



ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİNDE MODELLEME

Prof. Dr. Gülfem BAKAN

**Çevre Mühendisliği Bölümü
2009-2010**

MODELLERİN GELİŞİMİ VE TARİHÇESİ

Yüzeysel su kalitesinin incelenmesi için ilk bilimsel yöntemler, 1925'lerde ABD'de önerilen **“Streeter-Phelps denklemleri”** ve 1930'larda Almanya'da geliştirilen **“Su Yüğü Planı”** dır.

Bir akarsu boyunca çözünmüş oksijen ve biyokimyasal oksijen ihtiyacını parametre olarak kullanılan bu yöntemler oldukça kaba basitleştirmelerden hareket ederek, uzun yıllar boyunca su ortamlarının kalite özelliklerinin belirlenmesinde yardımcı olmuşlar ve uygulama olanağı bulmuşlardır.

Elektronik bilgisayarların 1950'lerden sonra giderek daha geniş ölçüde mühendislik çalışmalarında kullanılmaya başlanmasıyla, yukarıda adı geçen yöntemlerin daha da geliştirilmesi olanağı doğmuştur.



Bu gelişmenin ana hatlarına göz atıldığında aşağıdaki ağırlıklı noktaları belirginleştirmektedir.

1. Bilgisayarlar, sayısal açıdan daha geniş kapsamlı incelemelere olanak sağlamaktadır. Örneğin değişken akarsu debileri, biyolojik değişimler, değişken akarsu deşarjları vb. etmenler, modeller kolaylıkla hesaplanabilmektedir.



2. Bilgisayar modelleri, olayda etkin olan öğelerin daha ayrıntılı bir biçimde incelenmesine olanak sağlamakta ve böylece ayrıntıları daha iyi bilinen bir oluşumun, çeşitli koşullar altındaki toplam davranışının daha tutarlı bir biçimde saptanabilmesi mümkün olmaktadır.



Örneğin, su kalitesinin bir parametresi olan çözünmüş oksijen derişimi daha önceki uygulamalarda bütünsel bir değişken olarak kullanılırken, gelişmiş modellerde çözünmüş oksijene etki eden, bakteriyel metabolizma, alg solunumu, ve taban çamurunun etkisi ayrıntılı olarak hesaba katılabilmektedir.



3. Matematiksel modeller, duyarlılık analizlerine olanak tanımaktadırlar. Böylece model kurulurken yapılan basitleştirici varsayımların tutarlılığı kolaylıkla saptanabilmekte ve modellerin bu esnekliği, parametre değişimlerinin etkilerinin hesaplarda sağlıklı bir biçimde göz önüne alınabilmesi mümkün kılmaktadır.

4. Yüzeysel sulardaki fiziksel, kimyasal ve biyolojik değişimlerin matematiksel olarak ifade edilmesi ile ortaya çıkan modeller, daha üst bir aşamada daha geniş kapsamlı eniyileme modellerinin birer ögesi olarak kullanılabilir.

5. Doğadaki bir çok olayda olduğu gibi, yüzeysel suların çeşitli nitelikleri de **stokastik (rastlansal)** özellikler göstermektedir. Ayrıca bu suların kirlenmesine yol açan antropojen etkilerinde, zaman süresi içinde stokastik bir gidiş gösterdiği bilinmektedir. Kurulan bilgisayar modelleri, gerek hidrolojik açıdan rastgele unsurları ve gerekse de atıksu yükündeki rastgele değişimleri kapsamına alabilmekte ve böylece incelenecek olaya daha gerçekçi bir yaklaşım sağlayabilmektedir.

6. Son olarak bilgisayar modelleri, mühendislik çalışmalarında nesnelliği sağlamaktadır. Karmaşıklığına daha önce işaret edilen yzeyssel sulardaki kirlenme olayına, salt mühendislik tecrübesi ile yaklaşıldığında, çok yanıtıcı sonuçlara varma olasılığı büyüktür.

Bu yüzden matematiksel modellerin kullanılması ve bu modeller yardımıyla elde edilen sonuçların yapılacak mühendislik çalışmalarının temelini oluşturması, tutarlı ve daha ekonomik çözümlere varmak için vazgeçilmez bir yol olarak karşımıza çıkmaktadır.

Su kirliliği ve kontrolünde kullanılan modeller 50-60 yıllık bir gemiŒe sahiptir.

Bu geliŒmenin ana oğeleri;

- a) Su ortamlarının kalitesini belirleyen etkenler hakkındaki bilgilerin giderek artması,**
- b) Bilgisayarların ve bilgisayar modellerinin yaygınlaŒması ve her geçen gün artan çevresel baskılar altında giderek daha karmaŒık problemlerin çözümünün gerekli olmasıdır.**

Aşağıda, modellerin gelişimi dönemler halinde verilmiştir:

1925-1965

Tek boyutlu hareketler ve lineer süreçler (birincil derece süreçler) akarsu ve haliçlerde çalışmış.

1965-1970

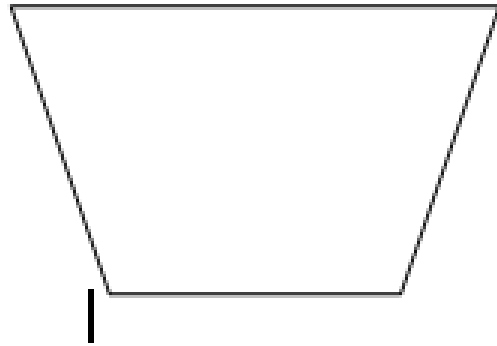
İki boyutlu alıcı su ortamlarında (Sığ göller, limanlar, körfezler) çalışılabilir hale gelinmiştir.

1970-1980

Derin göllerin hidrodinamiği ve tabakalaşmada çalışılan konular arasına girmiştir.

1980 sonrası

Hidrodinamik, üç boyutlu durumları da kapsamaktadır. Ancak kestirimlerin güvenilirliği ve duyarlılığı daha çok çalışmaya gereksinim vardır.

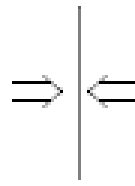


2 DOĞRUSAL SİSTEM

havalandırma



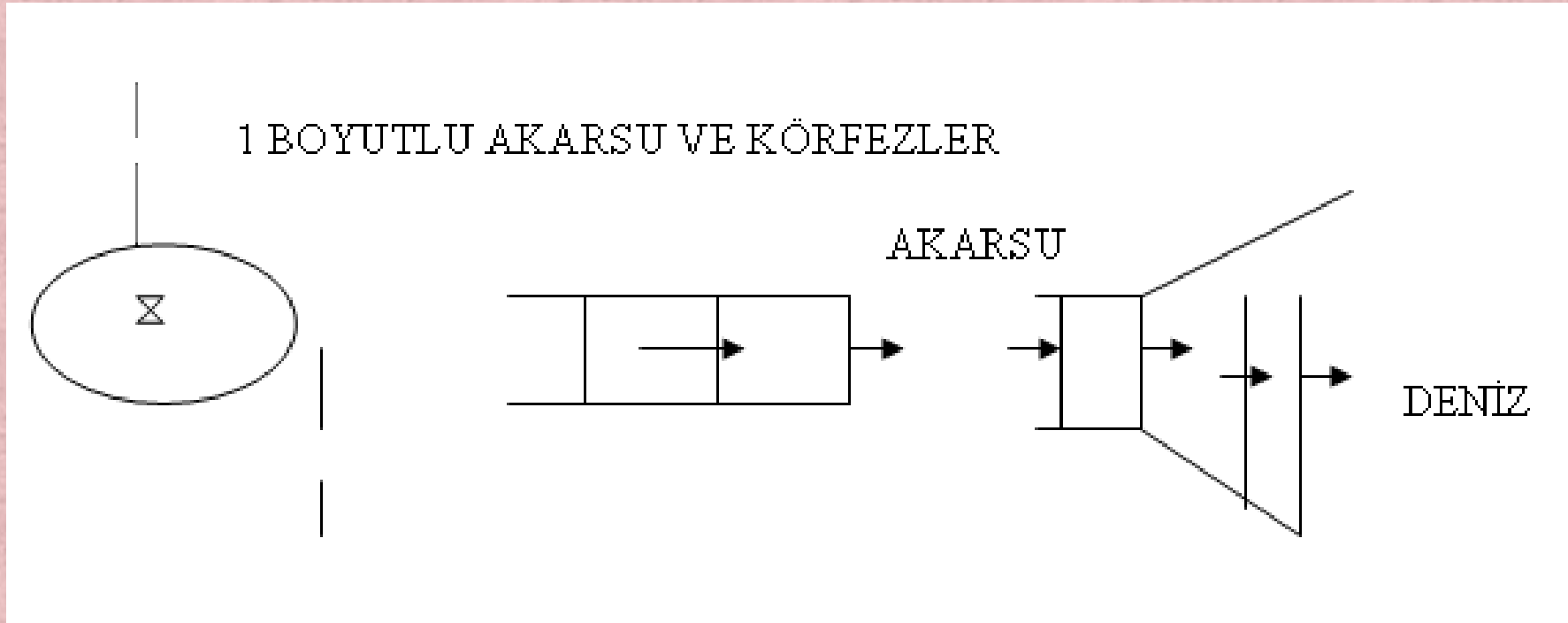
Oksijen



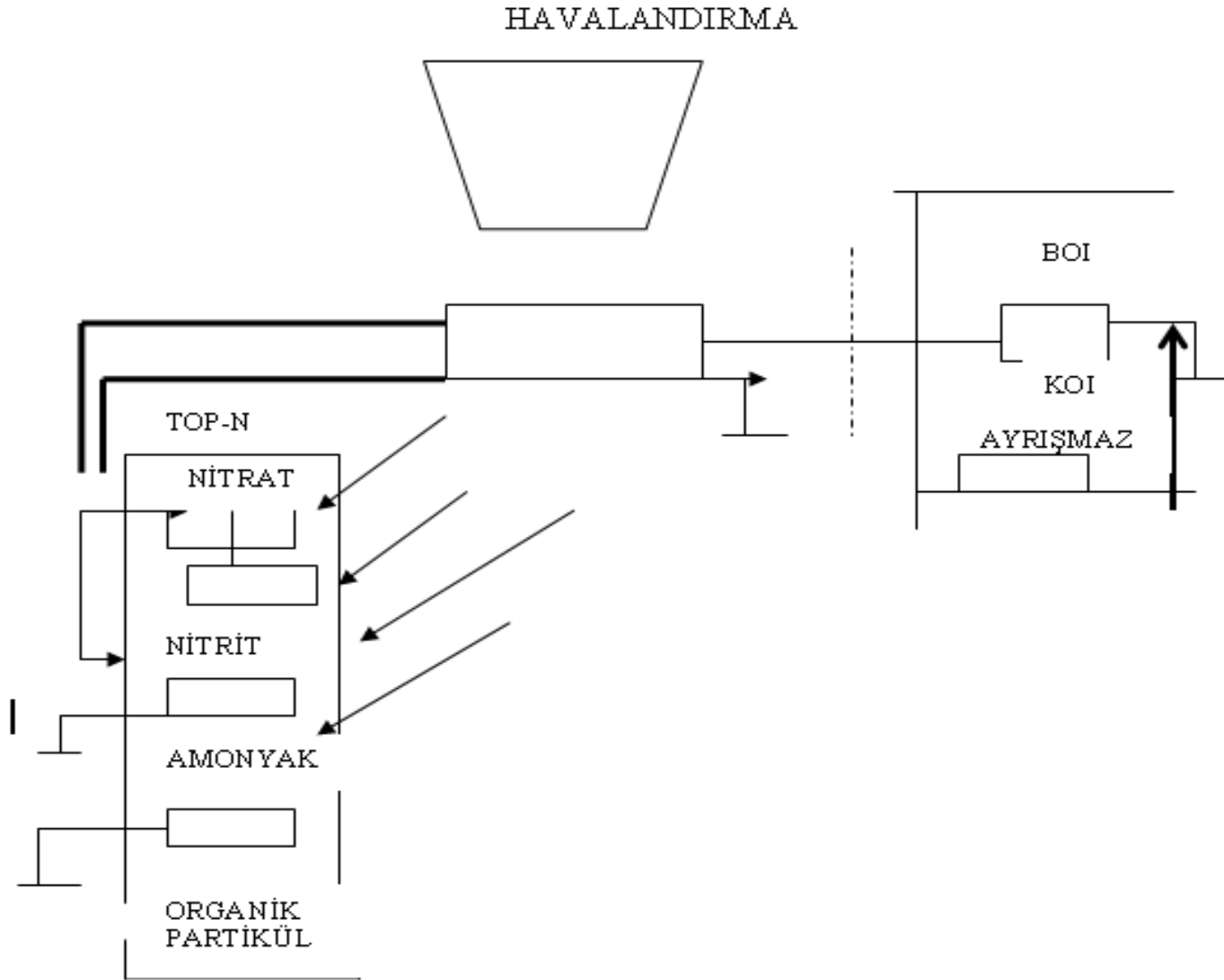
BOI

YÜK

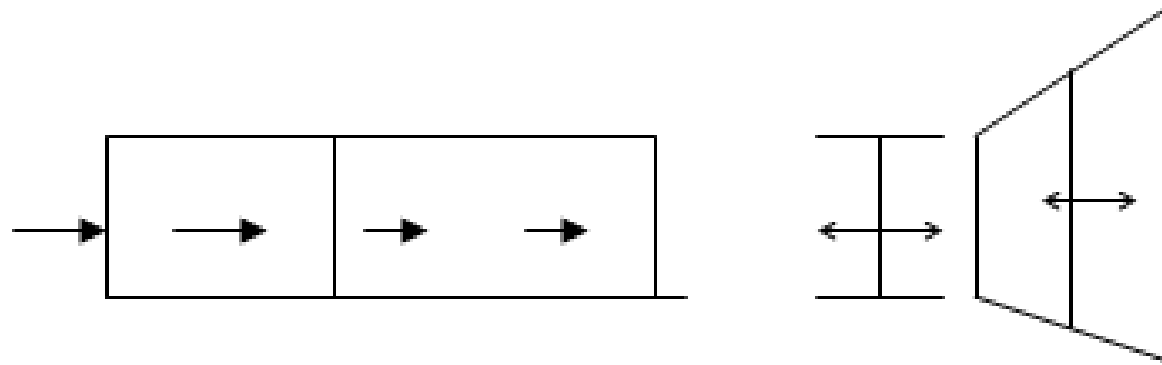
SU KALİTESİ MODELLERİ 1925-1965



SU KALİTESİ MODELLERİ



6 DOĞRUSAL SİSTEM



1 VE 2 BOYUTLU SİSTEM

MODELLERİN GENEL MATEMATİKSEL YAPISI

Yüzeysel sularda yer alan ve su kalite parametrelerinin değişimine neden olan doğal süreçlerin matematiksel ifadesi için çeşitli yaklaşımlar mümkündür. Olaya en basit yaklaşım, **deterministik modelleme** olmaktadır.

Şekilsel olarak modelin kurulması tamamlandıktan sonra modelin içerdığı sabitlerin doğada ölçülmüş verilerle kalibrasyonu gerekmektedir.

Modelleme ve kalibrasyonda kullanılacak verilerin mümkün olduğu kadar zahmetsiz, kolay ve sağlıklı ölçülebilir parametrelerden oluşmasına özen gösterilmelidir.

Yüzeysel sulardaki kalite parametrelerinin zamanda ve uzayda değişimleri kısmi diferansiyel denklemlerle tanımlanabilir.

Bu denklemlerin genellikle analitik çözümleri bulunmamakta ve sayısal bilgisayarlarda çözülebilmesi için kesiklenmeleri, yani sürekli değişken parametreler yerine kesikli değişken ve parametrelerin kullanılması gerekmektedir.

Kesikleme sonucunda daha önce adı geçen biyolojik ve biyokimyasal etkinlikler, oksijen bilançosundaki değişimler, sedimentasyon, akım hızları vb. değişken ve parametreler zamanda ve uzayda belirli aralıklarla sabit olarak kabul edilebilmektedir.

Aritma tesisi deşarjları, bağlamalardaki yoğun havalandırma gibi olaylar, modele kesikleme aralıklarının sınırlarında katılmakta ve böylece diferansiyel denklemlerin sınır koşullarını oluşturmaktadır.

Yüzeysel sulardaki kalite parametre değişimlerinin zaman içindeki değişimleri matematiksel modellerde aşağıdaki bağımsız öğelerin süper pozisyonu şeklinde tanımlanmaktadır.

ADVEKSİYON

Adveksiyon, yüzeysel sularda akım yönündeki kütleli harekete verilen addır. Su ortamına verilen kirleticilerde advektif hareketle birlikte taşınır.

Bu taşınım sırasında debiye bağımlı olarak madde derişimleri değişime uğrayabilir.

Adveksiyon, uzay koordinatlarının birinci türevlerinin bir fonksiyonudur.

DİFÜZYON

Çözünmüş veya süspansiyon halindeki bir maddenin, su ortamı içinde derişim gradyanına bağımlı olarak hareketidir.

Akışkan ortamlardaki difüzyon genellikle;

1. Rastgele molekül hareketlerinden (Brownian hareket) kaynaklanan moleküller difüzyon,
2. Türbülanslı hız çalkantılarının neden olduğu Türbülanslı difüzyon

olmak üzere iki temel süreç şeklinde karşımıza çıkar. Ancak su kirliliği ve kontrolü uygulamalarında moleküller difüzyon etkisi ihmal edilebilir.

Türbülanslı difüzyon ile advectif hareketin hız farklılıklarının alıcı su ortamlarında ortaklaşa olarak etkili olduğu madde taşınım ve yayılımına dispersiyon (difüzyon) denir.

Difüzyon uzay koordinatlarının ikinci türevlerinin bir fonksiyonudur.

AYRIŞMA

Değişimlerin zaman içinde, "c" andaki değerine orantılı olarak değişimine **birinci dereceden** ayrışma, sabit oranda değişimine ise **sıfırıncı dereceden** ayrışma denir.

1. dereceden ayrışmaya sulardaki mikroorganizmaların etkinliği, sıfırıncı dereceden ayrılmaya ise bitkilerin sabit biyolojik etkinliği örnek olarak gösterilebilir.

Akarsulardaki zamanda değişken akımlar, zamanda değişken sıcaklık, alg solunumu ve asimilasyonu gibi etmenler, durağan bir modelin ardışık olarak kullanılmasıyla hesaplanabilir.

Zaman içindeki daha karmaşık değişken oluşumlar, örneğin periyodik olarak değişen atık su deşarjları, doğrudan bir zamanda değişken model yardımıyla hesaplanabilir.

Fourier serileri ve Laplace dönüşümleri ile bu tip modellerin kurulması mümkün olmakla birlikte, modelin matematiksel yapısı durağa modellere kıyasla çok daha karmaşık bir görünüm alacağından zamanda sabit olmayan değişken sayısının sınırlı tutulması gerekli olmaktadır.

Bu güçlüklerden dolayı, zamanda değişken (dinamik) bir model kurulmadan önce durağan bir modelin ardışık iterasyonlarıyla, kabul edilebilir duyarlılıkta sonuçların elde edilip edilemeyeceğinin incelenmesinde yarar vardır.

Kesikleme sonucunda sonlu fark denklemlerine dönüşen başlangıç diferansiyel denklemlerinin matematiksel çözümünde doğrusal denklem sistemleri ortaya çıkmakta ve bu sistemlerin doğrusallık özelliğini, bir üst aşamadaki eniyileme modelinde doğrusal programlamanın kullanılmasına olanak vermektedir.

Bilindiği gibi, doğrusal programlama, çok sayıda karar değişkeni içeren en iyileme modellerinde bilgisayar açısından hızlı sonuçlar vermektedir.

Herhangi bir nedenle, elde edilen denklem sistemleri doğrusallık koşulunu sağlamıyorsa, doğrusal programlama yerine, nonlinear veya dinamik programlama yardımıyla, karar probleminin çözümüne gitmek mümkün olmaktadır.

Su kalitesini belirleyen parametreler kendi içlerinde benzer özelliklere sahip 2 grup halinde incelenebilir:

1.Konservatif parametreler

2.Konservatif olmayan parametreler


Konservatif parametreler :

Klorürler, sülfatlar, ağır metaller gibi Konservatif parametrelerin derişimleri, zaman süreci içinde anlamlı derişimler göstermezler. Bunlar suların doğal arıtımından büyük ölçüde etkilenmezler ve ancak seyreltme yoluyla değişime uğrarlar.

Konservatif olmayan parametreler :

Fiziksel, biyokimyasal oluşumlar sonucunda önemli ölçüde değişimlere uğrarlar. Örneğin süspansiyon halindeki organik maddeler çökelme ve/veya bakteriyel etkinlik sonucu minarilize olarak ayrışma uğrarlar.

 **En basit şekliyle matematiksel modeller tek bir formülden oluşurlar.**

 **Bilinen bu bağıntıda ki kullanılan sabitler, olayı etkileyen karmaşık ve ayrıntıları bilinmeyen biyokimyasal oluşumları toplu halde ifade eder.**

 **Bu tip yaklaşımda yukarıda adı geçen sabitler daha önceki gözlemler yardımıyla kalibre edilir.**

 **Kalibrasyon yardımıyla elde edilen bu sabitler model uygulamalarında hiç değişmeyecekmiş gibi kullanılır.**

Olayları tanımlayan proseslerin zaman süresi içinde değişmez özelliklere sahip olduğunun var sayılması, probleme **deterministik (gerekirci)** bir yaklaşımdır. Ancak deterministik modellerinin sınırlı olduğu göz önünde tutulmalıdır.

Stokastik **(rastlansal)** modeller olasılık unsurunda içerir.

Dolayısıyla deterministik modellere kıyasla matematiksel açıdan daha da karmaşıktırlar.

Su ortamlarına verilen kirletici yükleri de sabit değildir. İnsanların günden güne değişken olan ekonomik ve yaşamsal faaliyetleri sonucunda, kirletici deşarjlarında önemli ölçüde rastgele değişimler görölmektedir. Tüm bu rastlansalıklar su kirliliği araştırmalarında stokastik değerlendirmeleri gerekli kılmaktadır.