olup hızlı ve yerinde ölçüm imkanı sağlamaktadırlar. Burada verilen fiziksel ölçüm değerlerinin her birisi için ayrı bir cihaz olabileceği gibi tek bir cihaz ve buna bağlı bir kaç prop vasıtasıyla da ölçüm sonuçları alınabilir. Hatta tek bir cihaz ve tek bir prob yardımı ile de bu sonuçlar alınabilir. Teknolojinin gelişimi ile birlikte, yerinde ölçüm cihazları da gelişmiş ve oldukça fazla parametreye ilişkin sonuçlar anında elde edilebilmektedir.

**Işık geçirgenliği:** Su içerisindeki ışığın ulaşabildiği nokta hakkında yorum yapabilmek için kullanılan iki yöntem vardır. Birincisi, su içerisine gönderilen bir cismin görünebilirlik sınırı saptanır. İkincisinde ise ışık miktarı ölçülür. Görünebilirlik sınırını saptamada kullanılan en yaygın alet Secchi Diski (Limnolojik disk)'dir. Bu alet 20 cm çapındadır ve üst yüzeyi dört eşit parçaya bölünüp bu parçaların ardışık olarak siyah-beyaz renklerle boyanmasıyla elde edilmiş bir metal levhadır. Bu metal levhanın üst yüzeyinin merkezinde bir kanca bulunur ve üzerinden metre ölçümlerinin olduğu bir ip bu levhaya kancadan bağlanmıştır. Diskin alt yüzeyi dipten gelen ışıkların yansımaları önlemek için siyah renkle boyanmıştır. Disk ipten tutularak yavaşça suya bırakılır ve gözden kaybolduğu noktadaki derinlik kaydedilir, sonra disk yukarı doğru çekilerek görüldüğü nokta tekrar kaydedilir. Bu iki değerlerin ortalaması görünebilirlik sınırı olarak kabul

edilir. Bu işlem, ışık geçirgenliğini belirlemede en sık kullanılan yöntemdir. Aynı su üzerinde, aynı zaman biriminde alınan ölçümler, farklı gözlemcilere, günün farklı saatlerine göre, suyun dalgalı olup olmamasına, atmosferin bulutlu ya da açık olmasına göre değişebilmektedir. Bu yüzden ölçüm sırasında bu noktaların mutlaka not edilmesi gerekmektedir.

Bununla birlikte, ışığın derinliklere göre miktarını veren, teknolojik gelişimin sunmuş olduğu dijital aletlerde kullanılmaktadır. Bir prob aracılığı ile dipteki (ya da istenen derinlikteki) ışığın, yüzeydeki ışık miktarı ile karşılaştırması esasına dayanmaktadır. Ancak bu sistem yüksek maliyetten dolayı çok fazla kullanılmamaktadır.

**Suyun Bulanıklığı:** Su sisteminde, su içerisindeki partiküllerin yoğunluğu temel kabul edilmektedir. Doğal suların bulanıklığını ölçmede üç yol izlenir.

1. Silis standardı ile karşılaştırma
2. Platin tel yöntemi
3. Turbidimetrik Yöntem.

İlk iki yöntemin uygulanmasında bazı sakıncalar ve sınırlamalar olduğundan turbidimetrik sistem daha sıklıkla kullanılmaktadır. Arazide ya da laboratuvarında kullanılabilen bu alet, içinden geçen ışık miktarının ölçümüne dayanmaktadır. Ölçüm sırasında standart bir çözelti ya da kör kullanımına gerek duyulmaz. Ampulden çıkan ışıklar örnek tüpüne ulaşır karşı tarafta ise geçen ışığın miktarının algılandığı bir sistem esasına dayanır ve elde edilen sonuçlar ppm cinsinden değerlendirilir.

**Renk:** Suyun kendi rengi ve suda bulunan çözünmüş partiküllerin suya verdiği renklerin sonucunda farklı tonlar oluşabilmektedir. Bir suyun renginin oluşmasının temelinde, yansıyan ışığın ve absorplanan ışığın nitelikleri ve miktarları önemlidir.

Sucul ortamların rengin belirlemede kullanılan en sık yöntem Platin-Cobalt yöntemidir. Bu yöntemde 1 mgr. platinin bir litre distile su içerisinde çözünmesi ile elde edilen renk bir birim olarak kabul edilir. Bu sistemin temelinde standart renk çözeltileri hazırlanmakta ve araziden getirilen örnekler ise santirfüj edilerek süspansiyon halindeki maddeler uzaklaştırılır. Daha sonra bu örnek Nessler tüplerine alınır ve örneğin rengi çeşitli standartlarla karşılaştırılarak bir sonuca gidilir. Bu işlem sırasında en önemli unsur standartların hazırlanmasıdır. Bunun için 1.2 gr potasyum cloroplatinat ve 1 gr. kristalize cobaltclorür 100 ml'lik su içerisinde çözünür. Bu ana stok çözeltilerden farklı oranlarda alınan örnekler distile su ile 50 cc'ye tamamlanarak karşılaştırma için kullanılır.

### **Kimyasal Yöntemler**

Dünyada saf su doğal olarak bulunamaz. Sudaki hayatın varlığı ve devamlılığı doğal suların içerdiği çeşitli maddelere bağlıdır ve genel olarak su ne kadar madde içerirse, biyolojik verimliliğin de o kadar fazla olduğu söylene bilinir.

Su kimyasının belirlenmesine ilişkin örnekleme yapılırken, örnek alınacak kabın ışık geçirmeyen ve steril olması gerekir. Su içerisinde bulunan organik partiküller sıcak ortamlarda ve uygun pH'da reaksiyona girerek parçalanmaktadır. Bu durum su kalitesini önemli oranda değiştirmektedir. Bundan dolayı, örneklerin soğuk bir ortamda ve karınlıkta zaman geçirmeden laboratuara getirilmesi gerekmektedir. Bununla birlikte suyun pH'sı çeşitli asit çözeltilerle düşürülerek parçalanma reaksiyonları durdurulur ve sorunsuz olarak laboratuara getirile bilinir. Laboratuarda ise klasik standart metotlara göre her bir parametre için analiz metotları uygulanmaktadır.

Yukarıda anlatılan işlemlere gerek duyulmadan da arazide bir çok su kimyası parametresine ilişkin ölçümler yapılabılır. Arazi tipi spektrofotometre ve hazır kitler kullanılarak yerinde ve hızlı bir şekilde ölçüm yapılabilir. Her kimyasal için ayrı ayrı hazırlanmış olan regeantlar örnek numune içerisine atılır ve belli bir süre sonra spektrofotometrede okuma yapılır. İncelenecek parametreye göre birden fazla regeant olabileceği gibi bekleme süreleri de farklı olabilmektedir. Hazır kitler pratik olarak sonuca ulaşılabilmesinden dolayı yaygın olarak kullanılmasına karşın, güvenilirlikleri konusundaki tartışmalar devam etmektedir.

### **Akıntı Hızının Ölçülmesi**

Bu ölçüm çoğunlukla akarsu sistemlerinde kullanılmaktadır. Akıntı hızının ölçümü için oldukça farklı metotlar kullanılabilir. Bunlardan Pitot tüpleri ve Benzen tüpleri en yaygın kullanılan aletlerdir. Her iki ölçüm tekniğinde de farklı cam ve metal borular sistemi ve bu borulardan yükselen su düzeyi ve basınçların ölçülmesi ile çalışmaktadır. Günümüz teknolojisi ile, bazı gelişmiş dijital aletleri kullanılmakta ve akıntı hızı daha pratik, daha doğru sonuçları ile ölçülebilmektedir. Bunlarından birisi olan Universal Tip akıntı ölçüm aleti, bir boru şeklindedir ve üzerinde derinliği ölçmeye yarayan ölçüm işaretleri vardır. Borunun alt kısmında çapı bilinen bir pervane sistemi vardır. Pervane akıntı hızına dik gelecek şekilde suya daldırılır. Akıntı hızı ile dönen pervane, aletin üst kısmındaki dijital bölmeden akıntının m/sn cinsinden değeri ölçülür. Bu alet aynı zamanda derinlik profiline göre daldırılıp çıkartılarak, ölçüm yapılan tüm su sütunundaki ortalama hızı, minimum ve maksimum hızları vermektedir. Elde edilen bu hız ölçümleri akarsu yatağının derinlik profiline ve aynı yatay kesitteki ölçüm sıklığı gibi parametreleri de verir. Bu değerler ile kesiti alınan alandaki su sütunu tespit edilerek, su debisinin ölçülmesini sağlamaktadır.

Yukarıda anlatılan sistemin yanı sıra tamamen dijital teknoloji ürünü olan akıntı ölçük cihazları da bulunmaktadır. Bu aletlerin kullanımı daha kolay olup yalnızca ilgili probun suya batırılması ile istenilen ölçü biriminde akıntı hızını hemen verebilmektedir.

## Tatlısu organizmaları

### Tatlısu Algleri:

Gerek yapısal olarak gerekse de dış görünüşleri bakımından oldukça farklı görünümdeyler. Yapısal olarak eukaryotik (gelişmiş hücre tipi) ve prokaryotik (basit yapılu hücre tipi) olmak üzere iki büyük gruba ayrılırlar. Buna göre Mavi-Yeşil algler göstermiş oldukları hücre organizasyonları bakımından prokaryot hücre özelliği taşımaktadırlar. Belirgin bir hücre çekirdeğinin olmaması ve çok basit olan kromatofor yapısındaki pigmentlerin dağılımı ve prokaryotik hücre özellikleri bakımından diğer alglerden ayrılırlar. Dış görünüşleri bakımından tek hücreli ve iplikli formlardan karışık olarak gelişmiş bireylere kadar değişik biçimlerde gözlenebilmektedirler (Round, 1973). Her canlı gibi, algler de nesillerini devam ettirebilmek için çoğalmak zorundadırlar. Algler üç farklı üreme sistemine sahiptirler. Bunlar; vejetatif üreme, eşeyli ve eşeysiz üremelerdir. Alglerde vejetatif üreme ise yaygın bir durum göstermektedir (Güner, 1991).

Ekolojik olarak algler, karlı alanlar, tamamen buzla kaplı alanlar da bulunabilirler. Fakat %70'inin dağıldığı asıl yayılım alanı sulardır. Bu ortamlarda organik karbon bileşeklerinin majör primer üreticisidirler. Mikroskobik fitoplankton formunda meydana gelebilirler. Makroskobik ve mikroskobik formların her ikisi de kara ve su hattı boyunca ve bu ortamların her ikisinde meydana gelir. Gövde ya da benzer işlevlere sahip yapıları ile derelerin alt kısımları ve sedimenlere, toprak partiküllerine ya da kayalara tutunurlar. Yukarıda da belirtildiği gibi buzla kaplı alanlarda buldukları gibi 70 °C ya da daha yüksek sıcaklıktaki kaynak sularında da yaşayabilirler. Bazıları çok tuzlu su ortamlarında bile gelişebilirler. Göllerde ve denizlerde yüzeyden 100 m aşağıda ya da daha düşük ışık yoğunluğu ve yüksek basınç altında yaşayabilirler. Denizler'de yüzeyden 1 km aşağıda da yaşayabildikleri görülmüştür (Elliot et. al., 1992).

Algler ile ilgili ekolojik çalışmaların ana hedefleri aşağıdaki gibidir; alglerin yaşadığı habitatların sınıflandırılması, her bir habitat içindeki flora kompozisyonunun tanımlanması, floralar arasındaki ilişkiler ve habitatteki biyolojik, fiziksel ve kimyasal faktörlerin direkt ya da indirekt etkileri, populasyon içindeki türlerin çalışılması ve onların üremelerini kontrol eden faktörler ekolojik çalışmaların kapsamını oluşturmaktadır. Tüm bu yaklaşımlar, çevrenin fiziksel ve kimyasal değişimlerine bağlı olarak coğrafik bir dağılım göstermektedir.

Algler su ortamında primer üretici canlılardır. Yapılarındaki pigmentleri sayesinde karbondioksit ve suyu ışığın etkisi ile karbonhidratlara çevirirler, böylece su ortamındaki besin değerinin ve çözünmüş oksijen oranının artmasını sağlarlar. Sonuçta kendi gelişimlerini sağlayarak besin zincirinin ilk halkasını oluştururlar. Bu şekilde üretime olan katkıları ve üst basamaktaki canlılarla olan ilişkileri açısından önem taşımaktadırlar. Alglerin üretimleri çevresel faktörlerle sınırlanmıştır. Bunlar ışık, sıcaklık ve besindir. Bu sınırlayıcı faktörler iyileştirilirse, üretim düzeyi artar. Üretim artışının belli bir düzeyi aşmasının doğal bir sonucu olarak da çevresel denge bozulur ve bu gelişme eutrofikasyon adı verilir. Eutrofik bir ortamda besin madde girdisinin fazlalığından dolayı, (özellikle azotlu bileşikler ve fosfat gibi alglerin gelişimini arttıran bileşikler) alg ve bakteri faaliyetleri ile bulanıklık artar ve ışığın suyun alt kısımlarına geçmesi engellenir. Oksijen dip kısımlarda sınırlayıcı bir özellik kazanır. Bu da bentik bölgede yaşayan canlılar için ölüme sonuçlanabilir. İnsan faaliyetleri, evsel, endüstriyel ve tarımsal atıklar son yıllarda ötrofikasyon direkt etkide bulunmaktadır. Bunun yanı sıra atmosferden difüzyon ile suya karışan azot, yağmur sularının alıcı ortamlara taşıdığı besin maddeleri, drenaj yoluyla ortama taşınan maddeler kirlenme sürecini hızlandıran doğal gelişimlerdir.

Eutrofikasyonun sonuçlarından birisi de aşırı alg patlamalarının görülmesidir. Bunun anlamı, fitoplankton (alglerin serbest yüzen formları) populasyonlarının suyun rengini, kokusunu ve ekolojik dengesini bozacak yeterli yoğunluğa ulaşmasıdır. Bunun yanı sıra alglerin aşırı gelişmesi, sucul ortamdaki bir çok canlı için toksik etkilere neden olduğu için ölümler görülebilmektedir. Örneğin, Dinoflagellatlardan *Gymnodinium* ve *Gonyaulax*'a ait türler aşırı çoğalma sonucu, hayvanların sinir sistemlerini etkileyen, yüksek oranda suda çözünebilir toksik madde üretirler (Elliot et. al., 1992). Diğer patlamalara ise Mavi-Yeşil alglerden *Microcystis*, *Anabaena*, *Nostoc*, *Aphanizomenon*, *Gloeotrichia* ve *Oscillatoria*, *Chrysohyte*'den *Prymnesium parvum* neden olmaktadır.

Algler sucul sistemlerde, farklı habitatlara uyum sağlamışlardır. Bunlar;

Epipelik komuniteler: Sucul sistemlerin dip kısımlarındaki sedimana bağlı olarak yaşarlar

Episammik komuniteler: Sucul sistemin dip kısımlarındaki kumlu zemine bağlı olarak yaşarlar.

Epilitik komuniteler: Su içerisindeki büyüklü küçüklü taşlar üzerinde bağlı olarak yaşarlar

Epifitik komuniteler: Sucul bitkilere bağlı olarak yaşarlar.

Epizooik komuniteler: Su sistemindeki kabuklu canlıların kabuklarına bağlı olarak yaşarlar.

Fitoplanktonik komuniteler: Hiç bir zemine ve canlı grubuna bağlı olamadan su içerisinde serbest form olarak yaşarlar.

Yukarıda belirtilmiş olan ve çok farklı habitatlarda yaşamlarını sürdüren alglerin örnekleme metodlarında da farklılıklar görülmektedir.

#### **Fitoplanktonik organizmaların toplanması:**

Bu örneklemede temel prensip sudan planktonların süzülerek toplanması esasına dayanır. Bu amaçla hazırlanmış olan plankton kepeçeleri kullanılır. Bu kepeçeler özel kumaşlardan hazırlanmış, suyun bu bezlerden süzülmesini sağlarken, su içerisindeki fitoplanktonların ayrılarak alt haznede toplanmasını sağlayan bir mekanizmaya sahiptir. Bu kumaşlar özel olarak hazırlanmış ipek bezlerden ya da naylon bezlerden oluşmaktadır ve bunların por çapları toplanacak örneğin büyüklüğüne göre değişiklik gösterebilmektedir. Fitoplanktonik örnekler için bu por çapı ne kadar küçük olursa o denli verimli çalışır. Por çapları genellikle 10 µm'den 55 µm'ye kadar değişen çaplarda olabilmektedir. Fitoplankton toplama en çok kullanılan plankton kepeçesi Birge Konik Planktonik ağ'dır. Bu dışarıdan bakıldığında konik olduğu için konik ağ olarak isimlendirilmiştir. Üç ayrı kısımdan meydana gelmiştir. Bunlar konik biçimdeki ağız bölgesi ortadaki ağ kısmı ve alt kısımda yer alan toplama haznesidir. Plankton kepeçesi su içerisine atılır ve bir ip yardımı ile, yavaş hareket eden bir tekeden bırakılır ve su kütlesi içerisindeki örnekler bu kepeçeden süzülerek toplanır. Belli bir süre sonra kepeçenin toplama haznesindeki örnekler plastik bir kaba alınarak % 4'lük form aldehit ile ya da lugol solusyonu ile fikse edilir.

Fitoplanktonik örneklerinin sayımına yönelik örneklemede ise, belirli hacimdeki göl suyu örnekleme kaplarına alınarak lugol ile fikse edilir. Laboratuvarda ise hacmi bilinen sayım tüplerine alınan göl suyu, belirli bir bekleme süresi sonunda Inverted mikroskopta sayım için hazır hale gelir. Mikroskobun görüş alanı, örneklenen suyun hacmi, kaç görüş alanı sayıldığı gibi ölçüm teknikleri kullanılarak elde edilen bu veriler formülde yerine konularak, ml'deki organizma sayısı olarak yoğunluk değeri verilir.

#### **Epipelik ve Episammik Örneklerin Toplanması:**

Bu amaçla 1-1.5 m uzunluğunda ve 0.8-1.2 cm çapında uzun çam borulardan yararlanılır. Kıyıların sediman kısımları epipelik örnekleme için uygun yerlerdir. Kasık çizmesi giyerek ya da kıydan bu çam borular yardımı ile örnekleme yapılır. Borunun bir ucunu 45 derecelik bir açı ile sedimanın yüzeyinde hareket ettirerek çamursu epipelik alg topluluklarını boru içerisine alırız. Cam boruyu yukarı kaldırmadan önce işaret parmağımız ile kapatarak bir vakum oluşturulur ve içerisindeki örnekler dökülmeden kaldırılarak plastik kavanozlara alınır ve % 6-10'luk form aldehit ile ya da lugol solusyonu ile fikse edilir.

#### **Epilitik, epifitik ve epizooik örneklerin toplanması**

Bu örneklerin toplanması, temelde kazıma metoduna göre gerçekleştirilir. Taşlar (epilitik), bitkiler (epifitik) ve kabuklu hayvanlar (epizooik) toplanarak arazide (ya da laboratuvara getirilerek), diş fırçası ya da bıçak gibi sert cisimler kullanılarak dış kısımları kazanır. Kazınan kısım saf su ile temizlenerek örnekleme şişelerine alınır ve fikse edilirler. Planktonik alglerin dışındaki türlerin yoğunluklarının tespiti ise cm<sup>2</sup>'deki birey cinsinden verilir.

#### **Zooplanktonik Organizmalar**

Zooplanktonik Organizmalar hem partenogenetik olarak hem de eşeyli olarak çoğalabilmektedirler. Çevre koşulları elverişli olduğu zaman popülasyondaki dişi bireyler mayoz geçirmemiş çok sayıda yumurta üretirler. Bu yumurtalar kısa sürede gelişerek yeni bireyler popülasyona katılır ve böylece popülasyonun birey sayısında kısa sürede artış sağlanır. Çevre koşulları elverişsiz olmaya başladığında ise, dişi bireyler mayoz geçirmiş daha az sayıda yumurta üretirler. Bu yumurtalar döllenikten sonra, kuluçka odacığının çevresi oldukça kalın bir kılıf ile kuşatılarak yumurta çevre koşullarına dayanıklı hale getirilir. Ehippium adını alan bu yapı, olumsuz çevre koşullarına karşı son derece dayanıklıdır ve birey yaşamını yitirse bile ehippium içerisindeki yumurta canlılığını sürdürür. Ehippium özellikle Daphniidae, Macrotrichidae familyalarında çok iyi gelişmiştir, bununla birlikte Chydoridae ve Bosminidae familyalarında da ehippium oluşumu görülür. Kurumaya, donmaya ve diğer olumsuz çevre koşullarına karşı son derece dayanıklı olan bu yapı, Cladocera türlerinin yayılımında büyük etken olmuştur. Çünkü, ehippium rüzgarla ve su kuşları vasıtasıyla bir ortamdan diğer bir ortama taşınabilmekte ve bir görüşe göre türlerin kıtalar arasında bile yayılışı sağlanabilmektedir. Bu nedenle bir çok türün kozmopolit yayılışı gösterdiği ifade edilmektedir.

Zooplanktonik organizmaların bir diğer grubu ise Rotifera'dır. Rotifera'ya ait bireylerde oldukça küçük, mikroskobik canlılardır. Büyük bir çoğunluğu tatlısularda yayılışı göstermektedir. Yalnızca *Seison* denilen bir cinsi denizeldir. Bununla birlikte gölcüklerde, küçük su birikintilerinde, acısu ortamlarında ve tuzlusularda yaşayan türleri de mevcuttur. Türlerin büyük bir kısmı planktonik olup, göllerin limnetik ve littoral bölgelerinde yaşarken bir kısmı da dip kesimlerde sessil olarak yayılışı gösterirler. Tatlısu sistemlerinin su kalitesini saptamada, Rotifera türlerinin indikatör olarak kullanılmaları, sucül ekosistemlerde birçok omurgasız ve omurgalı canlıların besinlerini oluşturmaları nedeniyle önem taşımaktadır.

Türkiye'de bugüne kadar tespit edilmiş 167 tür mevcuttur. Bu türlerin büyük bir kısmı kozmopolittir. Birçok göl ve bölge Rotifera açısından incelenmiş, mevcut türleri ortaya konulmuş ve sınırlı sayıda ekolojik çalışmalar yapılmış olmakla birlikte, zoocoğrafik açıdan değerlendirilememiştir.

### **Zooplanktonik organizmaların toplanması:**

Zooplanktonik organizmaların örnekleme yöntemi daha önceden anlatılan planktonik alglerin örneklemeyle aynıdır. Bu canlılar için de plankton ağları kullanılmaktadır. Zooplanktonik organizmalar için kullanılan plankton ağlarının çeşidi daha fazla olup, por çaplarında çalışılan canlı grubuna yönelik olarak farklılıklar göstermektedir. Rotifera grubu diğerlerine göre daha küçük boyutlarda olduğu için bu canlılar için daha küçük por çapına sahip bezler kullanılmalıdır. Zooplanktonik organizmalar için kullanılan kepçeler daha çok Birge Konik Plankton ağı olup, Wisconsin Still Plankton Ağı, Kapanan ağ ve Juday Plankton Tuzağı gibi plankton kepçeleri kullanılan yere ve amaca göre farklılıklar göstermektedir.

Zooplanktonik organizmalar çoğunlukla limnetik bölgede fazla tür ile temsil edilirler. Dolayısı ile makrofit vejetasyonun fazla olduğu kıyı kesimlerinden de örnekleme yapılabilir. Bunun içinde kıyı plankton kepçeleri kullanılmaktadır. Kasık çizmesi yardımı ile plankton bezlerinden yapılmış olan ve demir bir sapla uzantısı olan kepçelerle, kıyıda sürtme yapılarak örnek toplanabilmektedir. Zooplanktonik örneklerin sayım teknikleri de farklılıklar göstermektedir. Laboratuara getirilen planktonik organizmaların incelenmesinde bu organizmaların çökeltiye yoğunlaştırılması oldukça sık kullanılan bir işlemdir. Bu işlem özellikle sayım çalışmalarında sıklıkla kullanılmaktadır. Özellikle örnekler içerisinde az bulunan türlerin sayımında gereklidir.

Planktonik organizmaları çökeltme işleminde ana ilke ya da izlenen yol, planktonik organizmalar formol ya da diğer konservatif maddelerle öldürüldükten sonra sakın bir ortamda kendi ağırlıkları ile dibe çökerek yoğunlaşmalarının sağlanmasıdır. Bu işlem için kullanılan bir çok cam tüp vardır. Ancak bunlar içerisinde en çok kullanılan Imhofr Huni Yöntemidir. Imhofr huni camdan yapılmış koni şeklinde bir alet olup 1 lt kapasiteye sahiptir. Üzerinde hacim olarak derecelenmiştir. Bu yöntemde plankton içeren örnek huni içerisine boşaltılarak üzeri buharlaşmayı önlemek için bir naylon ile örtülerek 1-2 gün beklemeye bırakılır. Çökme işlemi bitince, üstte kalan ve organizma içermeyen kısım özel bir pipet ya da enjektör ile yavaşça çekilerek atılır. Geri kalan kısım ise incelemeye alınır.

Bunun dışında santrifüj yöntemi ile de çökertme işlemleri yapılabilmektedir. Ayrıca plankton fitreleri kullanılarak ta yoğunluk çalışmaları yapılabilir. Hacmi belli olan su örneği süzülür ve fitre üzerinde kalan organizmalar incelemeye alınır. Plankton sayımında kullanılan, özellikle zooplankton sayımında kullanılan sayım hücrelerinin başında Sedgewick-Rafter Sayım Hücresi gelmektedir. 50 X 20 X 1 mm iç ebatlara sahip dikdörtgen pirinç çerçevenin sıradan mikroskop lamı üzerine yapıştırılmasıyla elde edilir. Bunun dışında Palmer Sayım Hücresi (Sayım alanı daireseldir)'de kullanılmaktadır.

Planktonik örneklerin teşhisleri genellikle fikse edilmiş örnekler üzerinden yapılmaktadır. Bunun için daha önceleri de belirtilmiş olan % 8-10'luk formol ve % 80'lik alkol kullanılmaktadır. Ayrıca fitoplanktonik organizmaların sayımları sırasında, örneklerin daha net ve renkli görünebilmelerini sağlamak amacıyla lugol solüsyonu da kullanılmaktadır. Formol az miktarda kullanıldığı için daha ekonomik olmakta ve taşınması açısından daha kullanışlı olmaktadır. Bununla birlikte formol bazı hassas türleri deforme edebildiğinden sakıncalar yaratabilir. Bu nedenle hangi koruyucuyu kullanacağı, araştırıcının tercihinin bırakılmıdır.

### **Dip Materyalleri ve Örnekleyiciler**

Bentik hayvanlar arasındaki karmaşık ilişkiler konusundaki çalışmalar, büyük ölçüde göller ve akarsulardaki türlerin, çevresel değişkenlerle ilişkili olarak tanımına ve dağılımına odaklanmıştır. Her ne kadar bu gibi incelemeler toplulukların ilk değerlendirmeleri için gerekli olsa da, düzenleyici çevresel değişkenlerin fizyolojik kökenli deneysel incelemeleri, planktonik topluluklar arasındaki çalışmalarda kullanıldığı kadar bentik topluluklar arasında kullanılmamıştır. Göllerde, bentik faunanın populasyon, verimlilik ve beslenme ilişkileri az anlaşılabilmiştir; akarsularda biraz daha iyi bilinmektedir.

Göl ve akarsulardaki çeşitli faunanın dağılımı, beslenme, gelişme ve üremeleri için farklı gereksinimlerinin olması sonucu, son derece heterojendir. Bu gereksinimler büyük ölçüde, oksijen içeriğindeki değişimler ve besin için gereken canlı ya da ölü organik madde girdisi gibi, yaşam ortamlarındaki değişimlerden ve mevsimsel su artışlarından etkilenir. Bentik organizmalar ya bu değişikliklerin üstesinden gelebilecek uyumsal mekanizmalara sahiptirler ve uygun koşulları beklemek için durağan evreye girerler, ya da ölürlür. Bentik canlıların dağılımları, gelişimleri, verimlilikleri ve üreme potansiyelleri çevresel parametre değişikliklerine karşı uyum yeteneklerine bağlıdır. Bentik hayvan topluluklarının etkin olarak incelenmesinde bazı temel sorunlar vardır. Bunlardan birincisi, sayılarının belirlenmesine yönelik örnek alma zorluğudur. Yaşama ortamlarındaki heterojen yapı, organizmalar ve dipteki yaşam ortamlarına bağlı işlemlere göre çok tekrarlamalı örnekleme gerektiren, parçalı, rastlantısal olmayan bir dağılıma neden olur. Organizmaları yaşadıkları ortamla beraber toplayan bentik kepçeleri ve tarakları ile yapılan örnekleme, organizmaların ayrılması gerekmektedir. Uzman olmayanlar için birçok hayvan grubunun taksonomisi karmaşıktır; bazı gruplar halen tam olarak tanımlanamamıştır. Özellikle böcekler arasında, belli grupların populasyonlarının üyelerinin iç ve dış göçleri, çok daha etkin örnekleme yöntemleri gerektirmektedir. Bütün bu sorunlara rağmen, bazı populasyonların dikkatli ve ayrıntılı incelenmesi bentik hayvan toplulukları içerisindeki çevresel ve biyotik ilişkileri anlamamıza olanak tanır.

Bentik hayvanlar son derece çeşitlidir ve protozoalardan büyük makroomurgasızlar ve omurgalılara kadar neredeyse tüm şubelerle temsil edilirler. Bu gerçek, heterojen habitat, beslenme, gelişme, üreme, ölüm ve davranış özellikleri ile birleşince bu hayvanların bütünsel ve fonksiyonel bir yaklaşımla ele alınmalarını son derece zorlaştırmaktadır. Bir su sisteminde dipten örnek alma gereksinimleri çok farklıdır. Tüm amaçlara hitap edebilecek nitelikte bir örnekleyici bulunmamaktadır. Çalışmanın amacına, zeminin yapısına, çalışma programına göre örnekleyiciler seçilmelidir.

Bentik örnekler için çalışmanın amacı göz önüne alınarak örnek alınmalıdır. Zeminin özelliği yani hangi tip materyalden oluştuğu göz önüne alınmalıdır. Ayrıca zeminin uniformluk derecesi de göz önüne alınarak örnekleme yapılmalıdır. Yapılacak analizin türüne göre örnek alınmalıdır. Bentik omurgasızların örnekleme amacına geliştirilmiş bir çok alet yapılmıştır. Bunların işleyiş biçimleri (kurulma mekanizmaları ve kapanma düzenekleri) ve kullanıldığı yerler değişiklik gösterebilmektedir. Bunlardan;

**Ekman Kepeçesi:** Yumuşak zeminli ortamlarda kullanılır, sert zeminlerde işlevsel değildir. Diğer kepeçelere göre daha hafif olup yanlara açılan ve üst kısımdaki kancaya kapakaların takılarak yay sistemi ile kurulur. Zemine oturduktan sonra üst kısımdan gönderilen bir messenger yardımı ile kaklar kancalardan kurtularak kapanır.

**Peterson kepeçesi:** Kumlu, çakıllı, balçıklı ve sert zeminlerin tümünden örnekleme almak için kullanılır. İstenilen büyüklükte ve ağırlıkta yapılabilir, fakat genellikle boş ağırlığı 16 kg.'dır. Daha sert zeminlerden örnekleme yapılacaksa aletin ağırlığı artırılabilir. Bu alette messenger sistemi yoktur. Bunun yerine, aletin üst kısmında birbirlerine çapraz olarak düzenlenmiş çubuk ve bu çubuklardan birinin uçuna monte edilmiş üst çubuk ve üst çubuğu diğer çapraz çubuğa bağlayan zincir mevcuttur. Çapraz çubuklardan zincir bağlı olanının ucuna hareketli olan enine çubuk monte edilmiştir. Üst çubuğun alt ucunda yatay çubuğun ucunun geçici olarak takılacağı bir çentik vardır. Yatay çubuk bu çentiğe takıldığı zaman kepeçesi ipiyle askıya alınarak açık konuma gelir ve bu konumda vertical olarak zemine bırakılır. Alet hızla zemine çarpınca enine çubuk takıldığı çentikten kurtulur ve alet kapanarak zemini tarar. Daha sonra alet yukarıya çekilerek örnek kayığa alınır.

**Ponar Kepeçesi:** Bu kepeçesi hemen hemen her türlü zeminden örnek almak için geliştirilmiştir. Derin göllerden örnekleme yapmak için kullanılır. Peterson kepeçesine benzerlik gösterse de boyutları, ağırlıkları ve üst kısımlarının tamamen kaplı olmayıp elek sistemi ile düzenlenmesi ile tipiktir.

Alınan bu dip materyalinin analizi için bir çok mekanik, kimyasal ve biyolojik yöntemlere uygun standart eleklerle gereksinim duyulur. Bu amaçlar için kullanılan elekler dairesel olup, pirinçten yapılmışlardır. Genellikle birbirlerinin üzerlerine gelecek şekilde iç içe monte edilebilen bir düzenekleri vardır. Bu sistem çoğunlukla 5'li elek sistemi ve en altta da geniş bir kap içermektedir. En üstte en büyük por çapına sahip elek konur aşağıya doğru gittikçe elek por çaplarında da bir azalma söz konusudur ve en altta da en düşük por çapındaki elek yer alır. Dipten alınan örnek en üstteki elek üzerine boşaltılır ve su ile seyreltilerek ve karıştırma işlemi yaparak çamurun dağılması ve içerisindeki organizmaların kademeli elek sistemi içerisinde kendi boyutlarına uygun elek düzeneğinde tutulması sağlanır. Eleklerde kalan materyal pensler yardımı ile alınarak taksonomik gruplarına göre cam tüpler içerisinde alınarak % 80'lik alkol içerisinde muhafaza edilirler. Dip kısımdaki kapta toplanan su bir kaç kez daha süzülerek işlem tamamlanır. Bu gruba ait türlerin teşhisleri yapıldıktan sonra, her taksona ait organizma sayısı belirlenir ve 1 m<sup>2</sup>'deki organizma sayısı (n) belirlenmeye çalışılır. Bu işlem için, kullanılan kepeçenin ağız açıklığının alanı (a=cm<sup>2</sup>), sayılan hayvan sayısı (O), bir istasyondan alınarak sayımı yapılan hayvan sayısı (S) gibi parametreler kullanılarak aşağıda formüle göre hesaplanır.

$$n=O/a.S \times 10\ 000$$

Bununla birlikte özellikle dip canlılarının akarsulardaki örnekleme ilişkisi bazı farklılıklar olabilmektedir. Bu yöntemler akarsu zeminlerindeki fauna ilgili çalışmalarda daha iyi sonuç vermektedir. Bu yöntemlerde efektif olarak kullanılan iki alet Surber Akarsu Zemin Sampler ve Hessurcular Sampler'dır. Bunlardan Surber sampler en çok kullanılan alettir. Bu alet temel olarak birbirine menteşeli ve eşit büyüklükte kare şeklinde iki çerçeveden oluşmuştur. Bu çerçevelerden bir tanesi ağı taşımaktadır, diğeri ise çalışma pozisyonunda açılarak kepeçenin zemine oturmasını sağlar. Aletin ağ kısmı kalın ve dayanıklı ipek bezden meydana gelmiştir ve ağın por çapı 1 mm'dir. Bu aletin 30-120 cm derinlikteki alanlarda kullanılması uygundur. Özellikle çakıllı ve taşlı akarsu zeminlerinde kullanılır. Fakat akıntı hızı aletin açık pozisyonunda kalmasına izin verecek düzeyde olmalıdır.

## Balıklar

Balıklar, sistematik gruba bağlı olarak çok farklı alet ve yöntemlerle toplanabilmektedirler. Bu yüzden örnekleme yapacak olan kişinin amacına uygun olan alet ve yöntemi belirlemesi gerekmektedir. Genel olarak balık örneklerinin yakalanmasında kepeçesi, İğrip, fanyalı ağ, kör ağ, serpmeye, olta, elektrik şoku gibi av aletleri kullanılmaktadır.

**Fanyalı ağlar:** Bunlar, ortada ince naylon ipten yapılmış küçük gözenekli file ile bunun her iki yanında yer alan kalın ipliklerden yapılmış geniş gözlü fanyalardan oluşan üç katlı ağlardır. Su içerisinde dikey halde ve gergin şekilde durur ve üst kısımlarına mantar alt kısımlarına ise ağırlık yapması için kurşun takılmıştır. Ağ açıklıkları istenilen amaca göre değişik çaplarda olabilir.

**Kör ağlar:** Göz açıklığı yine amaca göre değişen tek katlı naylon ağlardır.Üst kısmı mantar alt kısmı kurşunlarla kaplıdır. Suya atılış şekli fanyalı ağlar gibidir ancak daha küçük boydaki balıkların yakalanmasında kullanılır.

**İğrip:** Bu ağın ortasında bir torba bulunur, ayrıca yanlarda iki kanat yer alır ve bir çeşit sürütme ağıdır. Bu ağ genellikle derin olmayan göl ve barajlarda yavaş akan ve zemini düz olan akarsularda balık yakalamak için kullanılır.

**Serpme ağ:** Bunlar çapları değişik olan daire şeklindeki küçük ağlardır. Dairenin kenarlarında ağın zemine oturmasını sağlayan kurşun ağırlıklar ve balıkların hapsedilmesine yarayan küçük torbacıklar bulunmaktadır. Serpme, genellikle diğer ağların iş görmediği zemini taşlık ve kayalık akarsu zonlarında örnek toplamada kullanılır.

**Balık kepeçeri:** Bu kepeç, 50 cm. çapında daire şeklinde demir çerçeveye küçük göz açıklığındaki naylon fileden yapılmış ve bununda sağlam ağaçtan yapılmış 1.5 m. boyunda bir sapa bağlanır. Bu tür kepeçer daha çok elektrikle balık yakalarken şok edilen balıkların toplanmasında yararlıdır. Ayrıca taşların altında ve çamurlu zeminlerde yaşıyan balıklar kepeçenin direkt olarak suya daldırılarak sürülmesi ile yakalanabilir.

**Oltalar:** Daha çok sportif balıkçılıkta kullanılır.

**Elektrikle Yakalama:** Akarsulardaki mevcut balık türlerinin tümünün yakalanabilmesi için kullanılan en iyi yöntem budur. Pratik ve zaman alıcı olmamakla birlikte, uygulama sırasında elektrik şiddetinin iyi ayarlanması gerekmektedir. bu amaçla taşınabilir jeneratörler kullanılmaktadır. Jeneratörden çıkan akım iki aynı elektrot yardımıyla suya verilmektedir. İki elektrot arasında kalan bölge güçlü bir elektrik akımına maruz kalmaktadır. Bu bölge içerisinde kalan balıklar bayılarak kepeç yardımı ile toplanmaktadır.

### **Su Örnekleycileri**

Herhangi bir alandan su örneği alınırken, örneğin hangi derinlikten alındığı mutlaka bilinmelidir. Eğer bir örnek bir gölün belirli bir derinliğinden alınıyorsa, alınan bu örneğin yüzeye gelirken hiç bir değişikliğe uğramaması gerekir. Bu amaçla düzenlenmiş bir çok örnekleyci bulunmaktadır ve bunların en sık kullanılanı Alfa-hor Su Örnekleycisi'dir. Bu aletin fazla yer kaplamaması, ağır olmaması, nispeten ucuz olması ve kullanımının kolay olması bakımından en çok tercih edilen alettir. Bu alet, her iki tarafı açık olan bir boru'dur. Bu boru'nun açık olan her iki tarafı yaylı kapaklar kullanılarak istenilen derinlikte kapanması ile çalışır.

Bunun yanı sıra, Patala örnekleycisi adı verilen ve messenger olmadan istenilen derinlikte su alabilen kullanışlı bir alet daha vardır. Bu alette dikdörtgen şeklinde ve tamamen fiberden yapılmış olup kullanışlı ve hafiftir. Bu aletin üst kısmında piriçten yapılmış bir kulp bulunmaktadır ve bu kulp ipe bağlantılıdır. Suya bırakılan aletin alt ve üst kısımları tek taraflı olarak menteşelidir ve açılıp kapanabilme özelliğine sahiptir. Su kütlesinden aşağıya bırakılan Patala örnekleycisinin alt ve üst kısımları hareketli olduğu için suyun yukarı doğru basıncı ile rahatça açık konumda aşağıya doğru inmektedir. İstenilen derinliğe geldiğinde ise ani bir hareketle ters basınç oluşturularak kapakların her ikisi birden kapanır ve istenilen derinlikteki su örneği alınarak yukarı doğru çekilmek suretiyle örnekleme yapılmaktadır.