

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Gediz, Hav, Atı, Tas, Mat. Opt.

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Vehap Atas

1988

155
22

Y I L D I Z Ü N İ V E R S İ T E S İ
F E N B İ L İ M L E R İ E N S T İ T Ü S Ü

G E D İ Z H A V Z A S I N D A A T I K S U T A S F İ Y E M A L İ Y E T L E R İ
O P T İ M İ Z A S Y O N U

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)
ÇEVRE MÜH. VAHAP ATAŞ

İ S T A N B U L - 1 9 8 8

YILDIZ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



GEDİZ HAVZASINDA ATIKSU TASFIYE MALİYETLERİ
OPTİMİZASYONU

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

ÇEVRE MÜH. VAHAP ATAŞ



İSTANBUL - 1988

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
KÜTÜPHANE DOKÜMANTASYON
DAİRE BAŞKANLIĞI

Kot : R 150
155

Alındığı Yer : FEN BİL. ENS.

Tarih : 15.10.1991

Fatura : - - - - -

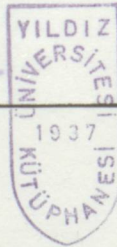
Fiyatı : 6500. TL.

Ayniyat No : 1/15

Kayıt No : 47747

UDC : 624. 378.242

Ek :



Bu çalışmada, lineer ve dinamik programlama teknikleri kullanılarak bir nehir havzasındaki yıllık toplam tasfiye maliyetini minimum düzeyde tutacak olan optimum tasfiye varimlerin tayini amacıyla ilgili çözüm yolları incelenmiştir.

Birinci bölümde, konuya genel bir giriş yapılmış ve çalışma kavramı tanımlanmıştır.

İkinci bölümde, bir su kütlesinde oksijen dengesine tesir eden faktörler hakkında genel bilgi verilmiş, biyokimyasal oksijen ihtiyacı ve çözünmüş oksijen profilleri izah edilmiş, çözünmüş oksijen ihtiyacı hesaplanmıştır.

Bu çalışmayı yöneten, çalışma boyunca ilgi ve teşviklerini esirgemeyen Doç. Dr. Adem BAŞTÜRK'e teşekkürlerimi sunarım.

Tezin muhtelif safhalarındaki yardımlarından dolayı muhterem hocam Doç. Dr. Veysel EROĞLU'na şükranlarımı arz ederim.

ÖZET

SUMMARY

Bu çalışmada, lineer ve dinamik programlama teknikleri kullanılarak bir nehir havzasındaki yıllık toplam tasfiye maliyetini minimum değerde tutacak olan optimum tasfiye veriminin tayini edilmesi ile ilgili çözüm yolları incelenmiştir.

Birinci bölümde, konuya genel bir giriş yapılmış ve çalışma kısaca tanıtılmıştır.

İkinci bölümde, bir su kütleğinde oksijen dengesine tesir eden faktörler hakkında genel bilgi verilmiş, biyokimyasal oksijen ihtiyacı ve çözünmüş oksijen profilleri izah edilip, çözünmüş oksijen eksikliği denklemleri sunulmuştur.

Üçüncü bölümde, su kalitesi optimizasyonunda kullanılan lineer ve dinamik programlama esası, matematik ifadeleri ve çözüm yolları izah edilmiştir.

Dördüncü bölümde, su kalitesini korumak maksadıyla inşaa edilecek olan tasfiye tesislerinin maliyetine tesir eden; ilk tesis yatırım, işletme ve bakım maliyetleri üzerinde durulmuş tasfiye tesislerinin yıllık maliyetleri proje debisi ile tasfiye verimine bağlı olarak elde edilmiştir. Bu bölümde ayrıca, inşaa edilecek olan tasfiye tesislerinin optimum verimlerini tayin etme maksadıyla geliştirilen lineer ve dinamik programlama metodlarının gaye ve tahdit denklemleri elde edilmiş, bu maksadla geliştirilen bilgisayar programları sunulmuştur.

Beşinci bölümde, incelenen bu metodlar Gediz Nehri Havzasına uygulanmıştır. Bu maksadla Gediz Nehri Havzasına ait datalar elde edilmiştir. Elde edilen bu datalar incelenen programlara uygulanarak havzadaki optimum tasfiye tesisi verimleri bulunmuştur.

Altıncı bölümde, elde edilen sonuçların değerlendirilmesi sunulmuştur.

SUMMARY

This research is concerned mainly with the optimisation methods which are applicable to improve water quality standards in a river basin system. The basis of such an approach is to minimize the total annual costs leading to the best possible treatment level in the system considered. In order to satisfy such an objective the well-known programming techniques and dynamic programming have been employed and its particular versions developed within the framework of this thesis.

A general introduction to the subject has been made in the first section and the research has been explained in a general sense.

In the second section an information has been given about the effective factors to the water body dissolved oxygen balance. Then, biochemical oxygen demand and dissolved oxygen profiles have been examined and dissolved oxygen deficit equations have been presented.

In the third section the explanations about the basis of both linear and dynamic programming techniques used in water quality optimisation explanations about their mathematical expressions and explanations about the ways to solve them have been presented.

The fourth section comprises the study of initial construction cost of the treatment plants in addition to the operation and the maintenance costs which are effective on the costs of the waste water treatment plants that will be established to control the water quality in a river basin system. The annual costs of the waste water treatment plants have been expressed as a function of design flow rate treatment efficiency. On the other hand the objective and constraint equations of both linear and

III

dynamic programmings which were developed for the aim of yielding the optimum waste water treatment efficiencies of the plants that will be established in a river system, have been exposed. And computer programs have been developed for that aim.

In the fifth section all of these methods developed in the preceding sections have been applied to Gediz River basin system in Turkey. Various data belonging to the Gediz River basin system have been collected. These collected data have also been applied to the dynamic programming techniques that have been investigated and the optimum waste water treatment efficiencies at the basin system of Gediz River have been calculated.

The sixth section comprises a critic on the results that have been obtained in the former sections.

İfadesi	12
3.1.2 Linear Programlamanın Kabul Ettiği	
Seviler	14
3.1.3 Linear Programlamanın Çözüm Yolları	14
3.2 Dinamik Programlama	15
3.2.1 Dinamik Programlamanın Özellikleri	15
BÖLÜM. IV SU KALİTESİ KONTROLÜNÜN MALİYETİ, YÖNETİM	
MODELLERİ VE MODELLERİN MUKAYESESİ	17
4.1 Su Kalitesinde Kontrolünün Maliyeti	17
4.2 Su Kalitesi Yönetimi Modelleri	21
4.2.1 Linear Programlama İle Su Kalitesi	
Optimizasyonu	25
4.2.1.1 Gaye Denkleminin İfadesi	27
4.2.1.2 Tandırt Denklemlerinin İfadesi	28
4.2.1.3 Linear Programlamanın Çözüm	
Şekilleri	44
4.2.2 Dinamik Programlama İle Su Kalitesi	
Optimizasyonu	44
4.2.2.1 Kısıt İzafe Hali	44
4.2.2.2 Eğin Metodu	53

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

	<u>Sayfa No</u>
ÖZET	I
SUMMARY	II
BÖLÜM. I GİRİŞ	1
BÖLÜM. II NEHİR KİRLENMESİ	2
2.1 Su Kütlesinde Oksijen Dengesi	2
2.2 Fotosentez ve Solunum	4
2.3 Taban Çamurunun Oksijen İhtiyacı	4
2.4 Havadan Oksijen Kazanılması	4
2.5 Oksijen Dinamiği Matematik Modelleri	7
BÖLÜM. III SU KALİTESİNDE OPTİMİZASYON TEKNİKLERİ	12
3.1 Lineer Programlama	12
3.1.1 Lineer Programlamanın Matematik İfadesi	12
3.1.2 Lineer Programlamanın Kabul Ettiği Esaslar	14
3.1.3 Lineer Programlamanın Çözüm yolları	14
3.2 Dinamik Programlama	15
3.2.1 Dinamik Programlamanın Özellikleri	15
BÖLÜM. IV SU KALİTESİ KONTROLÜNÜN MALİYETİ, YÖNETİM MODELERİ VE MODELLERİN MUKAYESESİ	17
4.1 Su Kalitesinde Kontrolünün Maliyeti	17
4.2 Su Kalitesi Yönetimi Modelleri	21
4.2.1 Lineer Programlama İle Su Kalitesi Optimizasyonu	25
4.2.1.1 Gaye Denklemine İfadesi	27
4.2.1.2 Tahdit Denklemlerinin İfadesi	28
4.2.1.3 Lineer Programlamanın Çözüm Şekilleri	44
4.2.2 Dinamik Programlama İle Su Kalitesi Optimizasyonu	44
4.2.2.1 Eşit Tasfiye Hali	44
4.2.2.2 Eğim Metodu	53

4.2.2.3 Tesir Metodu	55
4.2.2.4 Oran Metodu	59
4.3 Su Kalitesi Yönetimi Modellerinin Mukayesesi	63
BÖLÜM. V SU KALİTESİ OPTİMİZASYONUNA AİT METODLARIN UYGULANMASI VE MUKAYESESİ	66
5.1 Gediz Nehri Havzasında Verilerin Tayini	66
5.1.1 Giriş	66
5.1.2 Havzadaki Yerleşimlerin Nüfus Tahminleri	66
5.1.3 Parametrelerin Tayini	69
5.1.4 Tasfiye Tesisleri Maliyetlerinin Elde Edilmesi	72
5.2 Optimizasyon Metodlarının Gediz Havzasına Uygulanması	76
5.2.1 Lineer Programlama Metodunun Uygulanması	76
5.2.2 Dinamik Programlama Metodunun Uygulanması	77
5.2.2.1 Eşit Tasfiye Metodunun Uygulanması	77
5.2.2.2 Eğitim Metodunun Uygulanması	77
5.2.2.3 Tesir Metodunun Uygulanması	77
5.2.2.4 Oran Metodunun Uygulanması	82
5.3 Uygulanan Metodların Mukayesesi	82
BÖLÜM. VI SONUÇLAR	85
EKLER	
KAYNAKLAR	
ÖZGEÇMİŞ	

BÖLÜM . I GİRİŞ

Hızla artan dünya nüfusu ve gelişen teknoloji, günümüze tehlikeli ve çözülmesi gereken birçok meseleyide beraberinde getirmiştir. Bunların başında katı, sıvı ve gaz halinde bulunan artıklar gelmektedir. Bu artıkların hiçbir koruyucu tedbir alınmadan havaya, suya veya toprağa verilmesi doğal dengenin bozulmasına sebep olmaktadır.

Günümüz şartlarında çevre kirliliği kaçınılmazdır. Çevreye zarar veren artıkların tamamıyla tasfiye edilmesi ekonomik olmayacağından, esas amaç bir miktar kirlenmeye müsaade edilerek kirliliği kontrol altında tutmaktır.

Çevre kirlenmesi problemleri içerisinde en önemli olanlardan biri suların kirlenmesidir. Suların kirlenmesi probleminde amaç, su kalitesini uygun bir seviyenin üzerinde tutabilmek için kirletici kaynakları kontrol altına almaktır. Aksi takdirde kullanılmış suların tasfiye edilmeden doğrudan alıcı ortamlara verilmesi bu kaynaklardan faydalanma imkanını azaltacaktır.

Gelişmiş ülkelerde su kaynaklarının kirlenmesi problemi uzun zamandır araştırılmaktadır. Gelişmekte olan ülkemizde ise bu konu ile ilgili çalışmalar oldukça sınırlıdır. Bu sebeple, su kalitesi yönetiminde optimizasyon teknikleri ile ilgili çalışmalar gözden geçirilmiştir. Bir nehir havzası boyunca muhtelif noktalardan kullanılmış suların nehre verilmesi halinde, nehirde öngörülen su kalite standartlarının sağlanmasını mümkün kılan çözümler arasında optimum olanının tayini incelenmiştir. İncelenen bu çözüm teknikleri Gediz Nehri Havzasına uygulanmıştır.

BÖLÜM.II NEHİR KİRLENMESİ

2.1 SU KÜTLESİNDE OKSİJEN DENGESİ

Bir su kütlesinde oksijen dengesine tesir eden faktörlerin başında, biyokimyasal oksijen ihtiyacı, fotosentez, solunum ve havadan oksijen kazanılması gelmektedir.

Su kütlesindeki oksijen ihtiyacı, biyokimyasal oksijen ihtiyacı cinsinden ifade edilmektedir. Belirli sıcaklık ve aerobik şartlarda ayrışabilen organik maddelerin stabilizasyonu esnasında mikroorganizmaların sarffettikleri oksijen olarak tanımlanan BOI (Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı) için laboratuvar ölçekli standartlarda inkübasyon süresi 5 gün, sıcaklık ise 20°C kabul edilmektedir (BOI₅).

Biyokimyasal Oksijen İhtiyacının Matematik İfadesi

Organik maddelerin biyokimyasal oksidasyon hızı, henüz oksidasyona uğramayan maddelerin konsantrasyonuyla orantılı olduğundan bunun matematik ifadesi:

$$\frac{dL}{dt} = -k.L \quad (2.1)$$

integrasyonu alınarak :

$$L=L_0 \cdot e^{-kt} \quad (2.2)$$

elde edilir. Burada:

- L: Herhangi bir t anında bakiye oksijen ihtiyacı, (mg/l)
- L₀: t=0 anındaki nihai oksijen ihtiyacı, (mg/l)
- k: Sarf hızı katsayısı, (gün⁻¹)
- t: Süre (gün), dür.

Herhangi bir t anında okside olan organik madde miktarı

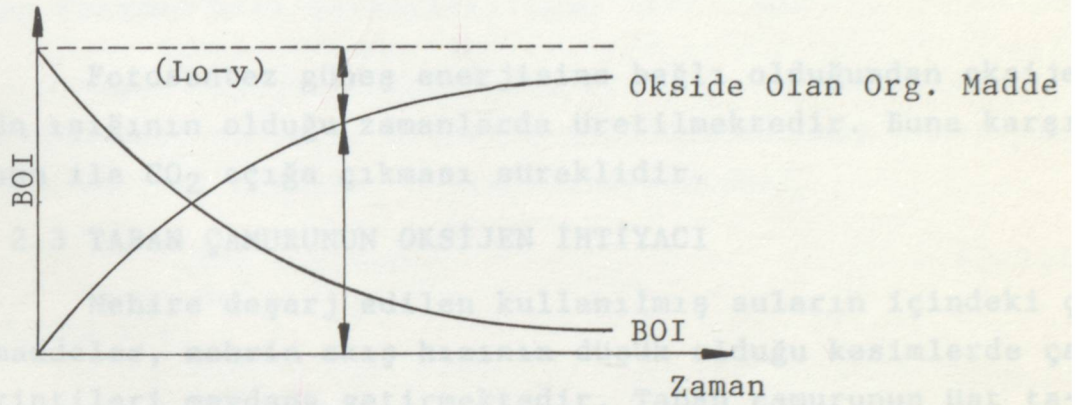
y ile gösterilirse (1.1) denklemi:

$$\frac{d(Lo-y)}{dt} = -k(Lo-y) \quad (2.3)$$

integrasyonu alınarak:

$$y = Lo(1 - e^{-kt}) \quad (2.4)$$

elde edilir. (Şekil 2.1)



Şekil 2.1. Organik Madde veya BOI İle Zaman Bağlantısı,

(2.2) denklemi nehirlerde mansap tarafına doğru gidildikçe BOI değerinin azaldığını göstermektedir.

Sıcaklığın Sarf Hızı Katsayısına Etkisi

Biyokimyasal reaksiyon hızı üzerine etki eden önemli parametrelerden biri olan sıcaklık, biyolojik reaksiyon hızını artırmaktadır. k'nın sıcaklıkla değişmesi:

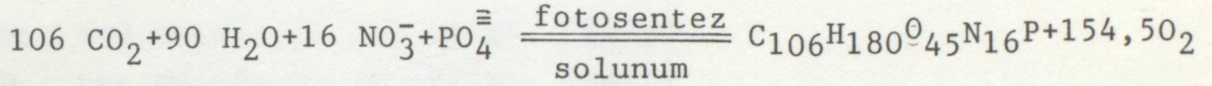
$$k_T = k_{20} (1.047)^{(T-20)} \quad (2.5)$$

şeklinde ifade edilmektedir. Burada:

- k_T : $T^\circ\text{C}$ sıcaklıkta sarf hızı katsayısı, (gün^{-1})
- k_{20} : 20°C sıcaklıkta sarf hızı katsayısı, (gün^{-1})
- T : Suyun sıcaklığı, ($^\circ\text{C}$) dir.

2.2 FOTOSENTEZ VE SOLUNUM

Suda yaşayan klorofilli bitkiler, güneş enerjisini kullanarak CO₂ ve H₂O gibi inorganik maddelerle ilk üreticilerin (alg) sentezi sonucunda oksijen açığa çıkarmaktadır. Bunun ifadesi



gibidir.

Fotosentez güneş enerjisine bağlı olduğundan oksijen sadece gün ışığının olduğu zamanlarda üretilmektedir. Buna karşılık solunum ile CO₂ açığa çıkması sürekli dir.

2.3 TABAN ÇAMURUNUN OKSİJEN İHTİYACI

Nehire deşarj edilen kullanılmış suların içindeki çöke bilen maddeler, nehrin akış hızının düşük olduğu kesimlerde çamur birikintileri meydana getirmektedir. Taban çamurunun üst tabakası sudan temin ettiği oksijenle aerobik ayrışmaya maruz kalmaktadır. Çamurun alt tabakalarında ise aneorobik ayrışma cereyan etmektedir. Bunun neticesi olarak ortaya çıkan CH₄, H₂S ve CO₂ gibi gazların miktarının çok fazla olması halinde, taban çamuru hareketlenerek yüzmekte ve çözülmüş oksijen muhtevası azalmaktadır.

Taban çamurunun oksijen sarfiyatına çamur tabakası kalınlığı, organik madde muhtevası, mikroorganizmalar için gelişme ortamı ve nehirdeki çözülmüş oksijen konsantrasyonu gibi faktörler etki etmektedir.

2.4 HAVADAN OKSİJEN KAZANILMASI

Nehirlerde havadan oksijen kazanma hızı, çözülmüş oksijen eksikliğiyle doğru orantılıdır.

$$\frac{dD}{dt} = -rD \quad (2.6)$$

denklemin çözümüyle:

$$D = D_0 \cdot e^{-rt} \quad (2.7)$$

elde edilir. Burada:

- D_0 : $t=0$ anında ÇO eksikliği, (mg/l)
- D : $t=t$ anında ÇO eksikliği, (mg/l)
- r : Oksijen kazanma hızı katsayısı, (gün^{-1}) dir.

Havadan oksijen kazanılması ile organik maddelerin oksidasyonu için oksijen sarfı birlikte gözönüne alınmak suretiyle aşağıdaki diferansiyel denklem kullanılabilir.

$$\frac{dD}{dt} = kL - rD \quad (2.8)$$

denklemin çözümü ile:

$$D = \frac{k \cdot L_0}{r - k} (e^{-kt} - e^{-rt}) + D_0 e^{-rt} \quad (2.9)$$

elde edilir. Burada:

- $D = C_s - C$ olup,
- C_s : ÇO doyumluk değerini, (mg/l)
- C : ÇO konsantrasyonunu, (mg/l) göstermektedir.

Oksijen kazanma hızı tayini için pek çok formül bulunup bazıları aşağıda verilmiştir.

O'Connor ve Dobbins;(6)

$$r = \frac{3.93 U^{1/2}}{H^{3/2}} \quad (2.10)$$

Burada:

- U : Nehirdeki ortalama akım hızı, (m/sn)
- H : Nehirdeki ortalama su derinliği, (m) dir.

O'Connor ve Dobbins Metodu ortalama derinliği 0,30 - 9,15 m, ortalama hızı 0,15 - 0,50 m/sn arasında olan nehirlerde iyi netice vermektedir.

Churchill ve Arkadaşları;(6)

$$r = \frac{5.25 U}{H^{5/3}} \quad (2.11)$$

Bu metod, ortalama derinliği 0,60 - 3,35 m, ortalama hızı 0,55 - 1,50 m/sn arasında olan nehirlerde iyi netice vermektedir.

Owens ve Arkadaşları;(6)

$$r = \frac{5.316 U^{0,67}}{H^{1,85}} \quad (2.12)$$

Bu metod, ortalama derinliği 0,12 - 3,35 m, ortalama hızı 0,03 - 1,50 m/sn arasında olan nehirlerde iyi netice vermektedir.

Sıcaklığın havadan oksijen kazanma hızı katsayısına etkisi aşağıdaki formülle hesaplanmaktadır:

$$r_T = r_{20} (1.024)^{(T-20)} \quad (2.13)$$

Burada:

- r_T : $T^{\circ}\text{C}$ sıcaklıktaki havalanma hız sabiti, (gün^{-1})
- r_{20} : 20°C sıcaklıktaki havalanma hız sabiti, (gün^{-1}) dir.

2.5 OKSİJEN DİNAMIĞI MATEMATİK MODELLERİ

Kütle korunumu prensibinden yararlanılarak türbülanslı akımlarda oksijen dinamiğini ifade eden diferansiyel denklem aşağıdaki şekildedir:

$$\frac{\partial c}{\partial t} + U \frac{\partial c}{\partial x} + V \frac{\partial c}{\partial y} + W \frac{\partial c}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left[E_x \frac{\partial c}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[E_y \frac{\partial c}{\partial y} \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[E_z \frac{\partial c}{\partial z} \right] + F \quad (2.14)$$

Burada:

- c : Madde konsantrasyonu, [M/L³]
- U,V,W: x,y,z doğrultusundaki hızlar, [L/T]
- E_x,E_y,E_z: x,y,z doğrultusundaki türbülanslı difüzyon katsayıları, [L²/T]
- F : Kaynak veya kayıp fonksiyonları, [M/L³T]
- t : Akım süresi, [T] dir.

(1.14) denklemi tek boyutlu olarak yazılırsa:

$$\frac{\partial c}{\partial t} + U \frac{\partial c}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} \left(E \frac{\partial c}{\partial x} \right) + F \quad (2.15)$$

(1.15) denklemi dispersiyon katsayısının (E) sabit olması halinde:

$$\frac{\partial c}{\partial t} = E \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} - U \frac{\partial c}{\partial x} + F \quad (2.16)$$

şeklinde ifade edilebilir.

Dispersiyon katsayısının önemsiz olduğu nehirlerde (2.16) denklemi,

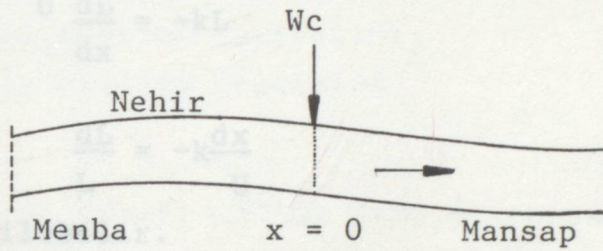
$$\frac{\partial c}{\partial t} = -U \frac{\partial c}{\partial x} + F \quad (2.17)$$

haline dönecektir.

Nehirlerde, BOI ve Çözünmüş Oksijen Profilleri (2.16) ve (2.17) denklemleri kullanılarak tayin edilebilir. Bu çalışmada sadece , nehirler için kararlı durum, sabit nokta deşarj hali incelenecektir.

BOI Profilleri:

Bu durum, deşarj edilen yerin sabit bir nokta olduğu ve deşarj yükünün zamanla değişmediğini kabul edilen durumdur. (Şekil 2.2)



Şekil 2.2 Sabit Nokta Ve Kararlı Hal Deşarj Durumu,

Burada:

- W_c : Deşarj yükü, (kg/gün)
- x : Mesafe, (L) dir.

Kararlı durum halinde $\frac{\partial c}{\partial t} = 0$ olacağından (2.16) denklemi şu halde ifade edilebilir:

$$E \frac{d^2c}{dx^2} - U \frac{dc}{dx} + F = 0 \quad (2.18)$$

Dispersiyon katsayısının (E=0) ihmal edileceği nehirlerde (2.18) denklemi:

$$-U \frac{dc}{dx} + F = 0 \quad (2.19)$$

halinde ifade edilebilir.



Burada: (2.19) denkleminde BOI profili inceleneceğinden "c" yerine, BOI konsantrasyonu (L) ve kaynak/kayıp fonksiyonu yerine de oksijen sarfiyatı konularak yeniden düzenlenirse;

$$U \frac{dL}{dx} = -kL \quad (2.20)$$

veya ;

$$\frac{dL}{L} = -k \frac{dx}{U} \quad (2.21)$$

halinde ifade edilebilir.

(1.21) denkleminin integrasyonu ile:

$$L = L_0 \cdot e^{-\frac{kx}{u}} \quad (2.22)$$

ve :

$$t = x/u \quad \text{olduğundan};$$

$$L = L_0 \cdot e^{-kt} \quad (2.23)$$

ifadesi elde edilir.

Burada:

$$L_0 = Wc/Q \quad \text{olup,}$$

- Q : Debiyi, (m³/gün)

göstermektedir.

Çözünmüş Oksijen Profilleri:

(2.18) denkleminde Çözünmüş Oksijen Profili inceleneceğinden C yerine çözünmüş oksijen eksikliği (D) ve kaynak/kayıp fonksiyonu açık ifadesi konularak yeniden düzenlenirse;

$$E \frac{d^2D}{dx^2} - U \frac{dD}{dx} - rD + kL + k_N N + R + S - P = 0 \quad (2.24)$$

halinde ifade edilebilir.

Burada;

- k_N : Azotlu madde sarf hızı sabitini, (gün^{-1})
- N : Azotlu madde BOI'nı, (mg/l)
- R : Solunumla oksijen sarfiyatını,
- S : Taban çamuru oksijen ihtiyacını,
- P : Fotosentezle oksijen üretimini,

göstermektedir.

(2.24) denklemi, $x=0$ 'da $D=D_0$ değerinde ve E 'nin ihmal edilmesi durumunda :

$$D = \frac{Wc}{Q} \cdot \frac{k}{r-k_N} \left[e^{-knx/u} - e^{-rx/u} \right] + \frac{W_N}{Q} \cdot \frac{k_N}{r-k_N} \left[e^{-knx/u} - e^{-rx/u} \right] + \frac{R+S-P}{r} (1 - e^{-rx/u}) + D_0 e^{-rx/u} \quad (2.25)$$

ifadesi elde edilir. Burada :

- k_N : Sarf hızı katsayısını, (gün^{-1})
 - W_N : Azotlu madde deşarj yükünü, (kg/gün)
- göstermektedir.

(1.24) denklemi yeniden, N, R, S, P değerleri ihmal edilerek düzenlenirse;

$$D = \frac{k}{r-k_N} \cdot L_0 (e^{jx} - e^{gx}) + D_0 e^{gx} \quad (2.26)$$

halinde ifade edilebilir.

Burada:

$$g = \frac{U}{2E} (1 - \sqrt{1 + 4rE/U^2})$$

$$j = \frac{U}{2E} (1 + \sqrt{1 + 4k_n E/U^2})$$

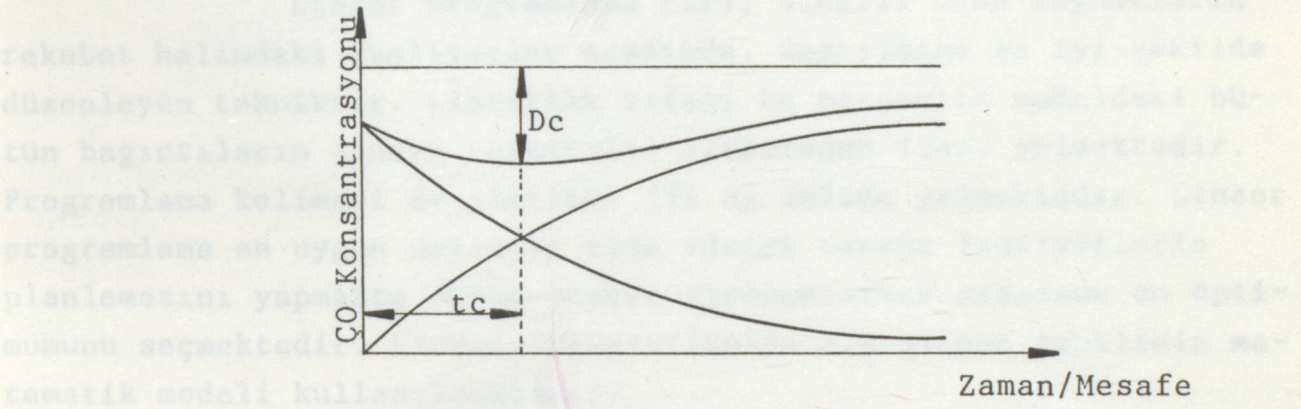
dir.

(1.25) denkleminde W_N, R, S, P değerleri ihmal edilip $k=kn$ olduğu kabul edilerek dzenlenirse:

$$D = \frac{k}{r-k} L_o (e^{-kx/u} - e^{-rx/u}) + D_o e^{-rx/u} \quad (2.27)$$

halinde ifade edilebilir. Bu ifade Streeter - Phelps denklemi olarak bilinmektedir.

Bir nehir boyunca, çözülmüş oksijen eksikliği profilinin gösterildiği eğriye "Kaşık Eğrisi" denilmektedir. (Şekil 2.3).



Şekil 2.3 Kaşık Eğrisi,

Kaşık eğrisinde bilhassa maksimum eksikliğin görüldüğü yerin ve eksiklik değerinin tayini önemlidir. (1.27) denklemi esas alınarak "kritik zaman ve kritik eksiklik" ifadeleri;

$$t_c = \frac{1}{r-k} \ln \left[\frac{r}{k} \left(1 - \frac{(r-k)}{k} \frac{D_o}{L_o} \right) \right] \quad (2.28)$$

$$D_c = \frac{k}{r} L_o e^{-rt_c} \quad (2.29)$$

şeklinde yazılabilir.

BÖLÜM. III SU KALİTESİNDE OPTİMİZASYON TEKNİKLERİ

Optimizasyon teknikleri lineer, nonlinear ve dinamik programlama teknikleri olmak üzere üç kısımda incelenebilir. Bu çalışmada lineer ve dinamik programlama teknikleri kullanılacağı için kısaca bahsedilecektir.

3.1 LINEER PROGRAMLAMA

Lineer programlama (LP), sınırlı olan kaynakların rekabet halindeki faaliyetler arasında, dağıtımını en iyi şekilde düzenleyen tekniktir. Lineerlik sıfatı bu matematik modeldeki bütün bağıntıların lineer (orantılı) olmasından ileri gelmektedir. Programlama kelimesi de planlama ile eş anlama gelmektedir. Lineer programlama en uygun neticeyi elde edecek tarzda faaliyetlerin planlamasını yapmakta bütün müsbet alternatifler arasında en optimumunu seçmektedir. Lineer programlamada ele alınan problemin matematik modeli kullanılmaktadır.

3.1.1. Lineer Programlamanın Matematik İfadesi

Lineer programlama probleminde iki esas denklem sistemi vardır. Bunlardan birincisi problemin varmak istediği hedefi ifade eden gaye fonksiyonudur. Bu fonksiyon;

$$Z = C_1 x_1 + C_2 x_2 + \dots + C_j x_j + \dots + C_n x_n \quad (3.1)$$

şeklindedir. (3.1) denkleminde $C_1, C_2, \dots, C_j, \dots, C_n$ sabit katsayılar olup, $x_1, x_2, \dots, x_j, \dots, x_n$ 'ler ulaşılmak istenen neticeye göre maksimum veya minimum değeri alması istenen karar değişkenleridir.

3.1.2 Linear Programlamanın Kabul Ettiği Esaslar

Linear programlamanın kabul ettiği esaslar aşağıda sıralanmıştır.

Orantılılık:

Linear programlamanın temel esaslarından ilki hem gaye fonksiyonunun hem de tahdit fonksiyonlarının lineer olmasıdır. Bu da faaliyetin ve kaynakların orantılı olması demektir.

Toplanabilirlik:

Faaliyetler kendi aralarında toplanabilmelidir, yani tesirlilik ölçümü ve kaynak kullanımına aksetmeleri gerekir.

Bölünebilirlik:

Birçok durumlarda bilinmeyenler ve karar değişkenleri tam sayı oldukları zaman anlamlı olmaktadır. Ancak lineer programlamanın genel çözümünde tamsayı çözüm bulunamayabilir. Dolayısıyla incelenecek problemlerde cevaplar kesirli sayılarla ifade edilebilmelidir.

Deterministik Olma:

a_{ij} , b_i ve C_j katsayılarının hepsinin bilinen sayılar olduğu kabul edilmektedir. Gerçekte bunlar tam olarak bilinmediklerinden ya tahmin edilirler veyahutta bilinen veya bilinmeyen ihtimal fonksiyonları ile ifade edilebilirler.

3.1.3 Linear Programlamanın Çözüm Yolları

Yukarıda matematik ifadesi sunulan bir lineer programlama probleminin grafik veya Simplex Metodu olmak üzere iki çözüm tarzı vardır. Grafik metod bilinmeyen değişken sayısı 2 veya en fazla 3 olması halinde kullanılabilir. Değişken sayısı-

nın 3'den fazla olması halinde, sanal değişkenler ilave edilip eşitsizlikler eşitlikler haline dönüştürülerek Simplex Metodu ile çözüm bulunabilmektedir.

3.2 DİNAMİK PROGRAMLAMA

Dinamik programlama (DP), ardışık kararların verildiği ve herbir kararın sonraki kararları etkilediği problemlerin çözümünde kullanılan bir optimizasyon tekniğidir. Dinamik programlama gaye fonksiyonunu en optimum yapan kararlar toplumunu tayin etmek için sistematik bir yol temin eder.

Dinamik programlamada standard bir matematik ifade mevcut değildir. Yaklaşımaya dayalı bir teknik olup herbir problem için ona uygun özel bir model geliştirme esasına dayanmaktadır. Dinamik programlamanın optimumluk prensibi Aris, Bellman tarafından, "Elinde mevcut olan imkanla en iyisini yapmazsan, yapılması gerekenin en iyisini yapmış olmazsın" şeklinde ifade edilmiştir. (5)

3.2.1 Dinamik Programlamanın Özellikleri

Dinamik programlamanın işleyiş mekanizması ve özellikleri şu şekilde ifade edilebilir:

1. Problem her bir safhada ayrı karar alınabilecek şekilde bölünebilir.
2. Herbir safha muhtelif durumlar ihtiva edebilir.
3. Her safhada verilecek kararın neticesinde şimdiki safhadan bir sonraki safhaya bir ihtimal dağılımı yardımıyla geçilebilir.
4. Halihazırdaki durum belli ise geri kalan safhalar için optimum yol, daha önceki safhalarda ortaya çıkan kararlardan tamamen bağımsızdır.

5. Çözüm en son safhadan başlayarak her bir safha durum için optimum kararın bulunması suretiyle elde edilir.
6. Kat edilmesi gereken "n" adet safha kalmış vaziyette iken, optimum fonksiyonu bulunmuş evvelki (n-1) adet safhayı da göz önüne alarak, bu safhadaki her durum için ardışık bir ifade türetilir.
7. Bu ardışık ifade kullanılarak herbir safhada her bir durumun optimum kararı tespit edilerek edilerek çözüm safha safha geriye doğru bulunmuş olur. Başlangıç safhasına kadar optimum kararlar dizisi tespit edilir.

Kullanılmış suların tasfiye edilmesi maliyetine, tasfiye tesisinin yatırım bedeli, işletme bedeli, tamir ve bakım masrafları tesisi etmektedir. Kullanılmış su tasfiye tesislerinin maliyetini projeye esas alınan kullanılmış su debisinin veya proje yılı nüfusunun bir fonksiyonu olarak ifade etmek mümkündür.

Thomas (3), Deininger (4) ve Smith (2) tarafından tasfiye tesislerinin maliyetleri araştırılmıştır. Smith değişik tasfiye tesisleri için yatırım, işletme ve bakım maliyetlerini proje debisine göre grafikler halinde vermiştir. ASD'deki tasfiye tesislerinin maliyetlerini araştırarak yukarıdaki çalaplarda elde edilen maliyet değerlerinin ortalamaları ASD tasfiye tesisleri inşaat maliyetleri fiyat indeksi kullanılarak 1987 ortalaması fiyatlarına göre hesap edilmiş ve şekil 4.1, 4.2, 4.3'deki tasfiye maliyeti - proje debisi eğrilerinde gösterilmiştir. İlk tasfiye maliyetini, senelik maliyetler cinsinden ifade etmek için tasfiye tesisinin ömrü 25 yıl, faiz yüzdesi $i = 4,5$ olarak seçilmiştir. Bu değerlere karşılık gelen amortisman faktörü $0,064$ olarak

BÖLÜM. IV SU KALİTESİ KONTROLÜNÜN MALİYETİ, YÖNETİM MODELLERİ VE MODELLERİN MUKAYESESİ

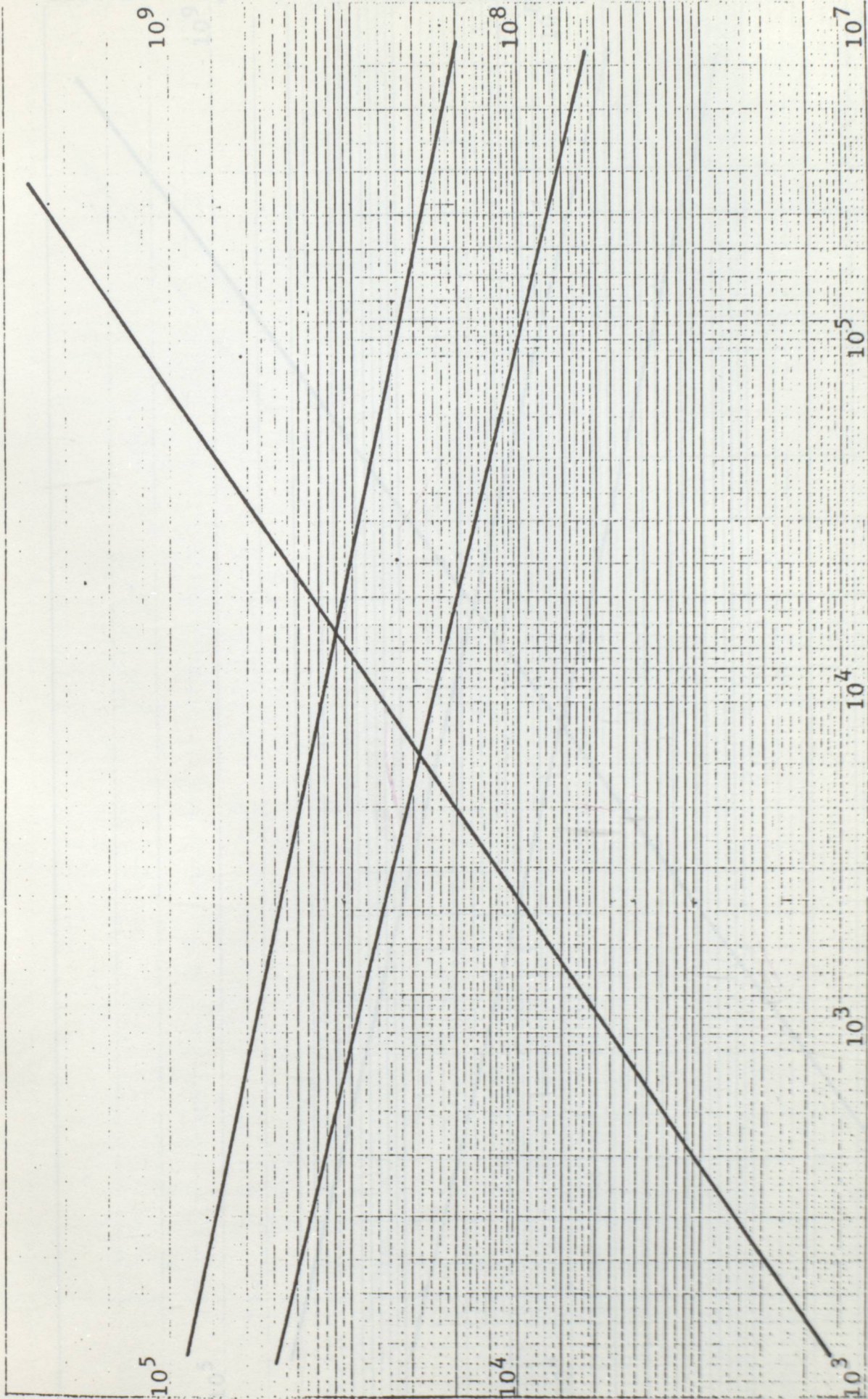
4.1 SU KALİTESİ KONTROLÜNÜN MALİYETİ

Kullanılmış sular, çeşitli metodlarla alıcı ortam su kalitesi standartlarını sağlayacak şekilde deşarj edilmelidir. Su kalitesi kontrolü açısından en etkili olan metod kullanılmış suların alıcı ortama deşarj edilmeden önce tasfiye edilmesidir.

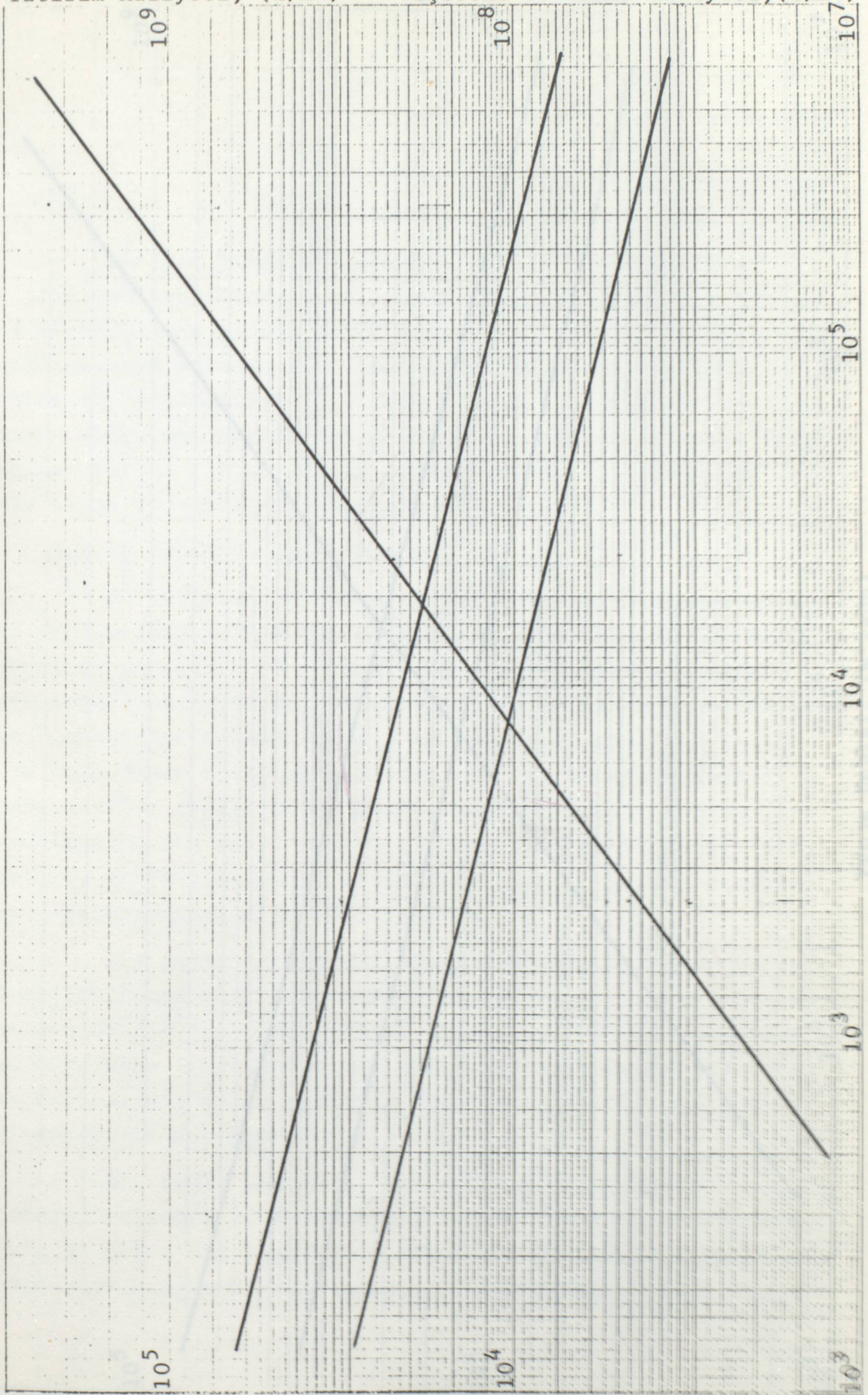
Evsel kullanılmış suların tasfiye maliyetini tesise gelecek olan kullanılmış su debisinin veya arzu edilen tasfiye veriminin bir fonksiyonu olarak ifade etmek mümkündür.

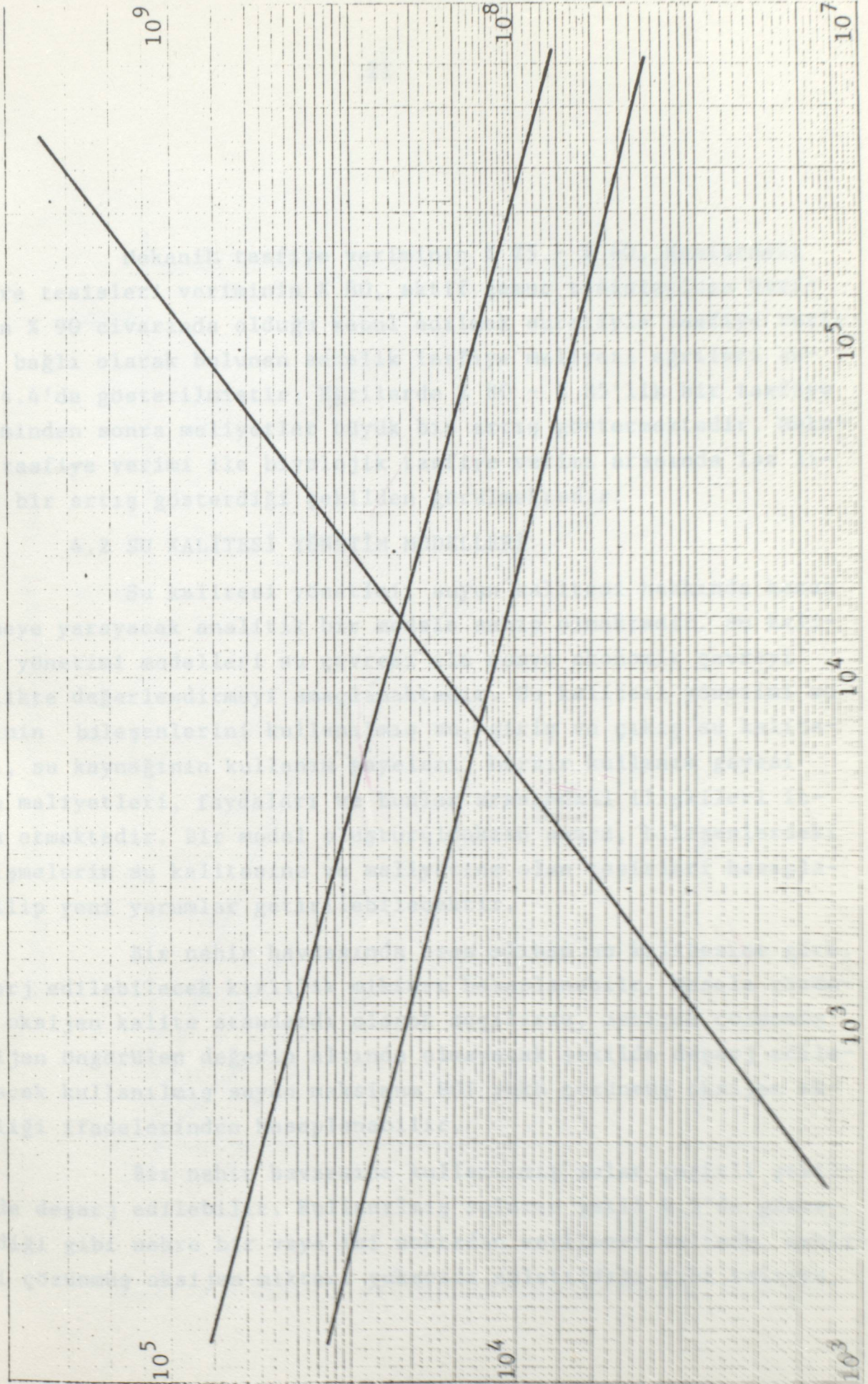
Kullanılmış suların tasfiye edilmesi maliyetine, tasfiye tesisinin yatırım bedeli, işletme bedeli, tamir ve bakım masrafları tesir etmektedir. Kullanılmış su tasfiye tesislerinin maliyetini projeye esas alınan kullanılmış su debisinin veya proje yılı nüfusunun bir fonksiyonu olarak ifade etmekte mümkündür.

Thomann (3), Deininger (4) ve Smith (2) tarafından tasfiye tesislerinin maliyetleri araştırılmıştır. Smith değişik tasfiye tesisleri için yatırım, işletme ve bakım maliyetlerini proje debisine göre grafikler halinde vermiştir. ABD'deki tasfiye tesislerinin maliyetlerini araştıran yukarıdaki çalışmalarda elde edilen maliyet değerlerinin ortalamaları ABD tasfiye tesisleri inşaa maliyetleri fiat indeksi kullanılarak 1987 ortalama fiatlarına göre hesap edilmiş ve şekil 4.1, 4.2, 4.3'deki tasfiye maliyeti - proje debisi eğrilerinde gösterilmiştir. İlk tesis maliyetini, senelik maliyetler cinsinden ifade etmek için tesisin faydalı ömrü 25 yıl, faiz yüzdesi % 4,5 olarak seçilmiştir. Bu değerlere karşılık gelen amortisman faktörü 0,06744'dür.

Yatırım Maliyeti, (₺/m³)İşletme ve Bakım Maliyeti, (₺/m³)Proje Debisi, (m³/gün)

Şekil 4.1 Mekanik Tasfiye Tesisi Maliyetleri.

Yatırım Maliyeti, (TL/m^3)İşletme ve Bakım Maliyeti, (TL/m^3)Proje Debisi, ($\text{m}^3/\text{gün}$)

Yatırım Maliyeti, (TL/m^3)İşletme ve Bakım Maliyeti, (TL/m^3)Proje Debisi, ($\text{m}^3/\text{gün}$)

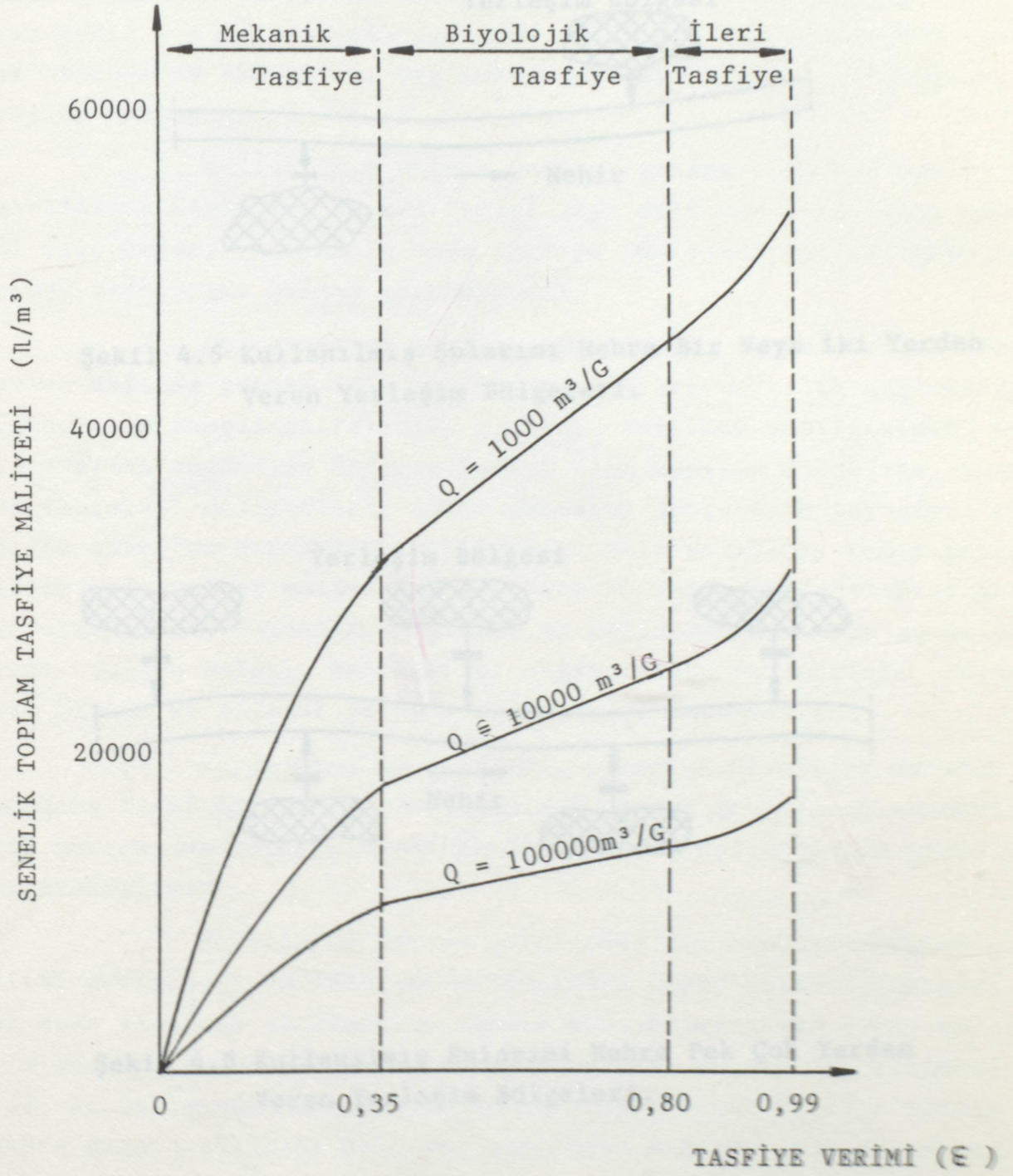
Mekanik tasfiye veriminin % 25 - % 40, damlatmalı filtre tesisleri veriminin % 80, aktif çamur tesislerinin veriminin % 90 civarında olduğu kabul edilmek suretiyle tasfiye verimine bağlı olarak bulunan senelik tasfiye maliyeti eğrileri şekil 4.4'de gösterilmiştir. Eğrilerde % 80 - % 85'lik bir tasfiye veriminden sonra maliyetler büyük bir artış göstermektedir. Mekanik tasfiye verimi ile biyolojik tasfiye verimi arasında ise lineer bir artış gösterdiği şekilden görülmektedir.

4.2 SU KALİTESİ YÖNETİM MODELLERİ

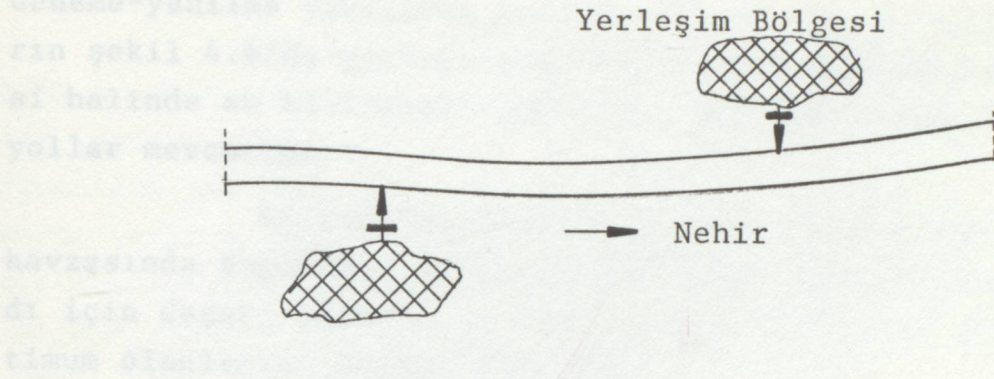
Su kalitesi yönetimi, suyun kalitesi hakkında karar vermeye yarayacak analitik bir modele sahip olmaktadır. Su kalitesi yönetimi modelleri su çevresi ile sosyo ekonomik çevreyi birlikte değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Su kalitesi yönetimi modelinin bileşenlerini kullanılmış su, giriş ve çıkış su kaliteleri, su kaynağının kullanım gayeleri, herbir kullanım gayesi için maliyetleri, faydaları ve bunlar arasındaki ilişkileri ihtiva etmektedir. Bir model oluşturulduktan sonra, bileşenlerdeki değişmelerin su kalitesine ve maliyetine olan tesirleri hesaplanabilip yeni yorumlar getirilebilecektir.

Bir nehir havzasında esas alınan su kalitesine göre, deşarj edilebilecek kirlilik miktarı hesaplanabilir. Mesela çözünmüş oksijen kalite standardı olarak seçilirse, nehirde çözünmüş oksijen öngörülen değer altında olmayacak şekilde deşarj edilebilecek kullanılmış suyun maksimum BOI yükü çözünmüş oksijen eksikliği ifadelerinden hesaplanabilir.

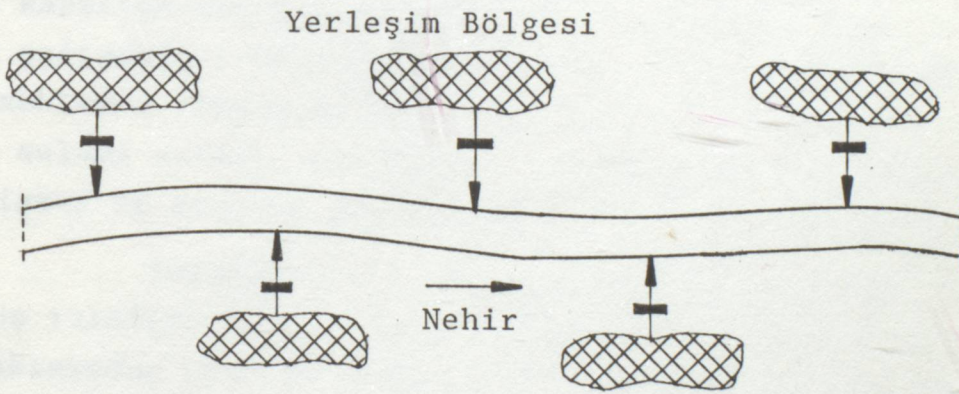
Bir nehir havzasına kullanılmış sular çeşitli şekillerde deşarj edilebilir. Kullanılmış suların şekil 4.5'de gösterildiği gibi nehre bir veya iki noktadan verilmesi halinde, nehirdeki çözünmüş oksijen miktarı yukarıda anlatıldığı gibi kolayca



Şekil 4.4 Senelik Maliyetler-Tasfiye Verimi Grafiği.



Şekil 4.5 Kullanılmış Sularını Nehre Bir Veya İki Yerden Veren Yerleşim Bölgeleri.



Şekil 4.6 Kullanılmış Sularını Nehre Pek Çok Yerden Veren Yerleşim Bölgeleri.

deneme-yanılma yapılarak hesaplanabilir. Ancak kullanılmış suların şekil 4.6'da gösterildiği gibi nehre pek çok yerden verilmesi halinde su kalitesini öngörülen değerde tutmak için çeşitli yollar mevcuttur.

Kullanılmış suları pek çok yerden alan bir nehir havzasında öngörülen su kalitesini veya maksimum faydalanma maksadı için deşarj yerlerinin veya tasfiye tesisleri verimlerinin optimum olanlarını bulmak gerekmektedir.

Optimizasyon şekillerinden biri, su kalitesini öngörülen değerde tutmak için yapılan masraflara karşılık sağlanacak faydaların karşılaştırılarak, oranının maksimum yapılmasıdır. Su kalitesini öngörülen değerde tutmak için yapılan masraflar, tasfiye tesisleri maliyetleri, nehir debisini dengelemek gayesiyle yapılan kabartma-biriktirme yapılarının maliyetlerini, nehir yatağı ıslah çalışmaları maliyetlerini, boru ve kanal maliyetlerini ihtiva etmektedir. Faydalar ise, içme ve kullanma gayesiyle su kullanımı, sulama suları, balıkçılık, taşımacılık, su sporları, turistik hizmet ve estetik görünüş gelirlerini kapsamaktadır.

Faydaların su sporları, turistik hizmet ve estetik görünüş tarafını teşkil eden kısmının paraya çevrilmesi mühendislik bakımından yeterli olmadığından değişik optimizasyon şekilleri aranmalıdır.

Faydaların paraya çevrilmesi zor olmasına rağmen çeşitli seviyedeki su kalitesi maliyetleri hesap edilebilmektedir. Bu esas alınarak oluşturulan ikinci bir optimizasyon şekli belli bir su kalitesine ulaşmak için maliyetlerin en aza indirilmesidir. Bu çalışmada kullanılmış suların aynı yerde tasfiye edilip nehre deşarj edilmesi halinde, öngörülen değerde çözünmüş oksijen olması şartıyla nehir havzasında senelik harcamaları en aza indirmek için tasfiye tesislerinin verimlerinin ne olması gerek-

tiği hesaplanmıştır.

Eroğlu (1) tarafından yapılan çalışmada nehirde öngörülen değerde znmş oksijen standardını karşılayacak şekilde tasfiye tesislerinin maliyetlerini en aza indiren bir lineer proğramlama modeli geliştirilmiştir. Ayrıca nehir havzasındaki tasfiye tesislerinin verimlerinin eşit olması halinde optimum verimin hesaplanmasında kullanılacak bir dinamik proğramlama tekniği ve verimlerin eşit olmaması halinde kullanılacak eğim, tesir ve oran metodu tekniklerini geliştirmiştir. Bu tekniklerin hepsini Bykmenderes Nehri Havzası'na uygulanmıştır.

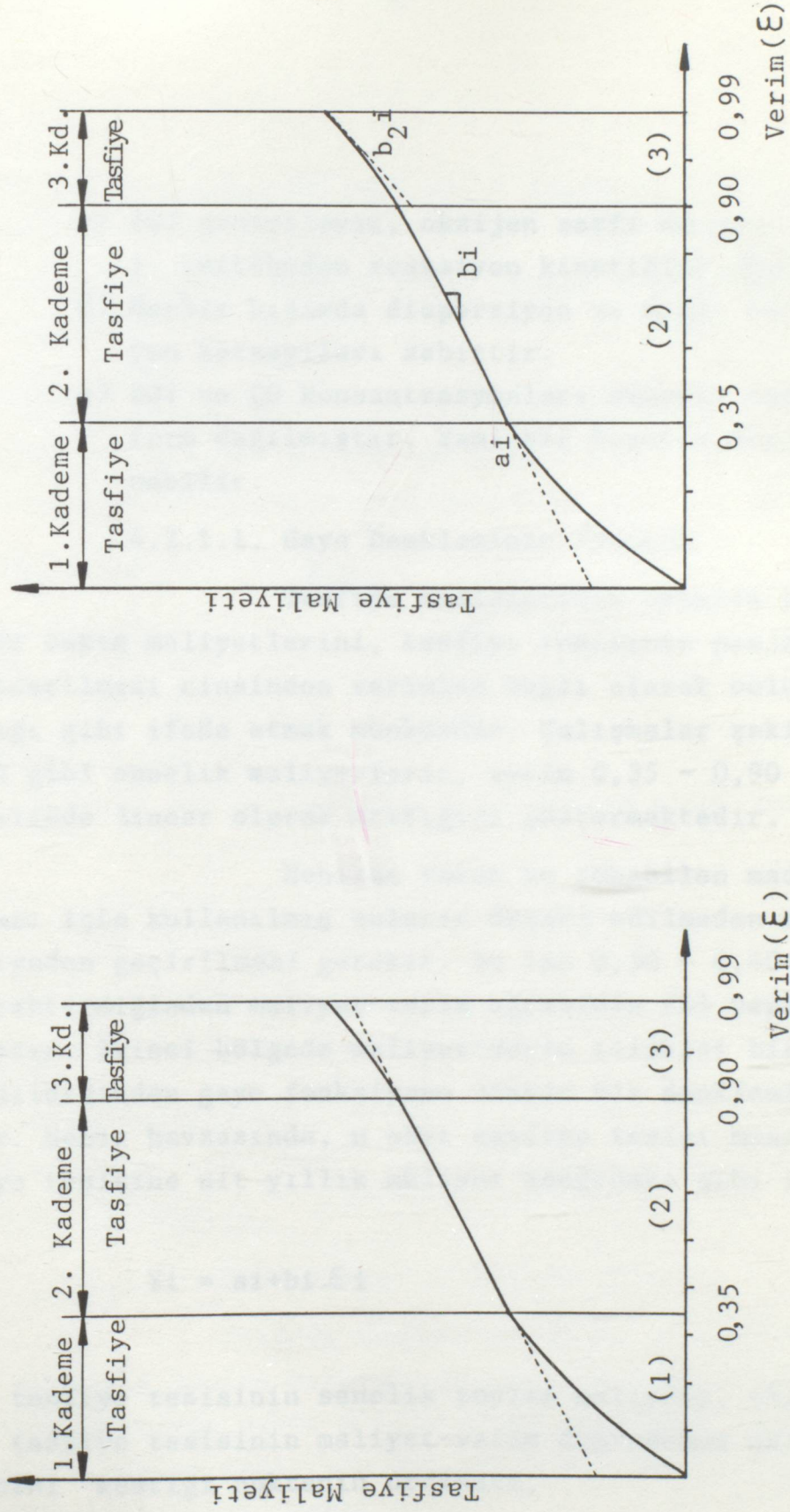
Bu alışmada Eroğlu tarafından geliştirilen lineer proğramlama, dinamik proğramlama, eğim metodu, tesir metodu ve oran metodu optimizasyon modeli teknikleri Gediz Nehri Havzasına uygulanmıştır.

4.2.1 Lineer Proğramlama İle Su Kalitesinin Optimizasyonu-----

Su kalitesi kontrolünde en etkili yöntem kirliliğin tasfiye tesisleri ile giderilmesidir. Bir nehre pekçok noktadan kullanılmış su verilmesi halinde öngörülen su kalitesi standardını sağlamak için hangi oranda tasfiye yapılmasının gerekeceği bu gayeyle yapılacak masrafların enaz olması gerektiğini araştırmak tabiidir. Bu problemi, lineer proğramlama, gaye denkleminin ve tahdid denklemlerinin lineer olması halinde neticelen- dirilebilen bir optimizasyon tekniğidir.

Bu maksatla nehir havzası şitli kısımlara bölünür. zm için bazı kabuller yapılmıştır. Bunlar:

- a) Nehir havzası "n" adet kısma parçalanır.
- b) Herbir nehir kısmında derinlik, hız ve enkesit alanı sabittir.



Şekil 4.7 Tasfiye Maliyeti - Verim Bağlantısı,

- c) BOI giderilmesi, oksijen sarfı ve havalanma 1. mertebeden reaksiyon kinetiğine uymaktadır.
- d) Herbir kısımda dispersiyon ve diğer bütün reaksiyon katsayıları sabittir.
- e) BOI ve ÇO konsantrasyonları enkesit boyunca üniform dağılmıştır. Yani bir boyutlu analiz uygulanabilir.

4.2.1.1. Gaye Denkleminin İfadesi

Tasfiye tesislerinin senelik yatırım, işletme ve bakım maliyetlerini, tasfiye tesisinin proje debisi ve BOI giderilmesi cinsinden verimine bağlı olarak bölüm 3'de anlatıldığı gibi ifade etmek mümkündür. Çalışmalar şekil 4.7'de görüldüğü gibi senelik maliyetlerin, verim 0,35 - 0,90 arasında olması halinde lineer olarak arttığını göstermektedir.

Nehirde yüzen ve çökebilene maddelerin bulunmaması için kullanılmış suların deşarj edilmeden önce mekanik tasfiyeden geçirilmesi gerekir. Bu ise 0,30 - 0,40'lık bir verim gerektirdiğinden maliyet-verim eğrisinin (2.) veya (3.) bölgesi esastır. İkinci bölgede maliyet-verim ilişkisi bir doğru ile ifade edildiğinden gaye fonksiyonu lineer bir denklemle gösterilebilir. Nehir havzasında, n adet tasfiye tesisi mevcut ise, i. tasfiye tesisine ait yıllık maliyet aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$Y_i = a_i + b_i \cdot E_i \quad (4.1)$$

Burada:

- Y_i : i. tasfiye tesisinin senelik toplam maliyeti, (TL/yıl)
- a_i : i. tasfiye tesisinin maliyet-verim doğrusunun maliyet eksenini kestiği noktanın ordinatı,

- b_i : i . tasfiye tesisinin maliyet-verim doğrusunun eğimi,
- ϵ_i : i . tasfiye tesisinin BOI giderilmesi cinsinden verimi,

O halde nehir havzasındaki toplam senelik tasfiye maliyeti;

$$M = (a_1 + b_1 \epsilon_1) + (a_2 + b_2 \epsilon_2) + \dots + (a_n + b_n \epsilon_n) \quad (4.2)$$

şeklinde ifade edilebilir. a_i 'ler sabit değerler olup çözümün neticesine tesir etmeyeceği için gaye denklemi yeniden düzenlenirse;

$$M = b_1 \epsilon_1 + b_2 \epsilon_2 + \dots + b_n \epsilon_n \quad (4.3)$$

halinde veya kısaca:

$$M = \sum_{i=1}^n b_i \epsilon_i \quad (4.4)$$

şeklinde ifade edilebilir.

Maliyet verim eğrisinde 2.bölgede, ϵ_i 'ler için tahditler:

$$\begin{aligned} \epsilon_i &\geq 0,35 \\ \epsilon_i &\geq 0,90 \end{aligned} \quad (i = 1, 2, 3, \dots, n)$$

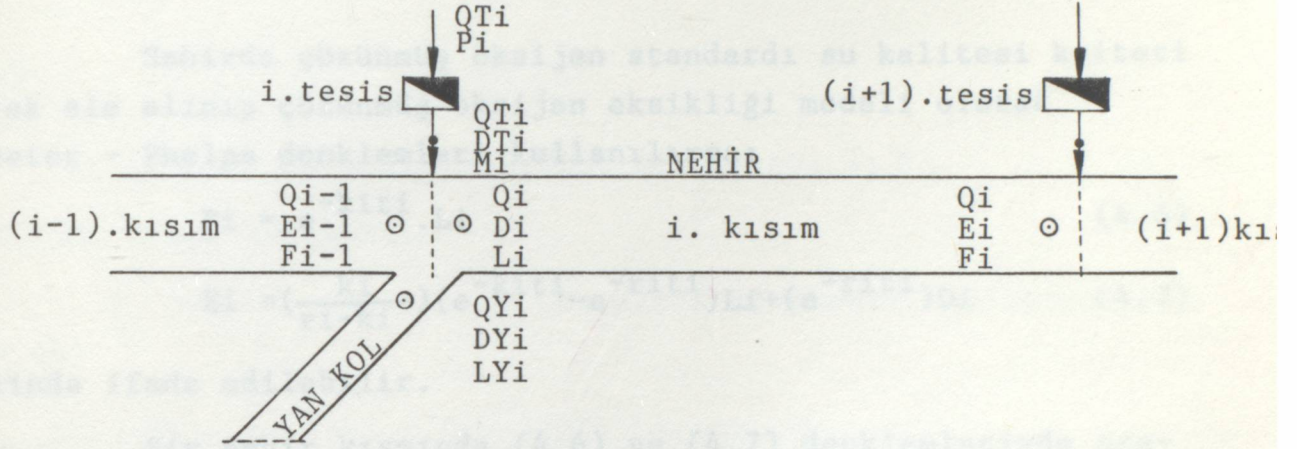
olmalıdır. Bu tahditlerin sağlanması şartıyla ele alınan gaye fonksiyonu minimum yapılmak istendiğinden;

$$\begin{array}{l} \text{Minimum Yapılacak} \\ \text{Gaye Fonksiyonu} \end{array} \quad Z = \sum_{i=1}^n b_i \epsilon_i \quad (4.5)$$

şeklinde ifade edilebilir.

4.2.1.2 Tahdid Denklemlerinin İfadesi

Nehirde öngörülen kalite standartlarının aşılmaması şartıyla toplam maliyeti minimum yapacak verimlerin (ϵ_i) bulunması amacıyla nehir n adet kısma ayrılmış, tasfiye tesisi deşarjları, varsa nehir yan kol girişleri herbir kısma başlangıcı olarak alınmıştır (Şekil 4.8).



Şekil 4.8 Nehrin i. Kısımına Dökülen Yan Kolu ve Tasfiye Tesisleri .

Şekil 4.8'de;

- Q_i : i. kısımda nehir debisi, (m^3/sn).
 - D_i : i. kısımda başlangıçta ÇO eksikliği, (mg/l).
 - L_i : i. kısımda başlangıçta BOI, (mg/l).
 - Q_{Yi} : Yan kolun debisi, (m^3/sn).
 - D_{Yi} : Yan kolun ÇO eksikliği, (mg/l).
 - L_{Yi} : Yan kolun BOI, (mg/l).
 - Q_{Ti} : i. tesislerden deşarj edilen suyun debisi, (m^3/sn).
 - D_{Ti} : i. tesislerden deşarj edilen suyun ÇO eksikliği, (mg/l).
 - M_i : i. tesislerden deşarj edilen suyun BOI'si, (mg/l).
 - E_i : i. kısmın sonunda ÇO eksikliği, (mg/l).
 - F_i : i. kısmın sonunda BOI, (mg/l).
- dir.

Nehirde çözünmüş oksijen standardı su kalitesi kriteri olarak ele alınıp çözünmüş oksijen eksikliği modeli olarak Streeter - Phelps denklemleri kullanılırsa:

$$F_i = e^{-k_i t_i} \cdot L_i \quad (4.6)$$

$$E_i = \left(\frac{k_i}{r_i - k_i} \right) (e^{-k_i t_i} - e^{-r_i t_i}) L_i + (e^{-r_i t_i}) D_i \quad (4.7)$$

şeklinde ifade edilebilir.

Bir nehir kısmında (4.6) ve (4.7) denklemlerinde aşağıdaki terimler sabit olduğundan:

$$h_i = e^{-k_i t_i} \quad (4.8)$$

$$f_i = \left(\frac{k_i}{r_i - k_i} \right) (e^{-k_i t_i} - e^{-r_i t_i}) \quad (4.9)$$

$$g_i = e^{-r_i t_i} \quad (4.10)$$

$$f_i = \left(\frac{k_i}{r_i - k_i} \right) (h_i - g_i) \quad (4.11)$$

şeklinde ifade edilirse, (4.6) ve (4.7) denklemleri:

$$F_i = h_i \cdot L_i \quad (4.12)$$

$$E_i = f_i \cdot L_i + g_i \cdot D_i \quad (4.13)$$

şeklinde düzenlenerek ifade edilebilir.

Debi süreklilik denkleminde faydalanılarak:

$$Q_i = Q_{i-1} + Q_{Yi} + Q_{Ti} \quad (4.14)$$

i. kesitin başındaki, BOI denge denkleminde faydalanılarak:

$$L_i = \frac{Q_{i-1} \cdot L_{i-1} \cdot h_{i-1} + Q_{Yi} \cdot L_{Yi} + Q_{Ti} (1 - E_i) P_i}{Q_i} \quad (4.15)$$

veya :

$$Q_i.L_i = h_{i-1}.Q_{i-1}.L_{i-1} + Q_{Yi}.LY_i + Q_{Ti}.P_i - Q_{Ti}.P_i.\varepsilon_i \quad (4.16)$$

şeklinde ifade edilebilir.

i. kesitin başında ÇO eksikliği denkleminde faydalanılarak da:

$$D_i = \frac{Q_{i-1}(f_{i-1}.L_{i-1} + g_{i-1}.D_{i-1}) + Q_{Yi}.DY_i + Q_{Ti}.DT_i}{Q_i} \quad (4.17)$$

veya :

$$Q_i.D_i = f_{i-1}.Q_{i-1}.L_{i-1} + g_{i-1}.Q_{i-1}.D_{i-1} + Q_{Yi}.DY_i + Q_{Ti}.DT_i \quad (4.18)$$

yazılabilir. (4.16) ve (4.18) denklemlerini düzenlemek maksadıyla aşağıdaki terimler:

$$QL_i = Q_i.L_i$$

$$QD_i = Q_i.D_i$$

$$YL_i = Q_{Yi}.LY_i$$

$$YD_i = Q_{Yi}.DY_i$$

$$TL_i = Q_{Ti}.P_i$$

$$TD_i = Q_{Ti}.DT_i$$

şeklinde kısaltılarak, yeni denklemler:

$$QL_i = h_{i-1}.QL_{i-1} + YL_i + TL_i - TL_i.\varepsilon_i \quad (4.19)$$

$$QD_i = f_{i-1}.QL_{i-1} + g_{i-1}.QD_{i-1} + YD_i + TD_i \quad (4.20)$$

halinde ifade edilebilir.

(4.19) ve (4.20) denklemlerini yeniden düzenlemek için:

$$BL_i = YL_i + TL_i$$

$$BD_i = YD_i + TD_i$$

şeklinde kısaltılarak:

$$QL_i = h_{i-1} \cdot QL_{i-1} + BL_i - TL_i \epsilon_i \quad (4.21)$$

$$QD_i = f_{i-1} \cdot QL_{i-1} + g_{i-1} \cdot QD_{i-1} + BD_i \quad (4.22)$$

denklemleri elde edilir.

Su kalitesi tahdid denklemleri:

$$D_i \leq DA_i \quad (4.23)$$

$$f_i \cdot L_i + g_i \cdot D_i \leq DA_i \quad (4.24)$$

şeklinde ifade edilebilir. Burada:

DA_i : i . kısımda standartlarca müsaade edilen maksimum ÇO eksikliği (mg/l)'dir. (4.23) ve (4.24) denklemleri yeniden düzenlenirse:

$$Q_i \cdot D_i \leq Q_i \cdot DA_i \quad (4.25)$$

$$f_i \cdot Q_i \cdot L_i + g_i \cdot Q_i D_i \leq Q_i \cdot DA_i \quad (4.26)$$

denklemleri elde edilir. Ayrıca:

$$S_i = Q_i \cdot DA_i$$

olarak tarif edilirse tahdid denklemleri:

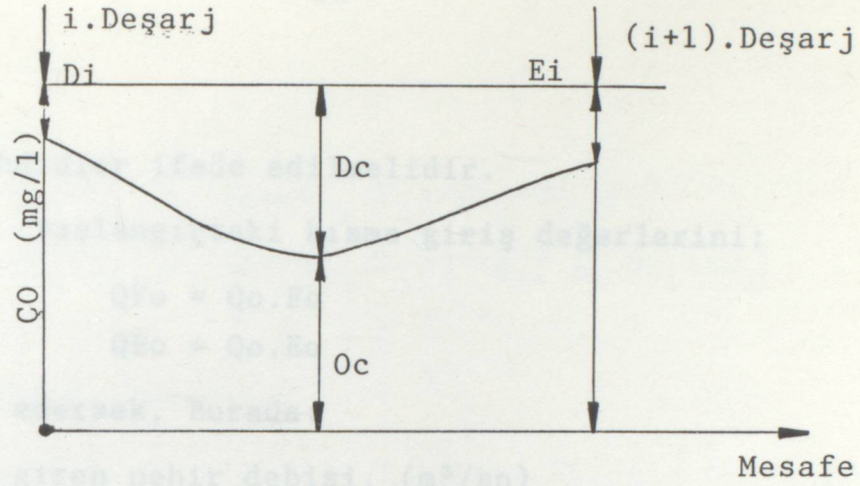
$$f_i \cdot QL_i + g_i \cdot QD_i \leq S_i \quad (i=1,2,\dots,n) \quad (4.27)$$

$$QD_i \leq S_i \quad (4.28)$$

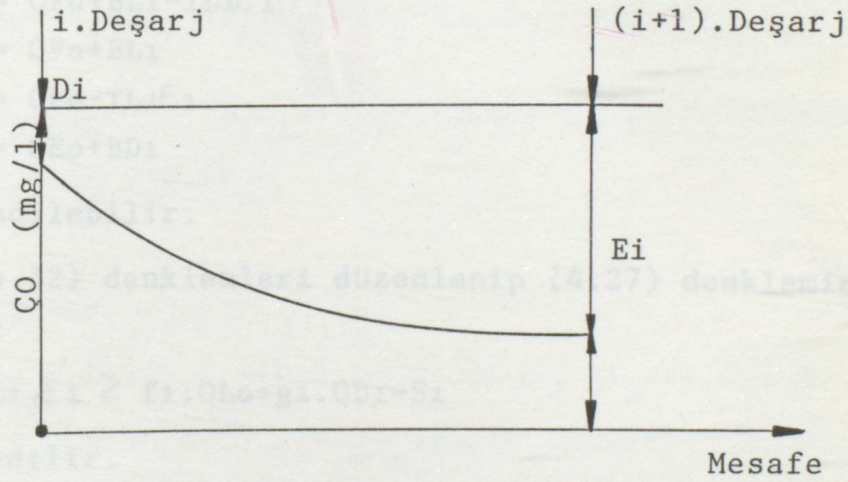
şeklini alır.

Bölüm (2)'de izah edilen çözünmüş oksijen kaşık eğrisinde maksimum eksiklik şekil 4.9a'da görüldüğü gibi o kısım içinde veya şekil 4.9b'de görüldüğü gibi ardışık deşarjlar dolaşısıyla o kısmın sonunda olabilir.

Maksimum çözünmüş oksijen eksikliğinin o kısmın sonunda olması halinde denklem (4.27)'de gösterilen tahdid yeterlidir. Maksimum eksikliğin o kısmın içinde olması halinde ise o kısım daha küçük parçalara ayrılarak o kısım içinde çeşitli ke-



Şekil 4.9a Maksimum ÇO Eksikliğinin O Kısım İçinde Olması Hali.



Şekil 4.9b Maksimum ÇO Eksikliğinin O Kısım Sonunda Olması Hali.

sitler için tahdidler ifade edilmelidir.

Başlangıçtaki kısma giriş değerlerini:

$$Q_{Fo} = Q_o \cdot F_o$$

$$Q_{Eo} = Q_o \cdot E_o$$

şeklinde ifade edersek, Burada:

- Q_o : 1. kısma giren nehir debisi, (m^3/sn)
- F_o : 1. kısma girensuyun karışmadan hemen önce BOI, (mg/l)
- E_o : 1. kısma giren suyun karışmadan hemen önce ÇO eksikliği, (mg/l)

Şimdi tahdidleri her nehir kısmı için ayrı ayrı ifade edersek:

1. Nehir Kısmı İçin Tahdidlerin İfadesi:

1. kısımda denge denklemleri (4.21) ve (4.22) denklemlerinden faydalanarak:

$$Q_{L1} = Q_{Fo} + B_{L1} - T_{L1} \cdot \epsilon_1 \quad (4.29)$$

$$Q_{Lo} = Q_{Fo} + B_{L1} \quad (4.30)$$

$$Q_{L1} = Q_{Lo} - T_{L1} \cdot \epsilon_1 \quad (4.31)$$

$$Q_{D1} = Q_{Eo} + B_{D1} \quad (4.32)$$

halinde ifade edilebilir.

(4.31) ve (4.32) denklemleri düzenlenip (4.27) denkleminde yerine konulursa:

$$f_1 \cdot T_{L1} \cdot \epsilon_1 \geq f_1 \cdot Q_{Lo} + g_1 \cdot Q_{D1} - S_1 \quad (4.33)$$

denklemini elde edilir.

2. Nehir Kısmı İçin Tahdidlerin İfadesi:

1. kısma benzer şekilde, 2. kısım denge denklemleri:

$$Q_{L2} = h_1 \cdot Q_{L1} + B_{L2} - T_{L2} \cdot \epsilon_2$$

$$Q_{D2} = f_1 \cdot Q_{L1} + g_1 \cdot Q_{D1} + B_{D2}$$

$$f_2 \cdot QL_2 = f_2 [h_1 (QL_0 - TL_1 \cdot \epsilon_1) + BL_2 - TL_2 \cdot \epsilon_2]$$

$$g_2 \cdot QD_2 = g_2 [f_1 (QL_0 - TL_1 \cdot \epsilon_1)] + g_2 [g_1 \cdot QD_1 + BD_2]$$

yazılabilir.

Böylece tahdidler:

$$(h_1 f_2 + g_2 f_1) TL_1 \epsilon_1 + f_2 TL_2 \epsilon_2 \geq (h_1 f_2 + g_2 f_1) QL_0 + f_2 BL_2 + g_2 g_1 QD_1 + g_2 BD_2 - S_2$$

(4.34)

denklemini şeklinde elde edilir.

3. Nehir Kısmı İçin Tahdidlerin İfadesi:

Önceki kısımlara benzer şekilde:

$$QL_3 = h_2 \cdot QL_2 + BL_3 - TL_3 \cdot \epsilon_3$$

$$QD_3 = f_2 \cdot QL_2 + g_2 QD_2 + BD_3$$

$$f_3 QL_3 = f_3 [h_2 [h_1 (QL_0 - TL_1 \cdot \epsilon_1) + BL_2 - TL_2 \cdot \epsilon_2] + BL_3 - TL_3 \cdot \epsilon_3]$$

$$g_3 QD_3 = g_3 [f_2 [h_1 (QL_0 - TL_1 \cdot \epsilon_1) + BL_2 - TL_2 \cdot \epsilon_2]] + g_3 [g_2 [f_1 (QL_0 - TL_1 \cdot \epsilon_1) + g_1 QD_1 + BD_2]] + g_3 BD_3$$

yazılabilir.

Böylece tahdidler:

$$(h_1 h_2 f_3 + h_1 g_3 f_2 + g_3 g_2 f_1) TL_1 \epsilon_1 + (h_2 f_3 + g_3 f_2) TL_2 \epsilon_2 + f_3 (TL_3 \epsilon_3) \geq$$

$$(h_1 h_2 f_3 + h_1 g_3 f_2 + g_3 g_2 f_1) QL_0 + (h_2 f_3 + g_3 f_2) BL_2 + f_3 (BL_3) + g_3 g_2 g_1 QD_1$$

$$+ g_3 g_2 BD_2 + g_3 BD_3 - S_3$$

(4.35)

denklemini şeklinde elde edilir.

(4.35) denkleminde parantez içindeki terimler yeniden düzen-

lenip $AO(\dot{I},J)$ matrisinin elemanları şeklinde ifade edilirse:

$$AO(3,1)TL_1E_1 + AO(3,2)TL_2E_2 + AO(3,3)TL_3E_3 \geq AO(3,1)QLO + AO(3,2)BL_2 + AO(3,3)BL_3 + PIG(3)QD_1 + \frac{PIG(3)}{PIG(1)}BD_2 + \frac{PIG(3)}{PIG(2)}BD_3 - S_3 \quad (4.36)$$

denklemini halinde yazılabilir.

Burada:

$$PIG(N) = g_n \cdot \dots \cdot g_3 \cdot g_2 \cdot g_1 \quad (4.37)$$

çarpımı ifade etmektedir.

4. Nehir Kısmı İçin Tahditlerin İfadesi:

Önceki kısımlara benzer şekilde:

$$QL_4 = h_3 \cdot QL_3 + BL_4 - TL_4 \cdot E_4$$

$$QD_4 = f_3 \cdot QL_3 + g_3 \cdot QD_3 + BD_4$$

$$f_4 \cdot QL_4 = f_4 [h_3 [h_2 [h_1 (QLO - TL_1 E_1) + BL_2 - TL_2 E_2] + BL_3 - TL_3 E_3] + BL_4 - TL_4 E_4]$$

$$g_4 \cdot QD_4 = g_4 [f_3 [h_2 [h_1 (QLO - TL_1 E_1) + BL_2 - TL_2 E_2] + BL_3 - TL_3 E_3]]$$

$$+ g_4 [g_3 [f_2 [h_1 (QLO - TL_1 E_1) + BL_2 - TL_2 E_2]]] +$$

$$g_4 [g_3 [g_2 [f_1 (QLO - TL_1 E_1) + g_1 \cdot QD_1 + BD_2]]] + \dots$$

$$g_4 (g_3 \cdot BD_3) + g_4 (BD_4)$$

yazılabilir.

Böylece tahditler:

$$(h_1 h_2 h_3 f_4 + h_1 h_2 g_4 f_3 + h_1 g_4 g_3 f_2 + g_4 g_3 g_2 f_1) TL_1 E_1 + (h_2 h_3 f_4 + h_2 g_4 f_3 + g_4 g_3 f_2) TL_2 E_2 + (h_3 f_4 + g_4 f_3) TL_3 E_3 + (f_4) TL_4 E_4 \geq (h_1 h_2 h_3 f_4 + h_1 h_2 g_4 f_3 + h_1 g_4 g_3 f_2 + g_4 g_3 g_2 f_1) QLO + (h_2 h_3 f_4 + h_2 g_4 f_3 + g_4 g_3 f_2) BL_2 + (h_3 f_4 + g_4 f_3) BL_3 + (f_4) BL_4 + g_4 g_3 g_2 g_1 QD_1 + g_4 g_3 g_2 BD_2 + g_4 g_3 BD_3 + g_4 BD_4 - S_4 \quad (4.38)$$

denklemini şeklinde elde edilir.

(4.38) denklemi $AO(\dot{I}, J)$ matrisi notasyonu ile:

$$\begin{aligned} & AO(4,1)TL_1E_1 + AO(4,2)TL_2E_2 + AO(4,3)TL_3E_3 + AO(4,4)TL_4E_4 \geq \\ & AO(4,1)QLo + AO(4,2)BL_2 + AO(4,3)BL_3 + AO(4,4)BL_4 + PIG(4) \cdot QD_1 + \\ & \frac{PIG(4)}{PIG(1)} BD_2 + \frac{PIG(4)}{PIG(2)} BD_3 + \frac{PIG(4)}{PIG(3)} BD_4 - S_4 \end{aligned} \quad (4.39)$$

denklemini halinde yazılabilir.

Denklemlerden anlaşıldığı gibi kısım sayılarının artmasıyla ifadeler uzun ve karmaşık bir hal almaktadır. Çok fazla kısım olması halinde bunları ifade edebilmek ve hatasız hesaplamak çok zordur.

(4.33), (4.34), (4.35) ve (4.38) denklemleri incelendiğinde ardışık denklemlerin belli bir temayül gösterdiği fark edilebilir. Bu temayülden yararlanarak herhangi bir i . kısımda tahdidleri yazmak mümkündür. İfadelerdeki $TLiE_i$ 'nin katsayıları $AO(J, \dot{I})$ şeklinde gösterilirse:

$$\begin{aligned} & AO(1,1)TL_1E_1 \geq AO(1,1)QLo + G(1)QD_1 - S_1 \\ & AO(2,1)TL_1E_1 + AO(2,2)TL_2E_2 \geq AO(2,1)QLo + F(2)BL_2 + \\ & \quad G(2)G(1)QD_1 + G(2)BD_2 - S_2 \\ & AO(3,1)TL_1E_1 + AO(3,2)TL_2E_2 + AO(3,3)TL_3E_3 \geq AO(3,1)QLo + \\ & AO(3,2)BL_2 + AO(3,3)BL_3 + PIG(3)QD_1 + PIG(3)/PIG(1)BD_2 + \\ & PIG(3)/PIG(2)BD_3 - S_3 \\ & \dots\dots\dots \\ & AO(N,1)TL_1E_1 + AO(N,2)TL_2E_2 + \dots\dots + AO(N,N)TL_nE_n \geq \\ & AO(N,1)QLo + AO(N,2)BL_2 + \dots\dots + AO(N,N)BL_n + PIG(N)QD_1 + \\ & PIG(N)/PIG(1)BD_2 + PIG(N)/PIG(2)BD_3 + \dots + PIG(N)/PIG(N-1) \\ & BD_n - S_n \end{aligned} \quad (4.40)$$

olarak yazılabilir.

Ayrıca:

$$AO(J, \dot{I}) = AO(J, \dot{I})TL_i \quad (4.41)$$

yazılıp, sağ taraftaki elemanlar $B(J)$ ile gösterilirse:

$$A(1,1) \varepsilon_1 \geq B(1)$$

$$A(2,1) \varepsilon_1 + A(2,2) \varepsilon_2 \geq B(2)$$

$$A(3,1) \varepsilon_1 + A(3,2) \varepsilon_2 + A(3,3) \varepsilon_3 \geq B(3)$$

.....

$$A(N,1) \varepsilon_1 + A(N,2) \varepsilon_2 + \dots + A(N,N) \varepsilon_n \geq B(N) \quad (4.42)$$

elde edilebilir.

Burada:

- N : Nehire ait kısım sayısını,
göstermektedir.

Gayemiz $A(J, I)$ ve $B(J)$ matris elemanlarını hesaplamaktır. (4.33)'den (4.39)'a kadarki denklemlerden faydalanılarak matrisin elemanları aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$AO(1,1) = f_1$$

$$AO(2,1) = AO(1,1)g_2 + h_1 f_2$$

$$AO(3,1) = AO(2,1)g_3 + h_1 h_2 f_3$$

.....

$$AO(N,1) = AO(N-1,1)g_n + h_1 h_2 h_3 \dots h_{n-1} f_n$$

$$AO(2,2) = f_2$$

$$AO(3,2) = AO(2,2)g_3 + h_2 f_3$$

$$AO(4,2) = AO(3,2)g_4 + h_2h_3f_4$$

$$\dots\dots\dots$$

$$AO(N,2) = AO(N-1,2)g_n + h_2h_3\dots\dots h_{n-2}f_n$$

$$AO(3,3) = f_3$$

$$AO(4,3) = AO(3,3)g_4 + h_3f_4$$

$$AO(5,3) = AO(4,3)g_5 + h_3h_4f_5$$

$$\dots\dots\dots$$

$$AO(N,3) = AO(N-1,3)g_n + h_3h_4\dots\dots h_{n-3}f_n$$

$$\dots\dots\dots$$

$$AO(N,N) = f_n$$

1. sütun elemanları kısaca şöyle yazılabilir:

$$AO(J,I) = AO(J-1,I)g_j + \left[\prod_{k=1}^{I-1} h_k \right] f_j \quad (j=1,2,3,\dots,N)$$

$AO(J,I)$ elemanlarını $I \geq 1$ şartıyla hesaplamak için:

$$PIG(1) = G(1) = g_1$$

$$PIH(1) = H(1) = h_1$$

$$JE = I-1$$

eşitlikleri yardımıyla:

$$PIG(I) = PIG(IE).G(I)$$

$$PIH(I) = PIH(IE).H(I) \quad (I=1,2,3,\dots,N)$$

$$JE = J-1$$

olmak üzere en genel halde:

$$AO(J,I) = G(J).AO(JE,1) + F(J) \frac{PIH(JE)}{PIH(IE)} \quad (4.43)$$

$$I = 1, 2, 3, \dots, N$$

$$J = 2, 3, 4, \dots, JE$$

halinde yazılabilir.

$A(J, I)$ matris elemanları (3.41) denkleminde hesaplanabilir. $AO(J, I)$ 'lerde bilindiği için $B(J)$ 'ler:

$$\begin{aligned} B(J) = & AO(J, 1)QLO + AO(J, 2)BL_2 + \dots + AO(J, J)BL_j + PIG(J)QD_1 \\ & + PIG(3)/PIG(1)BD_2 + PIG(3)/PIG(2)BD_3 + \dots + \\ & PIG(J)/PIG(JE)BD_j - S_j \end{aligned} \quad (4.44)$$

halinde hesaplanabilir.

Katsayılar matrisinin teşkili ve matris elemanlarının hesaplanması için bir program, Ek(4.1)'de bu programın akım şemasında şekil 4.10'da sunulmuştur.

Denklemler toplu halde ifade edilirse; minimum yapılacak gaye denklemi ifadesi:

$$M = \sum_{i=1}^n b_i E_i$$

Tahdid denklemleri ifadesi:

$$A_{11} E_1 \geq B_1$$

$$A_{21} E_1 + A_{22} E_2 \geq B_2$$

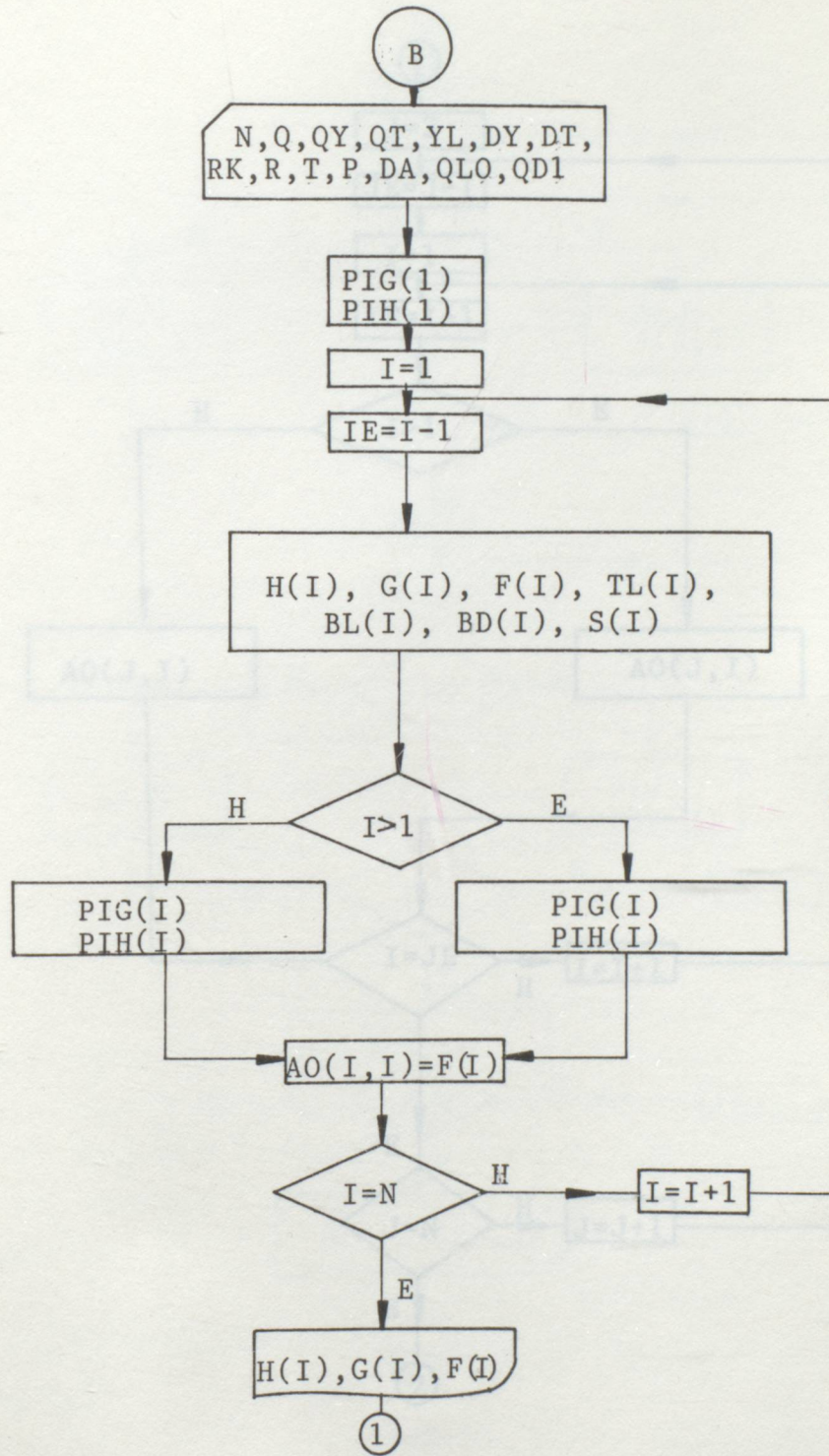
$$A_{31} E_1 + A_{32} E_2 + A_{33} E_3 \geq B_3$$

$$\vdots$$

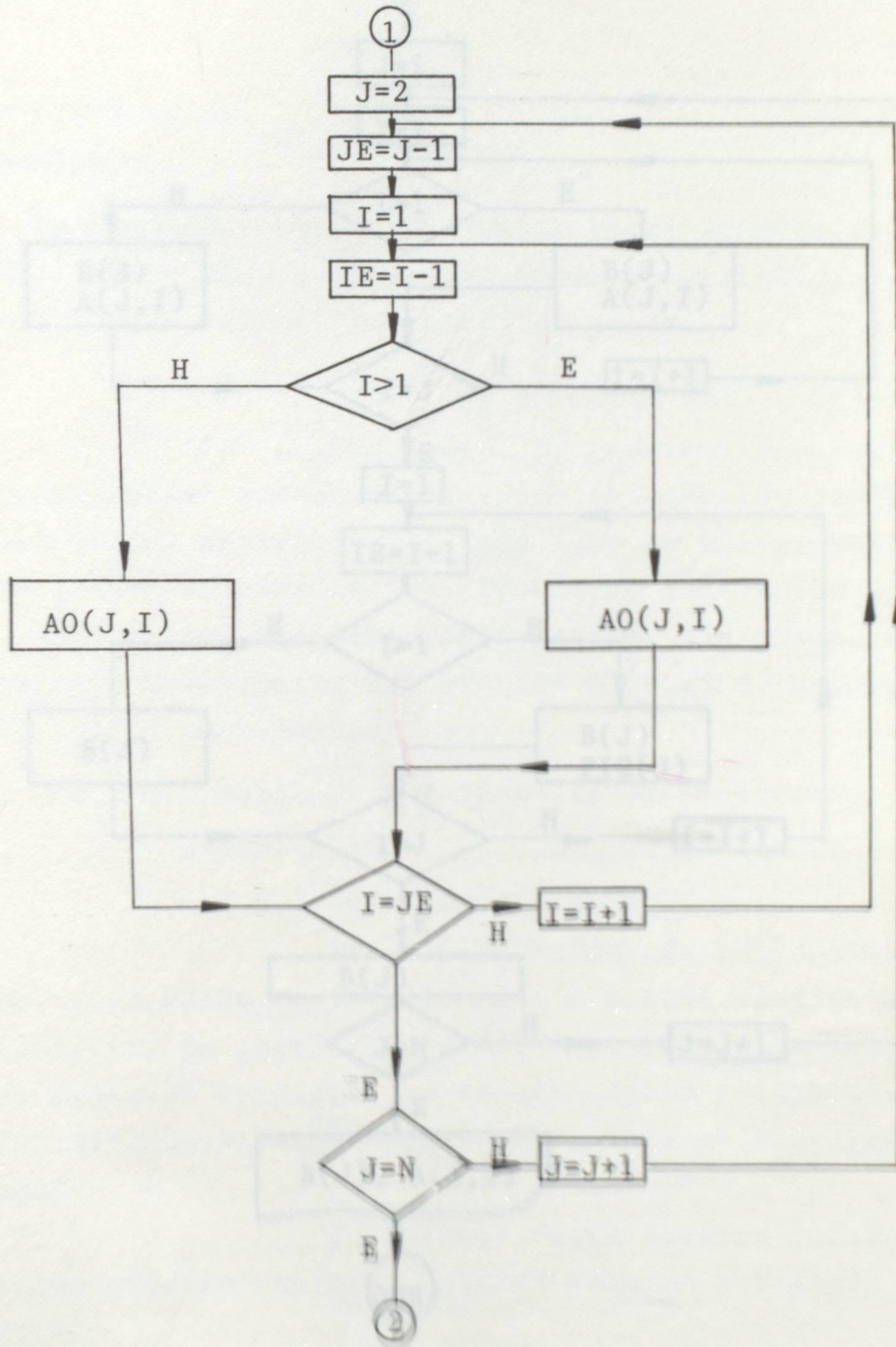
$$A_{n1} E_1 + A_{n2} E_2 + \dots + A_{nm} E_n \geq B_n$$

$$E_i \geq 0, 35$$

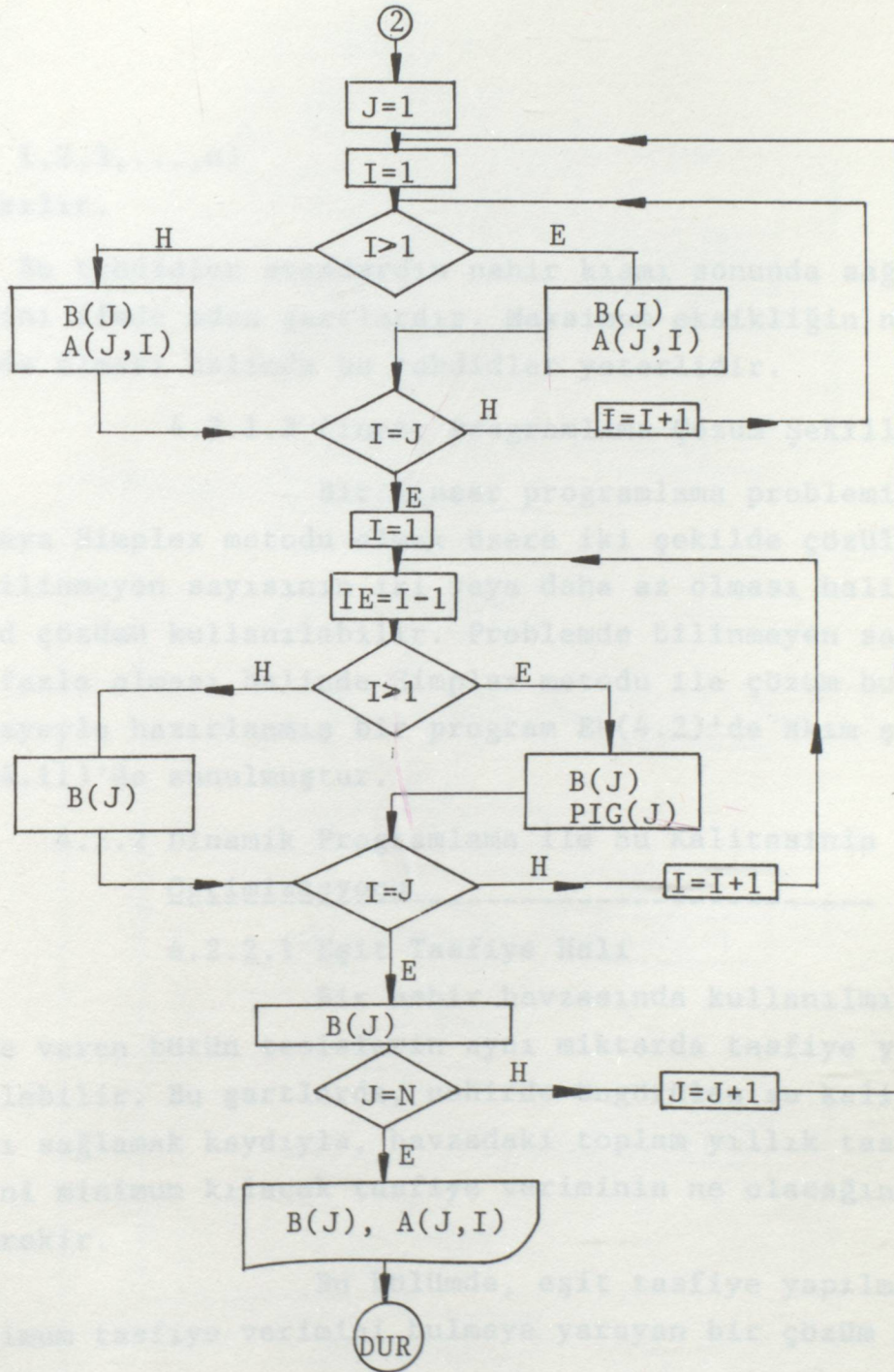
$$E_i \geq 0, 90$$



Şekil 4.10 Tahdit Denklemleri Programı: Akım Şeması.



Şekil 4,10'un devamı.



Şekil-4.10 'un devamı.

($i = 1, 2, 3, \dots, n$)

şeklinde yazılır.

Bu tahdidler standardın nehir kısmı sonunda sağlanması gerektiğini ifade eden şartlardır. Maksimum eksikliğin nehir kısmı sonunda olması halinde bu tahdidler yeterlidir.

4.2.1.3 Lineer Programlama Çözüm Şekilleri

Bir lineer programlama problemi grafik metod veya Simplex metodu olmak üzere iki şekilde çözülebilir. Problemden bilinmeyen sayısının iki veya daha az olması halinde grafik metod çözümü kullanılabilir. Problemden bilinmeyen sayısının ikiden fazla olması halinde Simplex metodu ile çözüm bulunabilir. Bu gayeyle hazırlanmış bir program Ek(4.2)'de akım şeması ise Şekil (4.11)'de sunulmuştur.

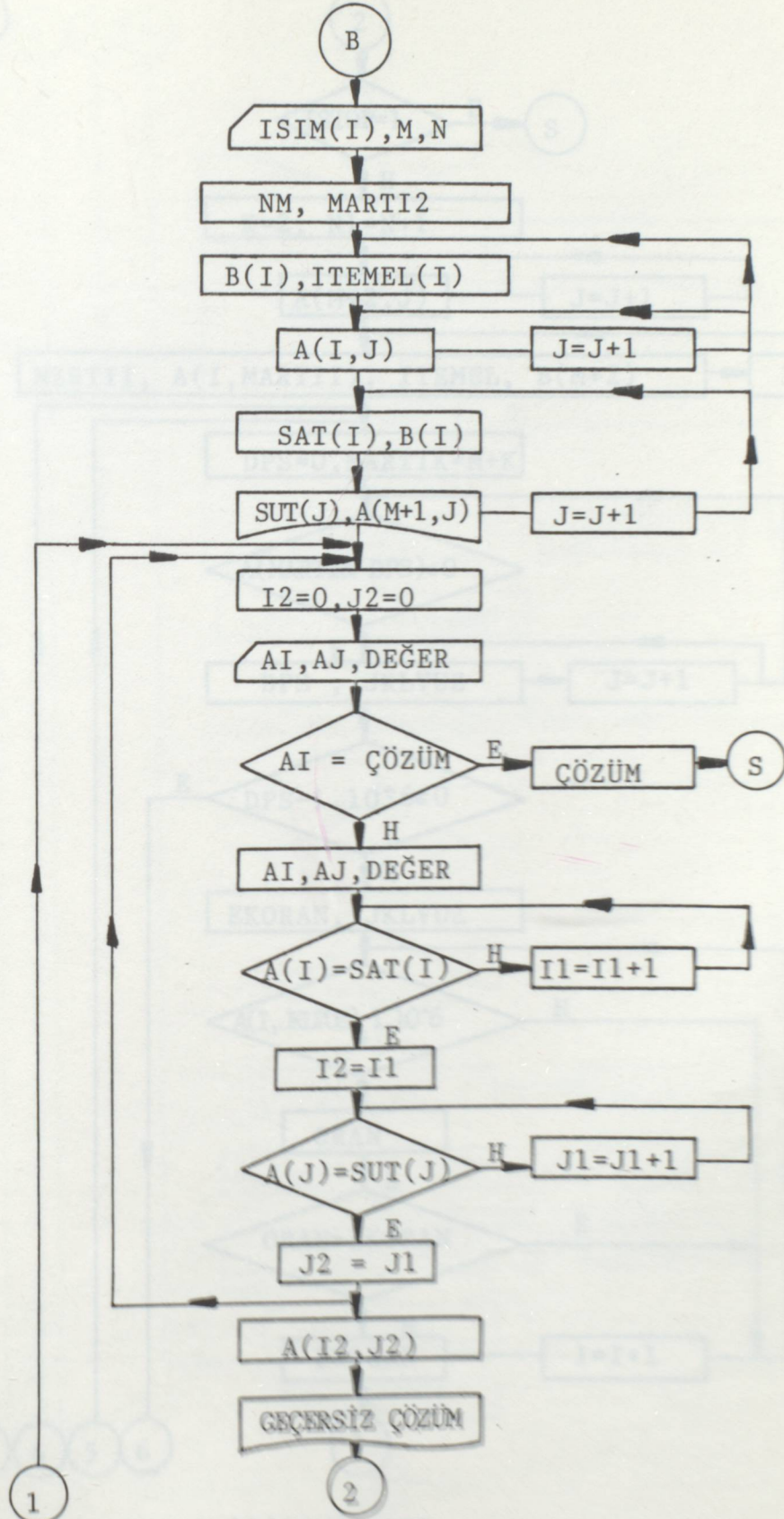
4.2.2 Dinamik Programlama İle Su Kalitesinin Optimizasyonu

4.2.2.1 Eşit Tasfiye Hali

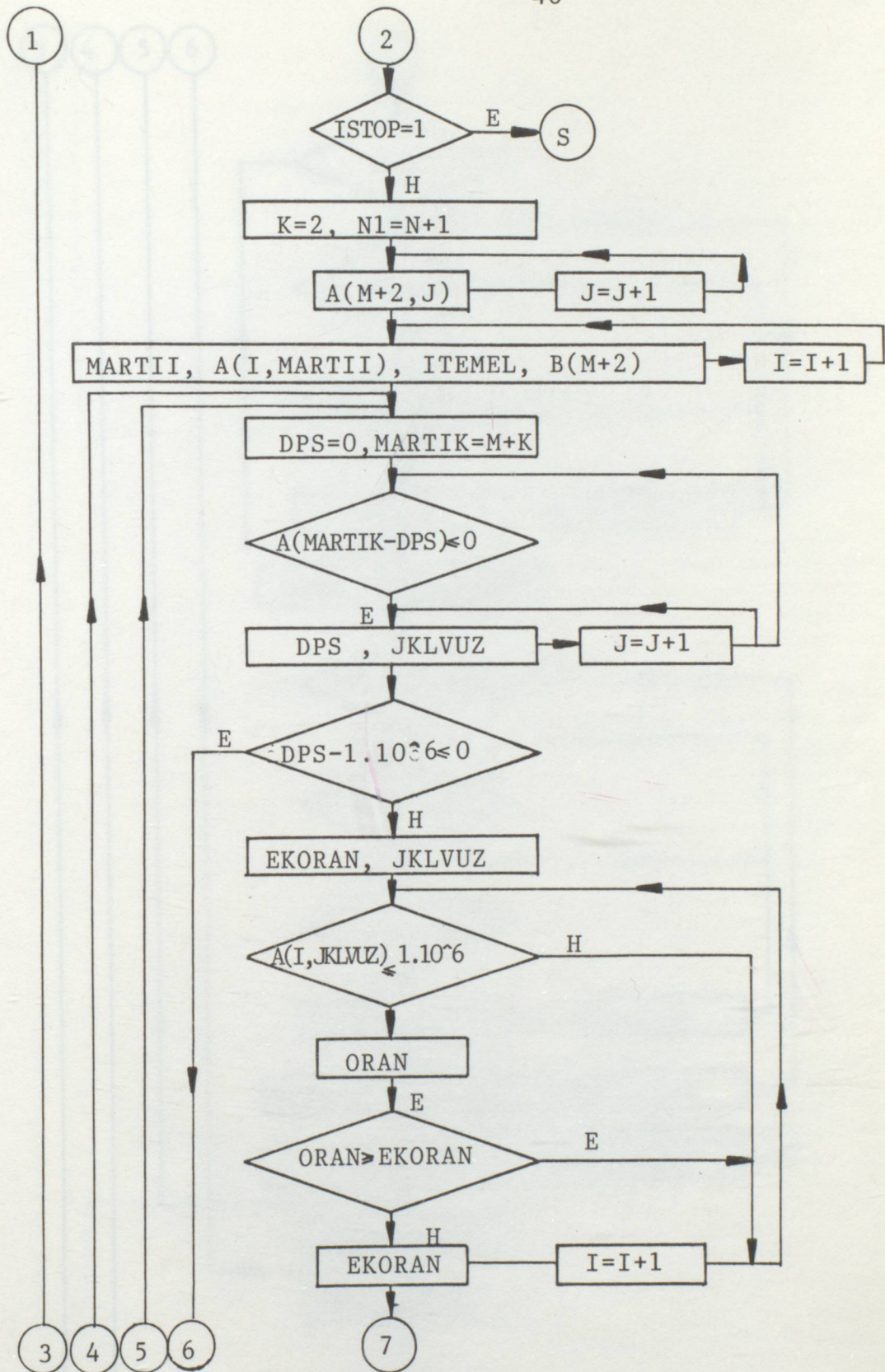
Bir nehir havzasında kullanılmış sularını nehre veren bütün tesislerin aynı miktarda tasfiye yapımları istenilebilir. Bu şartlarda, nehirde öngörülen su kalitesi standartları sağlamak kaydıyla, havzadaki toplam yıllık tasfiye maliyetlerini minimum kılacak tasfiye veriminin ne olacağını hesaplamak gerekir.

Bu bölümde, eşit tasfiye yapılması halinde optimum tasfiye verimini bulmaya yarayan bir çözüm metodu sunulmuştur.

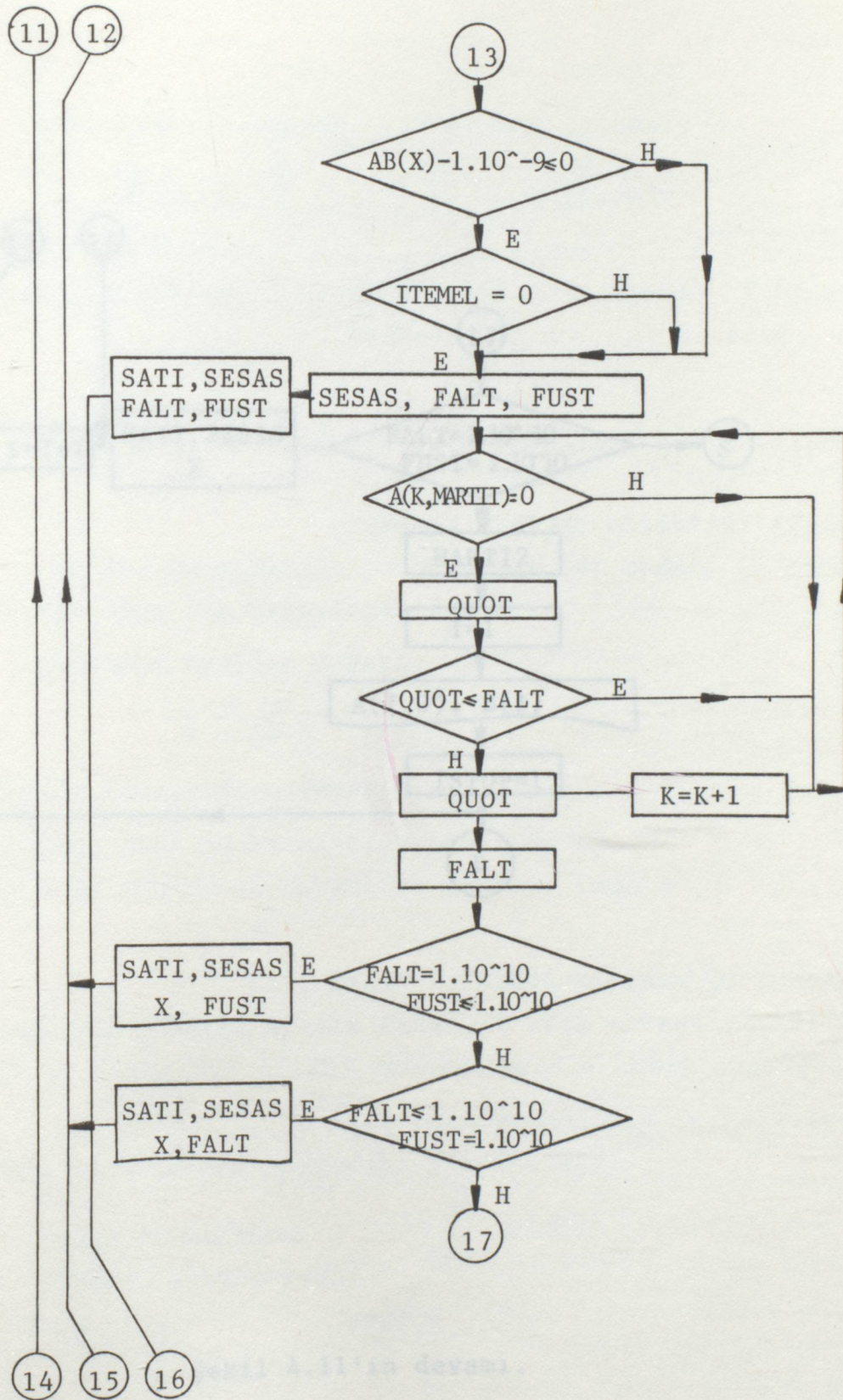
Şekil (4.12)'de görüldüğü gibi nehir ilk tesisin deşarj noktasından başlanarak mansaba kadar bölümlere ayrılmıştır. Yan kolların olması halinde bunların o kısmın üst kesitinden nehre döküldüğü kabul edilmiştir.



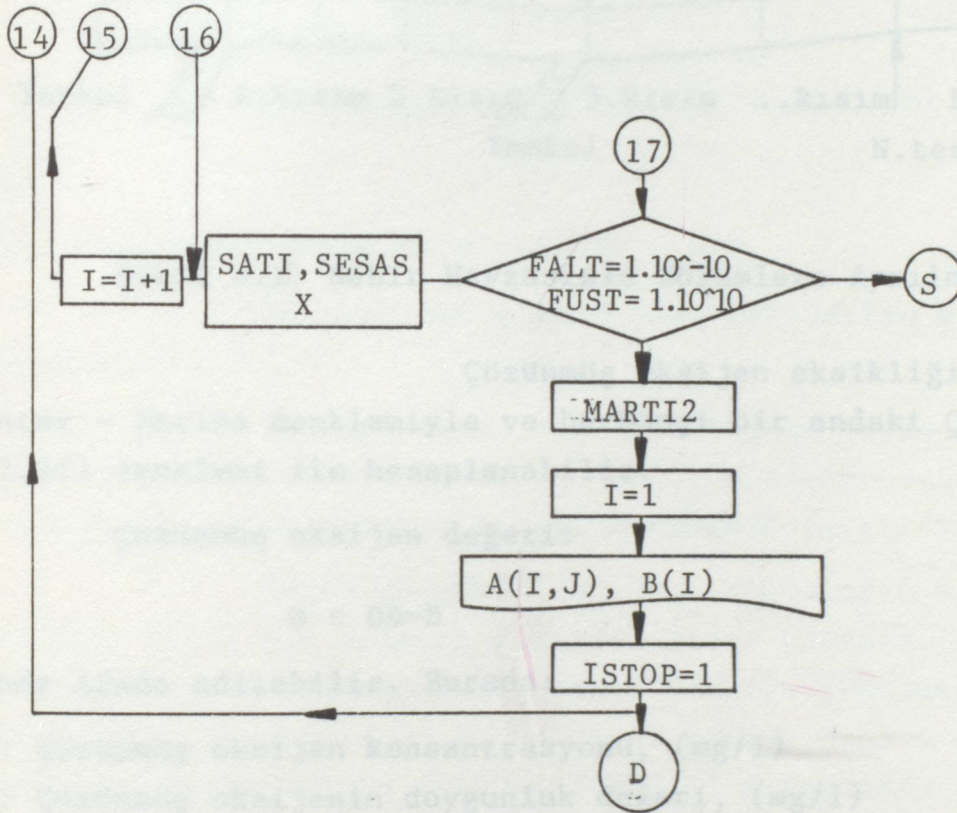
Şekil 4.11 Lineer Programlama Metodu Akım Şeması.



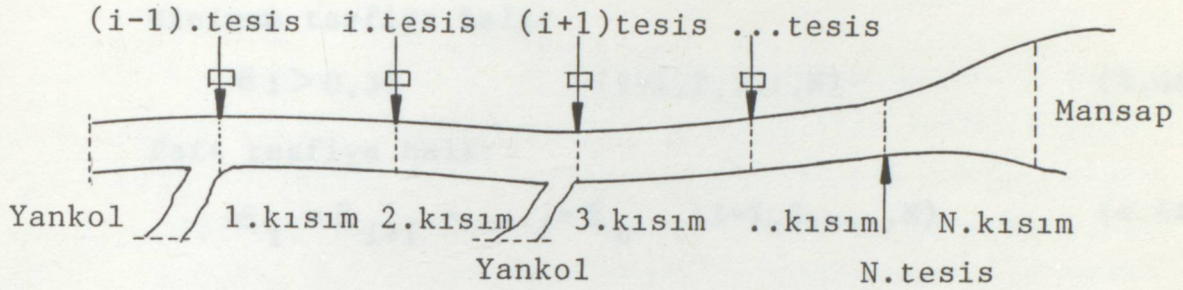
Şekil 4.11'in devamı.



Şekil 4.11'in devamı.



Şekil 4.11'in devamı.



Şekil 4.12 Nehir Havzasının Bölümlere Ayrılması,

Çözünmüş Oksijen eksikliği ifadesi

Streeter - Phelps denklemiyle ve herhangi bir andaki ÇO eksikliği (2.27) denklemi ile hesaplanabilir.

Çözünmüş oksijen değeri:

$$O = OD - D \quad (4.45)$$

halinde ifade edilebilir. Burada:

- O : Çözünmüş oksijen konsantrasyonu, (mg/l)
 - OD: Çözünmüş oksijenin doygunluk değeri, (mg/l)
- dir.

Nehir kısmında minimum ÇO konsantrasyonunun meydana geldiği kesite kadar ki akış süresi (2.28) ve bu kesitteki ÇO eksikliği (2.29) denklemleriyle hesaplanabilir.

Eşit tasfiye halinde optimizasyon probleminin denklemleri aşağıdaki yazılabilir.

$$\text{Gaye Fonksiyonu} \quad \sum_{i=1}^N C_i(E_i) \quad (4.46)$$

Tahdid denklemleri:

$$OC_i \geq OS_i \quad (i=1,2,\dots,N) \quad (4.47)$$

Minimum tasfiye hali:

$$\varepsilon_i > 0,35 \quad (i=1,2,\dots,N) \quad (4.48)$$

Eşit tasfiye hali:

$$\varepsilon_i = \varepsilon_{i+1} = \dots = \varepsilon_n \quad (i=1,2,\dots,N) \quad (4.49)$$

Burada:

- OLi: i. kısımda minimum ÇO, (mg/l) dir.

Bu problemi çözmek için kullanılan metod aşağıda anlatılmıştır.

Tasfiye tesis verimi arttıkça tesisin yatırım ve işletme maliyeti artmaktadır. O halde optimum çözüm tahdidleri sağlayan minimum tasfiye tesisi veriminin tayinidir.

Yüzen ve çökebilen katı maddelerin nehirdeki miktarının belli bir değerin altında olması istenir, bunun için deşarj yerinde en azından bir mekanik tasfiye yapılmalıdır. Mekanik tasfiye tesislerinin BOI giderme verimi 0,35'e eşit veya bu değerden büyük olduğu için ε_i 'ler 0,35 değerinden büyük veya eşit olmalıdır tahdidi geçerlidir.

Çözüme nehir menbaındaki 1. tasfiye tesisi veriminin $\varepsilon_1=0,35$ olduğu kabul edilerek başlanır. Bu tesisin verimi belli olduğuna göre ÇO konsantrasyonunu, 1. kısmın herhangi bir yerinde (2.27) ve (4.45) denklemleri ile bulmak mümkündür. Ancak ÇO konsantrasyonunu 1. kısmın başında, kritik kesitte ve kısım sonunda hesaplamak yeterlidir. Seçilen $\varepsilon_1=0,35$ tasfiye verimi için iki hal söz konusudur, öngörülen standart sağlanmıştır ve aşılmıştır. Öngörülen standart sağlanamaması halinde tasfiye verimi $\Delta\varepsilon$ kadar arttırılır. Standart sağlanıncaya kadar bu artışa devam edilir. 1. tasfiye tesisi için kabul edilebilen en son ε_1 değeri, 2. tasfiye tesisi verimi olarak kabul edilir. Kabul

edilen $\epsilon_2 = \epsilon_1$ değeri için 2. kısım standardının sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilir. Sağlanıyorsa 2. kısım için kabul edilebilen ϵ_2 değeri, 3. kısım için tasfiye verimi olarak kabul edilip standardın sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilir. Standardın sağlanmaması halinde, 1. tesise dönülerek ϵ_1 verimi $\Delta\epsilon$ kadar arttırılır. 2,3,... tesislerinin verimleri 1. tesisin en son kabul edilebilen değerine eşit alınarak standardın sağlanmadığı kesite kadar gelinir. Bu kesitte ÇO değerinin standardın bu durumda da sağlanmaması halinde, 1. tesisin verimi bu kesitte standart sağlanıncaya kadar $\Delta\epsilon$ 'lar kadar arttırılır.

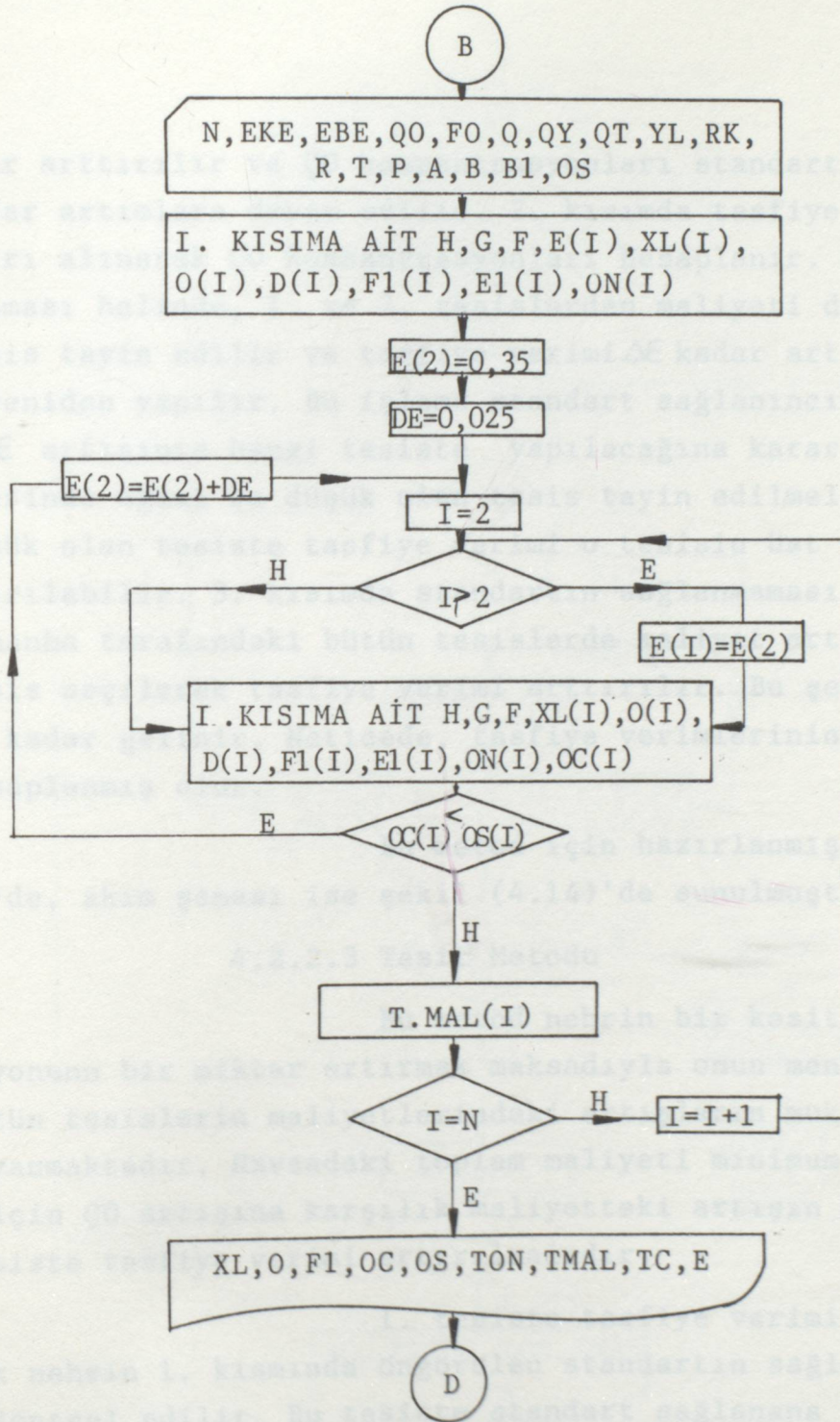
Yukarıda hesaplanan $\epsilon_1 = \epsilon_2 = \dots = \epsilon_N$ değerleri, eşit tasfiye uygulanması halinde havzada toplam maliyeti minimum yapan optimum değerlerdir. Bulunan bu ϵ_i 'ler kullanılarak gaye fonksiyonu yardımıyla minimum maliyet de hesaplanabilir.

Bu maksatla hazırlanmış bir program Ek(4.3)'de, akım şeması ise şekil (4.13)'de sunulmuştur.

4.2.2.2 Eğim Metodu

Bu metod maliyet fonksiyonunun özelliğinden yararlanarak hazırlanmıştır. Bir nehir havzasında standardın sağlanmadığı kesitteki tasfiye verimini arttırmak optimum çözüm olmayabilir. Bu sebeple tasfiye verimindeki artışa karşılık maliyetteki artışın minimum olduğu tesiste tasfiye verimini arttırmak havzadaki toplam maliyeti minimum kılacaktır. O halde maliyet-verim eğrilerinde en düşük eğime sahip olan tesisin verimini arttırmak gerekir.

1. tesiste, tasfiye veriminin alt sınırı değeri alınarak, 1. kısımda ÇO konsantrasyonları (2.27) ve (4.45) denklemlerinden hesaplanır. Standart sağlanmıyorsa verim



Şekil 4.13 Eşit Tasfiye Halinde Optimum Verimin Bulunmasına Ait Akım Şeması.

ΔE kadar arttırılır ve ÇO konsantrasyonları standartı sağlanıncaya kadar artımlara devam edilir. 2. kısımda tasfiye veriminin alt sınırı alınarak ÇO konsantrasyonları hesaplanır. Standartın sağlanmaması halinde, 1. ve 2. tesislerden maliyeti daha ucuz olan tesis tayin edilir ve tasfiye verimi ΔE kadar arttırılıp hesaplar yeniden yapılır. Bu işleme standart sağlanıncıya kadar edilir. ΔE artışının hangi tesiste yapılacağına karar vermek için her seferinde eğimi en düşük olan tesis tayin edilmelidir. Maliyeti düşük olan tesiste tasfiye verimi o tesisin üst sınırına kadar artırılabilir. 3. kısımda standartın sağlanmaması halinde, bu kısmın menba tarafındaki bütün tesislerde maliyet artışı minimum olan tesis seçilerek tasfiye verimi arttırılır. Bu şekilde mansap kısmına kadar gelinir. Neticede, tasfiye verimlerinin optimum değeri hesaplanmış olur.

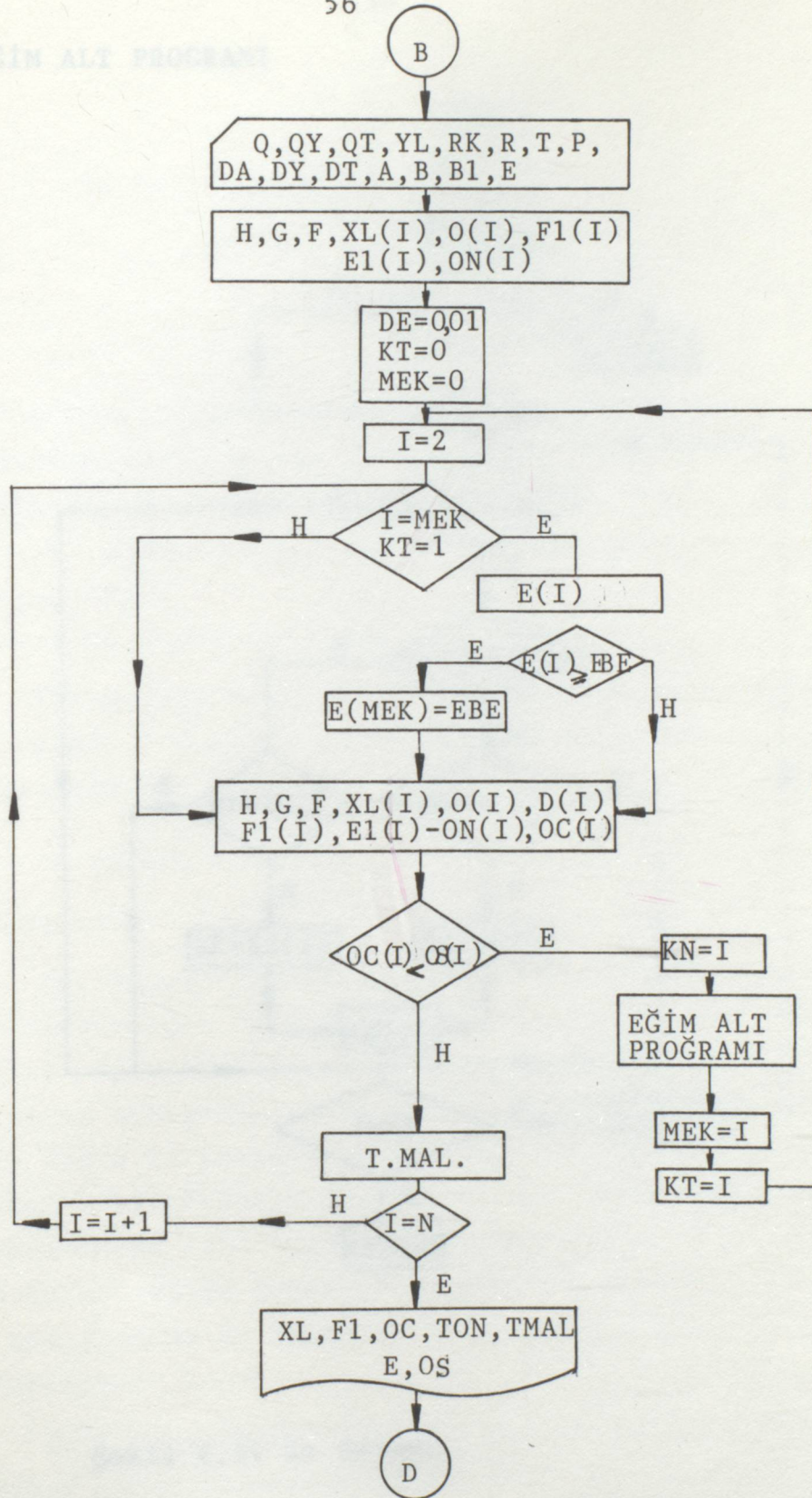
Bu metod için hazırlanmış bir program Ek(4.4)'de, akım şeması ise şekil (4.14)'de sunulmuştur.

4.2.2.3 Tesir Metodu

Bu metod nehrin bir kesitinde ÇO konsantrasyonunu bir miktar arttırmak maksadıyla onun menba tarafındaki bütün tesislerin maliyetlerindeki artışların mukayesesi esasına dayanmaktadır. Havzadaki toplam maliyeti minimum seviyede tutmak için ÇO artışına karşılık maliyetteki artışın minimum olduğu tesiste tasfiye verimi artırılmalıdır.

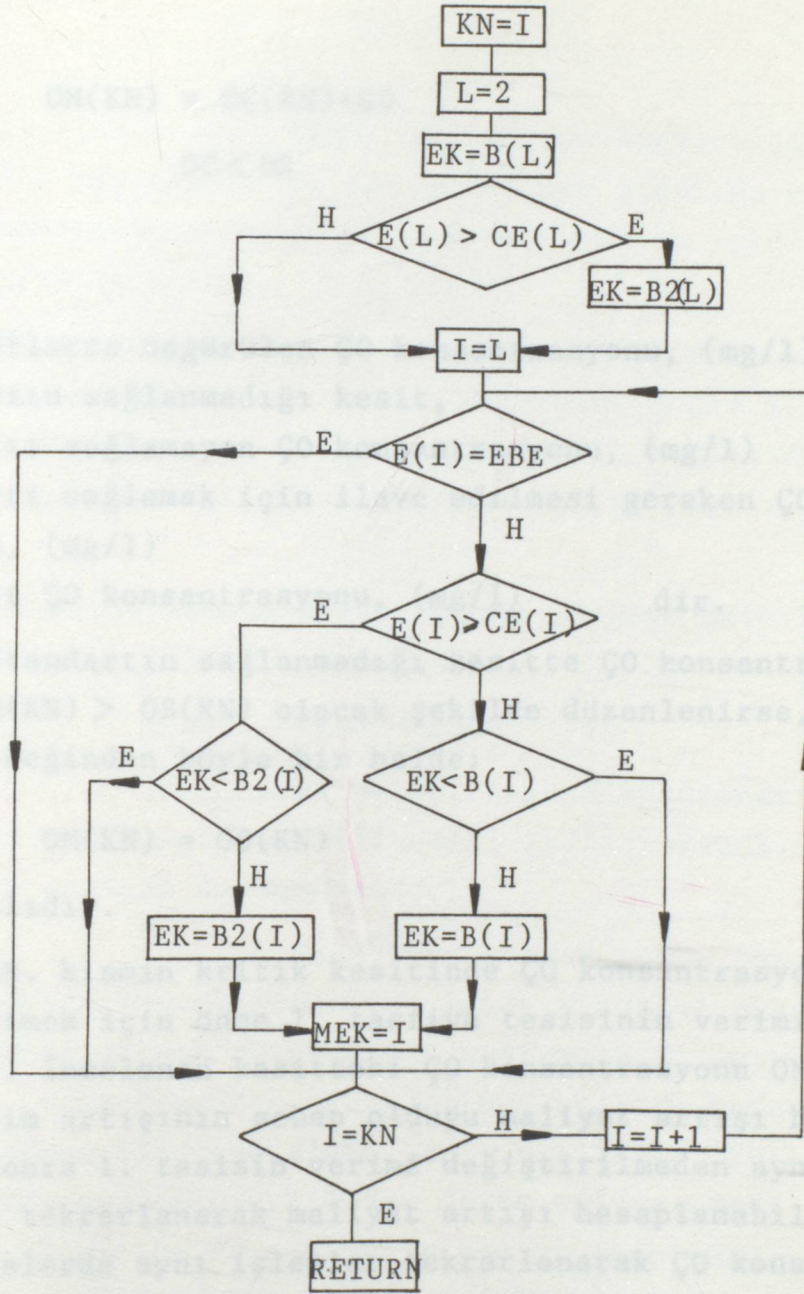
1. tesiste tasfiye verimi alt sınırı alınarak nehrin 1. kısmında öngörülen standartın sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilir. Bu tesiste standart sağlanana kadar tasfiye verimi artırılır. 2. tesise ait tasfiye verimi alt sınırı alınarak hesaplara devam edilir. Hesaplar yapılırken standartın sağlanmadığı kısmın kesiti tespit edilebilir. Standartın sağlanmadığı kısımda:

EĞİM ALT PROGRAMI



Şekil 4.14 Eğitim Metoduna Ait Akım Şeması.

EĞİM ALT PROGRAMI



Şekil 4.14'ün devamı...

$$OM(KN) = OC(KN) + DO \quad (4.50)$$

$$OC < OS \quad (4.51)$$

olacaktır.

Burada:

- OM: Standartlarca öngörülen ÇO konsantrasyonu, (mg/l)
- KN: Standartın sağlanmadığı kesit,
- OC: Standartı sağlamayan ÇO konsantrasyonu, (mg/l)
- DO: Standartı sağlamak için ilave edilmesi gereken ÇO konsantrasyonu, (mg/l)
- OS: Standart ÇO konsantrasyonu, (mg/l) dir.

Standartın sağlanmadığı kesitte ÇO konsantrasyonu artırılması $OM(KN) > OS(KN)$ olacak şekilde düzenlenirse, bu maliyeti yükselteceğinden böyle bir halde:

$$OM(KN) = OS(KN) \quad (4.52)$$

olarak alınmalıdır.

KN. kısmın kritik kesitinde ÇO konsantrasyonunu OM değerine yükseltmek için önce 1. tasfiye tesisinin verimi ΔE lar kadar artırılır. İncelenen kesitteki ÇO konsantrasyonu OM'ye eşit olunca bu verim artışının sebep olduğu maliyet artışı hesaplanabilir. Daha sonra 1. tesisin verimi değiştirilmeden aynı hesaplar 2. tesis için tekrarlanarak maliyet artışı hesaplanabilir. Böylece bütün tesislerde aynı işlemler tekrarlanarak ÇO konsantrasyonundaki DO kadar artışa karşılık gelen fark maliyetler hesaplanabilir. Bu artışlardan en küçüğüne sahip olan tesisin tasfiye derecesi artırılır.

Bazı durumlarda, tasfiye tesisi verimi artırılırsa da kritik kesitte standarta ulaşılmamış olabilir. Bu takdirde işlemler tekrarlanır, tasfiye verimi artışı aynı olabileceği gibi diğer tesislerde de yükseltilebilir. Veya verimi artırılan tesiste

üst sınıra ulaşıldığı için diğer bir tesise geçilebilir. Bazı hallerde de bir tesiste verim artışının üst sınırına ulaşıldığı halde ÇO konsantrasyonunda artış olmayabilir. Bu takdirde bu tesis dikkate alınmamalıdır.

KN kesitinde öngörülen standart sağlanıncaya kadar bu şekilde hareket edilir ve nehrin mansabına doğru diğer kısımlara geçilir. Herhangi bir kısımda standartın sağlanamaması durumunda aynı tarzda hareket edilerek optimum tasfiye verimleri tayin edilir.

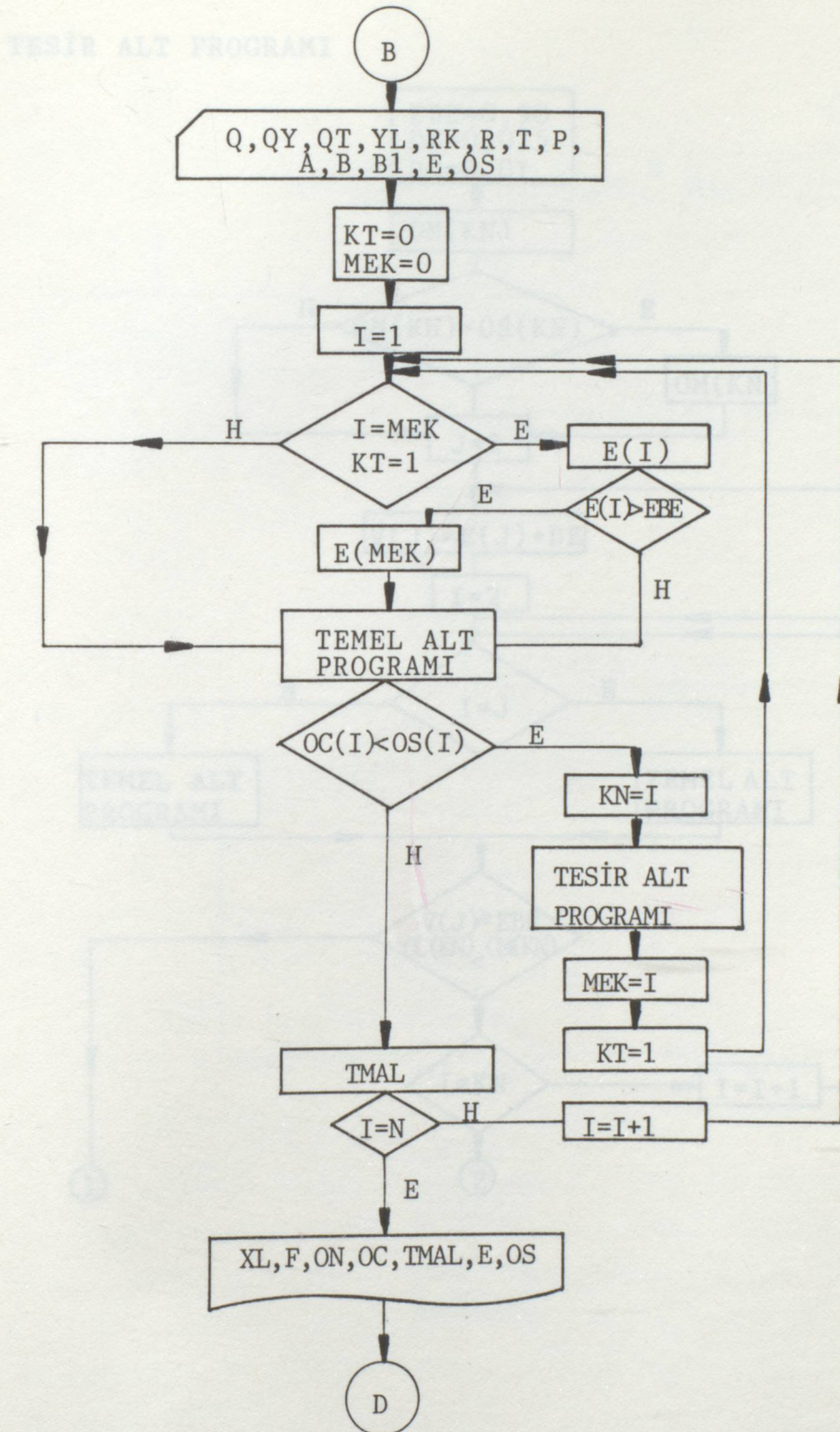
Bu metod için hazırlanmış bir program Ek(4.5)'de, akım şeması ise şekil (4.15)'de sunulmuştur.

4.2.2.4 Oran Metodu

Bu metod, öngörülen standardın sağlanamadığı nehir kısmında su kalitesini iyileştirecek en uygun tesisin tayini esasına dayanmaktadır.

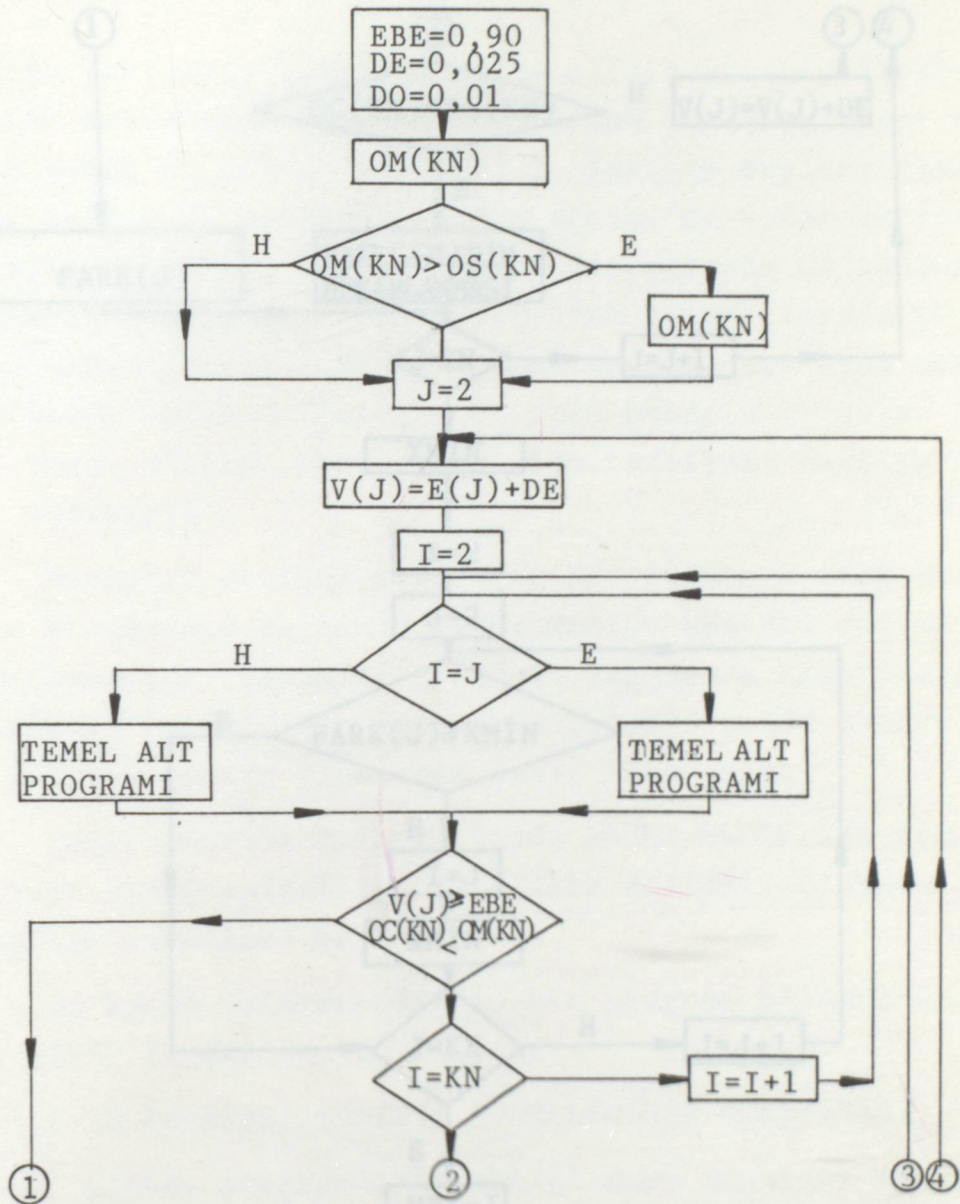
İncelenen kısmın menba tarafındaki tesislerin tasfiye verimlerinin ΔE kadar yükseltilmesiyle oluşan maliyet artışlarının standartın sağlanmadığı kesitte meydana gelen ÇO konsantrasyonu artışlarına oranları hesaplanır. Bu oranlardan minimum olan tesisteki verim artırılır. Bu işleme öngörülen standart sağlanıncaya kadar devam edilir. Daha sonra diğer kısımlara geçilerek en son nehir kısma kadar öngörülen standart sağlanıncaya kadar aynı işlemler tekrarlanır.

Bütün tesisler için tasfiye verimi alt sınırı alınarak hesaba başlanır. 1. kısımda standardın sağlanmaması, durumunda tesisin verimi arttırılır. Herhangi bir KN kesitinde standardın sağlanmaması halinde, 1. tesisin verimi ΔE kadar arttırılır. Diğer tesislerin verimleri aynı seviyede tutularak KN. kısmın kritik kesitinde ÇO artışı hesaplanır. 1. te-

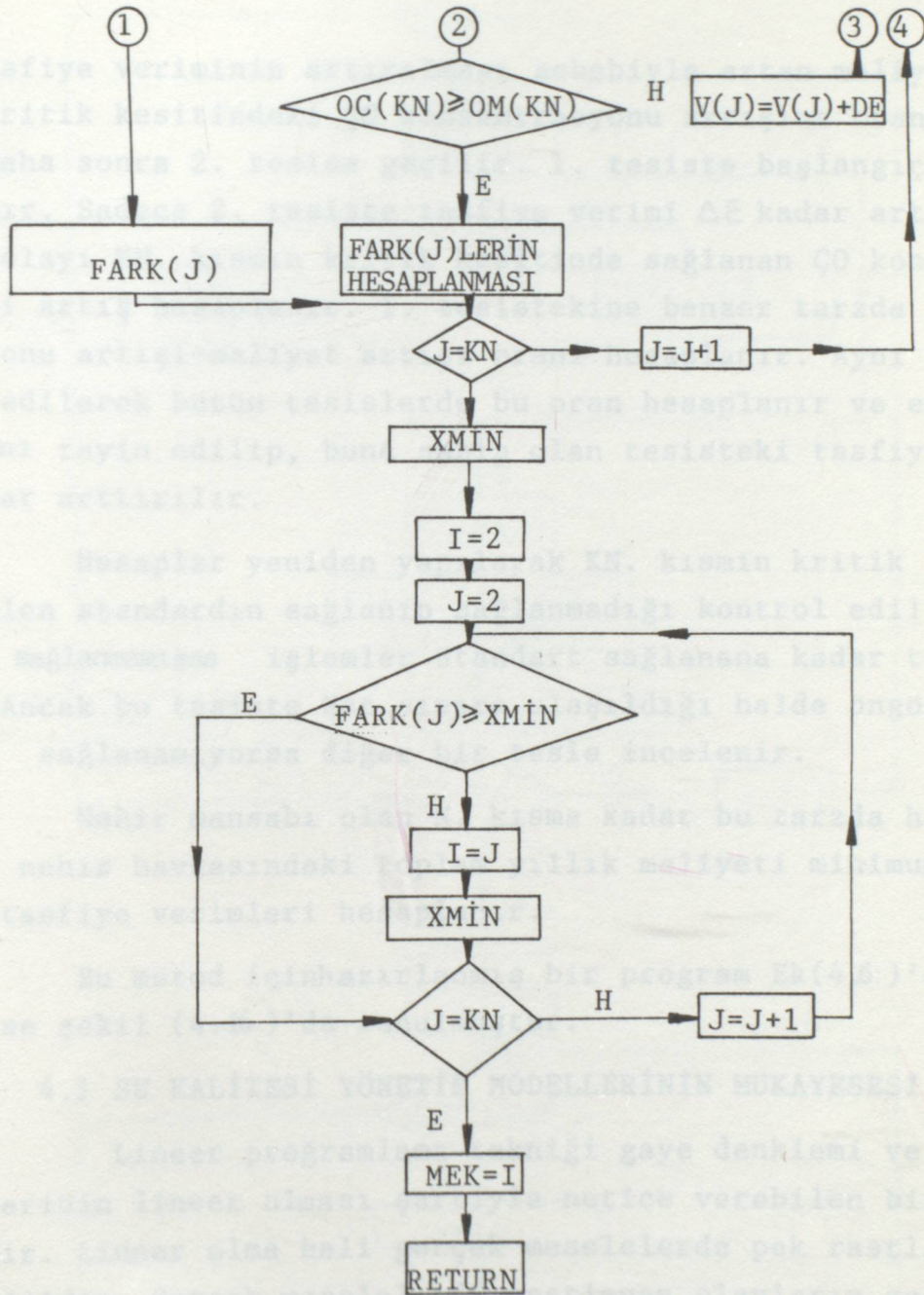


Şekil 4.15 Tesir Metoduna Ait Akım Şeması.

TESİR ALT PROGRAMI



Şekil 4.15'in devamı.



Şekil 4.15'in devamı.

siste tasfiye veriminin artırılması sebebiyle artan maliyetin KN. kısmın kritik kesitindeki ÇO konsantrasyonu artışına oranı hesaplanır. Daha sonra 2. tesise geçilir. 1. tesiste başlangıçtaki verim alınır. Sadece 2. tesiste tasfiye verimi ΔE kadar artırılarak bundan dolayı KN. kısmın kritik kesitinde sağlanan ÇO konsantrasyonundaki artış hesaplanır. 1. tesistekine benzer tarzda ÇO konsantrasyonu artışı-maliyet artışı oranı hesaplanır. Aynı tarzda hareket edilerek bütün tesislerde bu oran hesaplanır ve en düşük oran olanı tayin edilip, buna sahip olan tesisteki tasfiye verimi ΔE kadar arttırılır.

Hesaplar yeniden yapılarak KN. kısmın kritik kesitinde öngörülen standardın sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilir. Eğer standart sağlanmamışsa işlemler standart sağlanana kadar tekrar edilir. Ancak bu tesiste üst sınıra ulaşıldığı halde öngörülen standart sağlanamıyorsa diğer bir tesis incelenir.

Nehir mansabı olan N. kısma kadar bu tarzda hareket edilerek nehir havzasındaki toplam yıllık maliyeti minimum kılan optimum tasfiye verimleri hesaplanır.

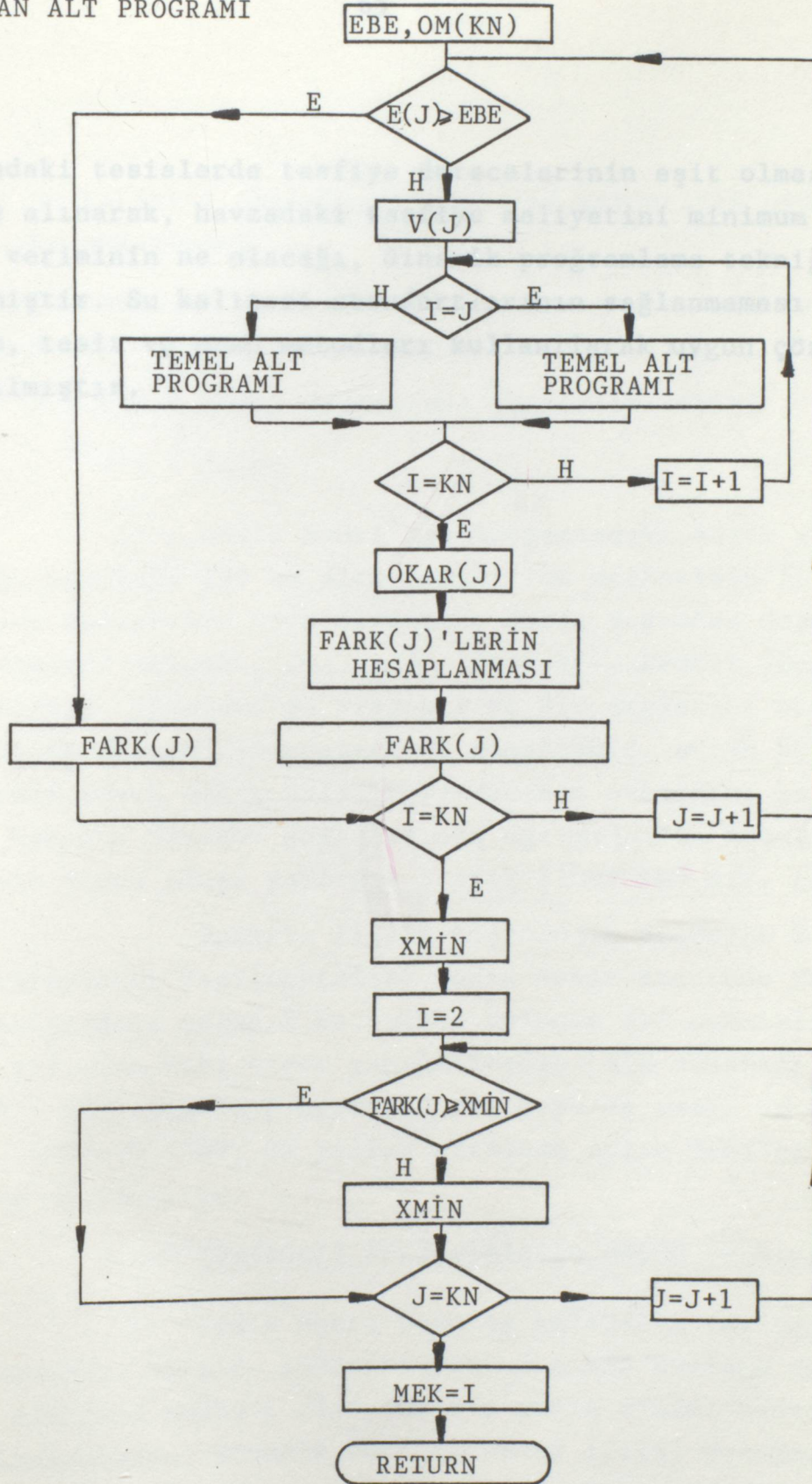
Bu metod için hazırlanmış bir program Ek(4.6.)'da, akım şeması ise şekil (4.16)'da sunulmuştur.

4.3 SU KALİTESİ YÖNETİM MODELLERİNİN MUKAYESESİ

Lineer programlama tekniği gaye denklemi ve tahdid denklemlerinin lineer olması şartıyla netice verebilen bir çözüm tekniğidir. Lineer olma hali gerçek meselelerde pek rastlanan bir şekil değildir. Gerçek meselelerde rastlanan olayların çoğu belirli toleranslar dahilinde lineer olarak kabul edilerek yeterli neticeler elde edilebilir.

Dinamik programlama tekniği ise, ardışık kararların verildiği ve her bir kararın diğer kararlara tesir ettiği hallerde iyi netice verebilen bir çözüm tekniğidir. Bu çalışmada, nehir

ORAN ALT PROGRAMI



Şekil 4.16 Oran Metoduna Ait Akım Şeması.

havzasındaki tesislerde tasfiye derecelerinin eşit olması hali gözönüne alınarak, havzadaki tasfiye maliyetini minimum kılacak tasfiye veriminin ne olacağı, dinamik programlama tekniği ile incelenmiştir. Su kalitesi standartlarının sağlanmaması halinde ise eğim, tesir ve oran metodları kullanılarak uygun çözümler araştırılmıştır.

3.1.1 Hidroloji

Cediz Nehri Ege Bölgesindeki büyük akarsulardan olup, uzunluğu 330 km'dir. Cediz İlçe merkezinin 26 km. kadar doğusundan Çalukviran Köyü civarında Murat Bağından doğar. Daha sonra kuzeyden Selendi, Deltinik (Kocaçay), Demrek (Demirçi) ve Kum Çaylarını, güneyden de Alaçık ve Nif çaylarını alır. Bunlardan başka birkaç yarımadaları da almaktadır. Bütün bu yanakları aldıktan sonra nehir Salihli ve Nonsmen ovalarını kat ederek Foça'da Çamaltı Tuzlası yakınlarında Ege Denizi'ne boşalır. Cediz Havzasının yetiştirilme alanı yaklaşık olarak 17000 km² dir. (Şekil 3.1)

Nehirle ilgili hidrolojik bilgiler E.I.E.İ. ve D.S.İ. tarafından yapılmaktadır. Cediz Nehir Üzerinde Manisa-Akhisar çıkışındaki yolun 2.km.'sinde bulunan 518 numaralı istasyon da 1952 yılında baki ölçme yapılmaktadır. 518 numaralı istasyona ait 1974 - 1981 yılları arasında yapılmış ölçmelerin sonuçları ve dağılımı, Tablo 3.1'de, on yıllık ortalamaya aylık debiler ise tablo 3.2'de verilmiştir.

3.1.2 Havzadaki Yerleşimlerin Nüfus Tahminleri

Cediz Nehri boyunca kırsal yerleşim merkezleri mevcuttur. Bölgede endüstriye yönelik bir gelişme varsa da bu gelişme endüstri merkezi olan İzmir'e yakın olması nedeniyle pek fazla olmasa da, özellikle pamuk ipliği dokuma, pamuklu mensucat, yağ, un, tekstil, çimento, çelik, demir, halı dokuma, vb. türünde yerleşim merkezleri olacaktır.

BÖLÜM. V SU KALİTESİ OPTİMİZASYONUNA AİT METODLARIN UYGULANMASI VE MUKAYESESİ

Bu bölümde, su kalitesi optimizasyonuna ait metodlara uygulanmak üzere Gediz Nehri Havzası seçilmiştir.

5.1 GEDİZ NEHRİ HAVZASINDA VERİLERİN TAYİNİ

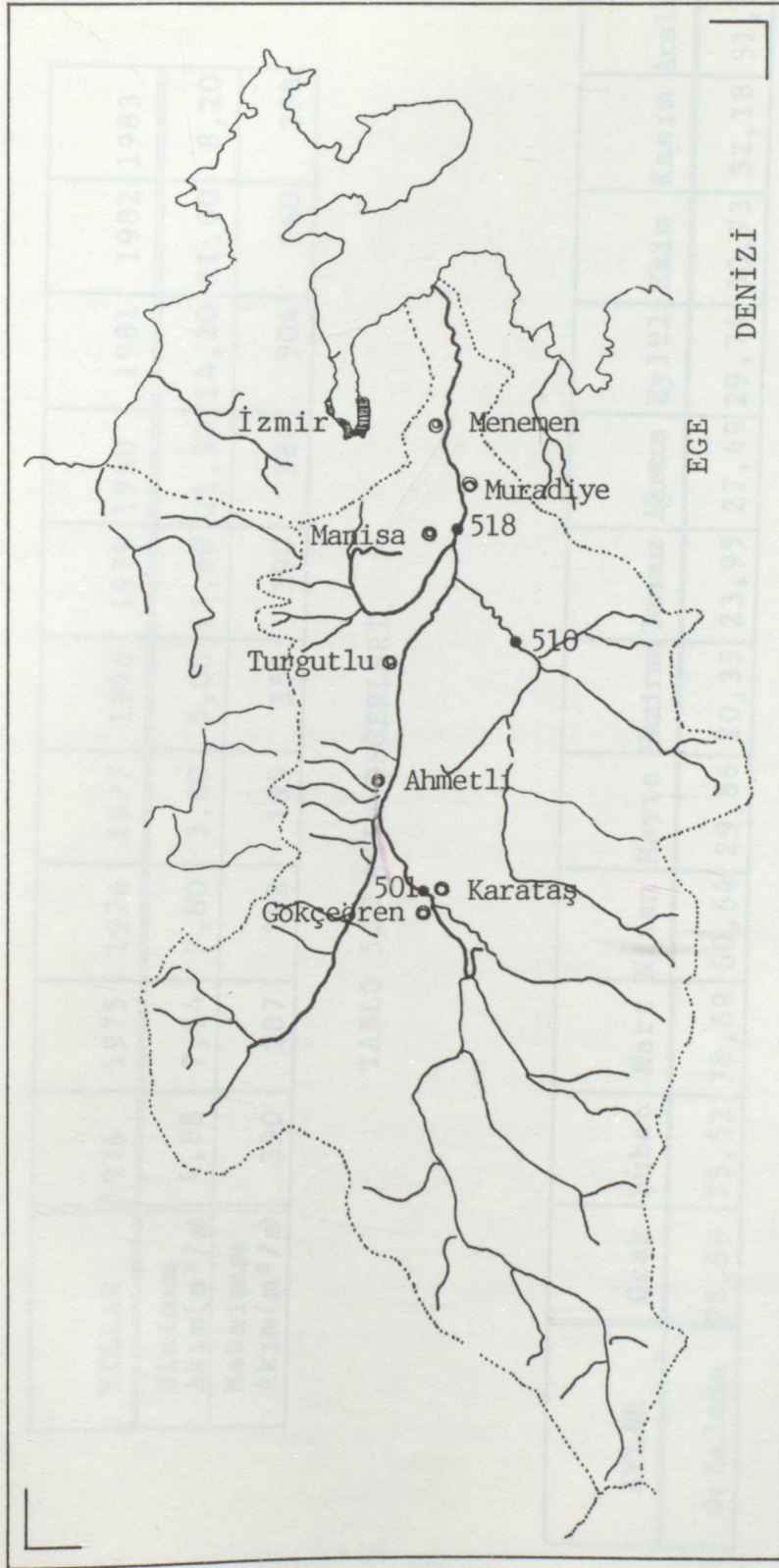
5.1.1 Giriş

Gediz Nehri Ege Bölgesindeki büyük akarsulardan olup, uzunluğu 350 km.dir. Gediz İlçe merkezinin 26 km. kadar doğusundan Çukurviran Köyü Civarında Murat Dağından doğar. Daha sonra kuzeyden Selendi, Deliiniş (Kocaçay), Demrek (Demirci) ve Kum Çaylarını, güneyden de Alaşehir ve Nif Çaylarını alır. Bunlardan başka birçok yandereleri de almaktadır. Bütün bu yankolları aldıktan sonra nehir Salihli ve Menemen ovalarını katederek Foça'da Çamaltı Tuzlası yakınlarında Ege Denizi'ne boşalır. Gediz Havzasının yağış alanı yaklaşık olarak 17000 km² dir. (Şekil 5.1)

Nehirle ilgili hidrolojik ölçümler E.İ.E.İ. ve D.S.İ. tarafından yapılmaktadır. Gediz Nehir üzerinde Manisa-Akhisar çıkışındaki yolun 2.km.'sinde bulunan 518 numaralı istasyonda 1962 yılından beri ölçüm yapılmaktadır. 518 numaralı istasyona ait 1974 - 1983 seneleri arasında yıl boyunca azami ve asgari akımlar, Tablo 5.1 'de, on yıllık ortalama aylık debiler ise tablo 5.2'de verilmiştir.

5.1.2 Havzadaki Yerleşimlerin Nüfus Tahminleri

Gediz Nehri boyunca kalabalık yerleşim merkezleri mevcuttur. Bölgede endüstri yönünden bir gelişme varsa da bu gelişme endüstri merkezi olan İzmir'e yakın olması nedeniyle pek fazla olmamaktadır. Bununla beraber pamuk ipliği dokuma, pamuklu mensucat, yağ, un, içki, çırçır, mobilya, deri, kösele, halı do-



Şekil 5.1 Gediz Nehri Havzası

YILLAR	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
Minimum Akım(m ³ /s)	4,88	7,54	7,80	3,80	5,00	15,60	21,30	14,20	21,60	8,20
Maksimum Akım(m ³ /s)	390	287	282	195	359	390	380	504	560	278

TABLO 5.1 AKIM DEĞERLERİ.

AYLAR	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ortalama	75,69	75,52	78,89	60,64	29,86	20,33	23,95	27,49	29,74	30,73	32,18	51,76

TABLO 5.2 AYLIK ORTALAMA AKIMLAR.

kuma, tarım aletleri, tuğla ve kiremit imalathaneleri mevcuttur. Tarımı yapılan başlıca ürünler ise buğday, arpa, tütün, pamuk, üzüm ve zeytindir.

Havzada nehir kenarında bulunan yerleşimlerin kullanılmış sularını Gediz Nehrine vermesi halinde, inşaa edilecek tasfiye tesislerinin 30 sene hizmet edecek şekilde planlanmasından 1945 - 1985 yılları arasındaki nüfus sayımlarından faydalanarak 2017 senesi için nüfus tahminleri yapılmıştır. Bu tahminlerin elde edilmesinde IBM Master Personel tipi bilgisayar ve Lotus özel programlama tekniği kullanılmıştır. Geçmişteki nüfus değerlerine lineer, logaritmik eğriler uydurulmuş bunlar arasında en iyi korelasyon katsayısını veren doğru veya eğrinin denkleminden faydalanılarak 2017 yılındaki nüfuslar tahmin edilmiştir. Nüfusların geçmiş ve gelecekteki değerleri Tablo 5.3'de verilmiştir.

İller Bankası kiriterleri esas alınarak, tablo 5.3'deki nüfus tahminleri için, kullanılmış su miktarları ve BOI'ları Tablo 5.4'de verilmiştir.

5.1.3 Parametrelerin Tayini

E.İ.E.İ.'nin yayınlanmış su yılı akım değerlerinden faydalanılarak Gediz Nehri ile ilgili hidrolik ve hidrolojik bilgiler elde edilmiştir. Kritik debilerin tayin edilmesinde Gediz Nehri üzerinde bulunan 501 Kızköprüsü, 510 Killik boğazı, 518 Manisa rasat istasyonlarındaki ölçümlerden yararlanılmıştır.

Kritik debinin tayin edilmesinde on yılda bir tekerrür eden 7 günlük ortalama debilerden minimum olanı dikkate alınmaktadır. Nehirde on yıllık debi rasatlarında zamanın %90'ında bulunan minimum 7 günlük ortalama debi, kritik debi olarak kabul edilmektedir.

Kabul edilen bu hesap yöntemine göre, 501-Kız-

YERLEŞİM MERKEZİ	YILLAR										KOREL KATSA NÜFUSU
	1945	1950	1955	1960	1965	1970	1975	1980	1985	2017 YIL NÜFUSU	
GÖKÇEÖREN	-	-	-	-	2861	3321	3986	3646	4190	6703	0.89
KARATAŞ	-	-	-	-	2596	3048	2848	2941	3493	4740	0.81
AHMETLİ	-	-	3746	4680	5296	8180	7504	7721	8224	14548	0.90
TURGUTLU	22713	24916	27300	31459	35674	40986	47009	55396	65740	93187	0.97
MANİSA	32079	35240	44769	59675	69711	72276	78114	94167	127012	178322	0.96
MURADIYE	-	-	4366	5109	5450	5413	5635	5695	5926	7613	0.91
MENEMEN	10572	11252	14218	15155	16588	16734	18464	21832	24998	33895	0.97

TABLO 5.3 YERLEŞİM MERKEZLERİNİN GELECEKTEKİ NÜFUSLARI

YERLEŞİM MERKEZİ	PROJE YILI NÜF. KİŞİ	KUL. SU MİKTARI lt/N-G	TESİSE GELEN KULLANILMIŞ SU		BOI (54 gr/N-G)	
			M ³ /GÜN	M ³ /Sn	Kg/GÜN	mg/lt
MENEMEN	33895	200	6779	0.0785	1830	270
MANİSA	178322	275	49039	0.5676	9629	196
TURGUTLU	93187	200	18637	0.2157	5032	270
GÖKÇEÖREN	6703	150	1005	0.0116	362	360
MURADIYE	7613	150	1142	0.0132	411	360
KARATAŞ	4740	120	569	0.0066	256	450
AHMETLİ	14548	150	2182	0.0253	786	360

TABLO 5.4 YERLEŞİMLERİN KULLANILMIŞ SU MİKTARLARI

köprüsünde $5,890 \text{ m}^3/\text{sn}$, 510-Killik Boğazın'da $0,110 \text{ m}^3/\text{sn}$, 518-Ma-nisa'da $6,000 \text{ m}^3/\text{sn}$ olarak bulunmuştur.

Nehrin Alaşehir ve Nif Çayı yan kolları ise yaz aylarında kuruduğu için gözönüne alınmamıştır.

Nehrin Kısımlara Ayrılması

Gediz Nehri Havzası kısımlara ayrılırken, her kısımda hız, enkesit alanı ve su derinliği değerlerinin sabit olmasına dikkat edilmiştir. Havza Demirköprü Barajından itibaren 7 kısma ayrılmıştır. Akış hızları, ortalama su derinlikleri için E.İ.E.İ. yayınlarından faydalanılmıştır. Havadan oksijen kazanılması hızı katsayısı, yayınlarda bulunan değerler kullanılarak O'Connor-Dobbins formülüyle tayin edilmiştir. Oksijen sarf edilmesi hızı katsayısı ve çözünmüş oksijenin doymunluk değeri için ise literatürdeki değerlerden faydalanılmıştır.

Gediz Nehri Havzasına ait değerler toplu olarak Tablo 5.5'de gösterilmiştir. Tablo 5.5'de standart olarak verilen değerler bu uygulamada kullanılmak üzere kabul edilen değerlerdir.

5.1.4 Tasfiye Tesisleri Maliyetlerinin Tayin Edilmesi

Tasfiye tesislerinin senelik maliyetleri hakkında III. bölümde ayrıntılı olarak bahsedilmiş, şekil 3.1, 3.2, 3.3'de muhtelif tasfiye alternatifleri için senelik maliyetler proje debisine bağlı olarak verilmiştir. Gediz Nehri Havzasındaki yerleşimlerin kullanılmış su debilerine göre; inşaa edilecek mekanik tasfiye, aktif çamur ve damlatmalı filtre tesislerinin maliyetleri şekil 3.1, 3.2, 3.3'de ki eğri denklemlerinden faydalanılarak hesap edilmiş ve Tablo 5.6'da sunulmuştur.

NEHİR KISMI	UZUN- LUK KM	DEBİ		HIZ M/SN	AKIŞ SÜRESİ GÜN	HAV. HIZI 1/GÜN	SARF HIZI 1/GÜN	SICAK- LIK OC	OKSİJ. DOYGUN 1/GÜN
		M ³ /G.1000	M ³ /SN						
GÖKÇEÖREN	7	508.896	5.890	0.15	0.54	0.66	0.31	17.3	9.56
KARATAŞ	37	508.896	5.890	0.15	2.85	0.66	0.31	17.2	9.56
AHMETLİ	23	508.896	5.890	0.15	1.77	0.66	0.31	17.2	9.56
TURGUTLU	30	508.896	5.890	0.15	2.31	0.60	0.31	17.2	9.56
MANİSA	12	518.400	6.000	0.12	1.16	0.45	0.30	16.3	9.75
MURADIYE	31	518.400	6.000	0.12	2.99	0.45	0.30	16.3	9.75
MENEMEN	44	518.400	6.000	0.12	4.24	0.45	0.30	16.3	9.75

TABLO 5.5 NEHİR KISIMLARINA AİT DEĞERLER.

PROJE DEBİ	YILI YÜK	YANKOL DEBİSİ	TOPLAM DEBİ	TESİS CO	YAN KOLUN CO	STAN. CO
1.0050	360	-	509.901	1	-	7
0.5690	450	-	510.470	1	-	7
2.1820	360	-	512.652	1	-	7
18.6370	270	9.504	540.793	1	9.35	10.00
49.0390	196	-	589.832	1	-	7
1.1420	360	-	590.974	1	-	7
2.5890	270	-	593.563	1	-	7

TABLO 5.5 in devamı.

TABLO 5.6 YERLEŞİM MERKEZLERİNİN YILLIK TAŞIYICI NALİYETLERİ

YERLEŞİM MERKEZİ	NÜFUS KİŞİ	DEBİ M ³ /G. 1000	TESİSLERİN YILLIK MALİYETLERİ						YILLIK MALİYET - TASFIYE VERİMİ		
			MEKANİK TASFIYE		DAMLATMALI FILTRE		AKTİF ÇAMUR		A	B	B1
			π/M ³ YIL	π/YIL	π/M ³ YIL	π/YIL	π/M ³ YIL	π/YIL			
GÖKÇEÖREN	6703	1.005	30000	30150000	46077	46307110	52394	52655842	19.50	33.22	34.34
KARATAŞ	4740	0.569	34781	19790723	53421	30396801	60401	34368155	23.50	37.40	23.43
AHMETLİ	14548	2.182	24523	53509524	37665	82185899	43163	94180952	18.50	24.00	27.80
TURGUTLU	93187	18.637	14040	261671738	21565	401904658	25248	470548095	11.00	13.20	19.20
MANİSA	178322	49.039	10918	535401228	16769	822328958	19824	972138673	8.50	10.35	10.35
MURADIYE	7613	1.142	29019	40975106	44571	50899992	50746	57952422	20.00	30.71	28.30
MENEMEN	33895	2.589	23456	60729023	36027	93274411	41356	107070802	17.25	23.50	23.00

TABLO 5.6 YERLEŞİM MERKEZLERİNİN YILLIK TASFIYE MALİYETLERİ

5.2 OPTİMİZASYON METODLARININ GEDİZ HAVZASINA UYGULANMASI

5.2.1 Lineer Programlama Metodunun Uygulanması

Gediz Nehri havzasına ait veriler bölüm 5.1de izah edildiği gibi elde edilmiştir. Minimum yapılacak gaye fonksiyonu denklem (4.4) kullanılarak:

$$\begin{aligned} \min Z = & 33,22 \varepsilon_1 + 37,40 \varepsilon_2 + 23,96 \varepsilon_3 + 13,21 \varepsilon_4 + 10,40 \varepsilon_5 + \\ & 30,71 \varepsilon_6 + 23,46 \varepsilon_7 \end{aligned} \quad (5.1)$$

ifadesi halinde elde edilebilir.

Tahdid denklemlerine ait katsayılar matrisinin tayininde Ek(4.1)'de sunulan program kullanılmıştır.

Tahdid denklemleri:

$$\begin{aligned} \varepsilon_1 &= 0.35 \\ 227.11 \varepsilon_1 + 3648.13 \varepsilon_2 &\geq 1276.85 \\ 233.43 \varepsilon_1 + 3669.27 \varepsilon_2 + 44.18 \varepsilon_3 &\geq 1394.66 \\ 236.68 \varepsilon_1 + 3672.18 \varepsilon_2 + 52.21 \varepsilon_3 + 196.18 \varepsilon_4 &\geq 1539.36 \\ 248.06 \varepsilon_1 + 3685.65 \varepsilon_2 + 56.53 \varepsilon_3 + 199.83 \varepsilon_4 + 403.46 \varepsilon_5 &\geq 1896.24 \\ 253.24 \varepsilon_1 + 3692.03 \varepsilon_2 + 61.29 \varepsilon_3 + 207.04 \varepsilon_4 + 411.02 \varepsilon_5 + \\ 818.27 \varepsilon_6 &\geq 2365.02 \\ 259.77 \varepsilon_1 + 3712.25 \varepsilon_2 + 66.48 \varepsilon_3 + 216.02 \varepsilon_4 + 421.62 \varepsilon_5 + \\ 831.80 \varepsilon_6 + 648.74 \varepsilon_7 &\geq 2822.18 \end{aligned} \quad (5.2)$$

$$\varepsilon_i \geq 0.35$$

$$\varepsilon_i \leq 0.90$$

$$i = 2, 3, \dots, 7$$

Denklem (5.1) ve (5.2) ile ifade edilen lineer programlama problemi Ek(4.2)'de sunulan bilgisayar programı ile çözülmüştür. Optimum tasfiye tesisi verimleri ve maliyetlerinin yanı sıra nehir kısımlarında BOI ve ÇO değerleri hesap edilmiştir. Bu sonuçlar topluca Tablo 5.7'de gösterilmiştir.

Burada:

- E : Tasfiye tesisi verimi,
- TMAL : Yıllık tasfiye maliyeti, (Milyon ₺)
- L : Nehir kısmının üst kesitinde BOI, (mg/l)
- F : Nehir kısmının alt kesitinde BOI, (mg/l)
- O : Nehir kısmının üst kesitinde ÇO, (mg/l)
- ON : Nehir kısmının alt kesitinde ÇO, (mg/l)
- OC : Nehir kısmının kritik kesitinde ÇO, (mg/l)
- OS : Müsaade edilen en düşük ÇO, (mg/l)

5.2.2 Dinamik Programlama Metodunun Uygulanması

5.2.2.1 Eşit Tasfiye Metodunun Uygulanması

Bu metodla ilgili olarak kullanılan bilgisayar programı Ek(4.3)'te sunulmuştur. Elde edilen sonuçlar Tablo 5.8'de gösterilmiştir.

5.2.2.2 Eğim Metodunun Uygulanması

Bu metodun tatbikiyle elde edilen neticeler Tablo 5.9'da topluca sunulmuştur. Neticelerin hassasiyeti bakımından DE ve DO artımları sırasıyla 0.05, 0.025 ve 0.001 alınmıştır. Bu durumda havzada toplam yıllık tasfiye maliyeti 219.495 Milyon ₺ olmaktadır.

5.2.2.3 Tesir Metodunun Uygulanması

Bu metodun tatbikiyle elde edilen neticeler Tablo 5.10'da topluca sunulmuştur. Neticelerin hassasiyeti bakımından DE ve DO artımları sırasıyla 0.05, 0.025 ve 0.001

TASFİYE	VERİM	YILLIK MALİYET	BOİ		ÇÖZÜNMÜŞ OKSİJEN			STAND. ÇO
			L	F	O	ON	OC	
TESİSİ	E	TMAL	L	F	O	ON	OC	05
	%	M.TL	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
GÖKÇEÖREN	66	41.75	0.20	0.18	8.07	8.45	8.07	7.00
KARATAŞ	66	48.44	0.35	0.15	8.45	8.43	8.44	7.00
AHMETLİ	66	34.50	0.65	0.40	8.42	9.05	8.45	7.00
TURGUTLU	66	19.80	3.63	1.80	8.78	8.44	8.51	7.00
MANİSA	66	15.44	7.05	4.98	7.82	7.01	7.00	7.00
MURADIYE	66	40.48	5.20	2.12	7.02	7.50	7.00	7.00
MENEMEN	66	32.92	2.50	0.70	7.47	8.95	7.50	7.00

TOPLAM MALİYET 233.330 M.İ./Yıl

TABLO 5.8 EŞİT TASFİYE METODU SONUÇLARI.

TASFİYE TESİSİ	VERİM	YILLIK MALİYET		BOI		ÇÖZÜNÜMÜŞ OKSİJEN			STAND. ÇÖ		
		E	%	TMAL	M.TL	L	F	O		ON	OC
GÖKÇEÖREN	40			32.78		0.43	0.36	7.50	7.58	7.44	7.00
KARATAŞ	35			36.59		0.71	0.30	8.24	8.36	8.24	7.00
AHMETLİ	70			35.30		0.60	0.34	9.06	8.48	8.48	7.00
TURGUTLU	70			20.24		3.30	1.61	8.79	8.55	8.55	7.00
MANİSA	85			26.32		3.22	2.27	8.15	8.28	8.15	7.00
MURADIYE	50			35.35		0.84	0.35	8.90	7.77	7.75	7.00
MENEMEN	66			32.92		0.63	0.18	9.08	9.47	9.05	7.00

TOPLAM MALİYET 219.495 M.Π/YIL

TABLO 5.9 EĞİM METODU SONUÇLARI.

TASFIYE TESİSİ	VERİM		YILLIK MALİYET	BOİ			ÇÖZÜNMÜŞ OKSİJEN			STAND. ÇÖ
	E	%		TMAL	L	F	O	ON	OC	
			M.TL	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
GÖKÇEÖREN	35		31.12	0.46	0.39	7.40	7.37	7.37	7.00	7.00
KARATAŞ	35		36.59	0.75	0.32	8.21	8.34	8.21	7.00	7.00
AHMETLİ	50		30.50	1.00	0.57	8.40	8.96	8.37	7.00	7.00
TURGUTLU	80		21.56	2.25	1.10	8.50	8.81	8.46	7.00	7.00
MANİSA	85		26.32	3.22	2.27	8.30	8.37	8.28	7.00	7.00
MURADIYE	56		37.19	0.81	0.32	9.03	7.81	7.80	7.00	7.00
MENEMEN	66		32.92	0.59	0.16	9.11	9.52	9.08	7.00	7.00

TOPLAM MALİYET 216.195 M.İ/YIL

TABLO 5.10 TESİR METODU SONUÇLARI.

TASFIYE	VERİM	YILLIK MALİYET	BOI		ÇÖZÜNMÜŞ OKSİJEN			STAND. ÇO
			L	F	O	ON	OC	
TESİSİ	E	TMAL	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	05
	%	M.TL						mg/l
GÖKÇEÖREN	40	32.78	0.43	0.36	7.50	7.58	7.44	7.00
KARATAŞ	35	36.59	0.71	0.30	8.25	8.36	8.24	7.00
AHMETLİ	55	31.70	0.90	0.52	8.41	8.98	8.40	7.00
TURGUTLU	60	18.92	4.33	2.12	8.74	8.43	8.43	7.00
MANİSA	85	26.32	3.45	2.38	8.11	8.28	8.10	7.00
MURADIYE	50	35.35	0.88	0.40	7.70	7.77	7.70	7.00
MENEMEN	45	27.82	0.72	0.26	8.91	9.35	8.91	7.00

TOPLAM MALİYET 209.475 M.π/YIL

TABLO 5.11 ORAN METODU SONUÇLARI.

NEHİR KISMI	LİNEER PROG. METODU		EŞİT TASFIYE HALİ		EĞİM METODU		TESİR METODU		ORAN METODU		Müsaade Edilen Minimum ÇÖ mg/l
	Verim	Minimum ÇÖ	Verim	Minimum ÇÖ	Verim	Minimum ÇÖ	Verim	Minimum ÇÖ	Verim	Minimum ÇÖ	
	%	mg/l	%	mg/l	%	mg/l	%	mg/l	%	mg/l	
GÖKÇEÖREN	35	7.37	66	8.07	40	7.44	35	7.37	40	7.44	7.00
KARATAŞ	35	8.21	66	8.44	35	8.24	35	8.21	35	8.24	7.00
AHMETLİ	65	8.41	66	8.45	70	8.48	50	8.37	55	8.40	7.00
TURGUTLU	70	8.54	66	8.51	70	8.55	80	8.46	60	8.43	7.00
MANİSA	85	8.18	66	7.00	85	8.15	85	8.28	85	8.10	7.00
MURADIYE	55	7.77	66	7.00	50	7.75	56	7.80	50	7.70	7.00
MENEMEN	65	9.03	66	7.50	66	9.05	66	9.08	45	8.91	7.00
Σ MALİYET	217.785M.₺		233.330M₺		219.495M₺		216.195M.₺		209.475M₺		

(1 \$ ≈ 1000.-₺)

TABLO 5.12 SONUÇLARIN MUKAYESESİ.

BÖLÜM. VI SONUÇLAR

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

Bir nehir havzasında su kalitesi standartlarını sağlayacak şekilde inşa edilecek tasfiye tesislerinin toplam maliyetini minimuma indirmek için kullanılan lineer programlama tekniğinde gaye ve tahdid denklemleri elde edilmiş ve bu amaçla geliştirilen bir programla çözüm bulunmuştur.

İncelenen metoda ait bilgisayar programı Gediz Nehri Havzasına uygulanmış ve sonuçta toplam yıllık tesis maliyetleri 217.785 Milyon ₺/yıl bulunmuştur.

Nehir havzasındaki tasfiye tesisleri verimlerinin eşit olması halinde optimum tasfiye veriminin tayin edilmesi için, dinamik programlama tekniği kullanılarak geliştirilen bir bilgisayar programı Gediz Nehri Havzası datalarına uygulandığından toplam yıllık tesis maliyetlerinin 233.330 Milyon ₺/yıl olduğu görülmüştür.

Havzadaki tasfiye tesisleri verimlerinin eşit olması şartının aranmaması halinde kullanılabilecek eğim, tesir ve oran metodları ile maliyeti minimum kılacak optimum tasfiye verimlerinin tayini mümkün olmaktadır. Kullanılan bu optimizasyon metodlarında ayrıca havzanın herhangi bir kesitindeki çözünmüş oksijen konsantrasyonu ve biyokimyasal oksijen ihtiyacında hesaplanabilmektedir.

İncelenen bu metodlara ait bilgisayar programları Gediz Nehri Havzasına uygulandığında toplam yıllık tesis maliyetleri eğim metodunda 219.495 Milyon ₺/yıl, tesir metodunda 216.195 Milyon ₺/yıl ve oran metodunda 209.475 Milyon ₺/yıl olarak bulunmuştur.

Bu uygulamaların sonucunda görülmüştür ki incelenen optimizasyon metodları içerisinde daha tatminkar ve optimum olanı oran metodudur.

Ek 4.1 Tahdit Denklemlerinin Hesabına Ait Program

```

100 REM *****
110 REM *          *** TAHDIT DENKLEMLERININ HESABI ***          *
120 REM *****
130 DIM Q(20),QY(20),QT(20),YL(20),DY(20),DT(20),RK(20),R(20)
140 DIM T(20),P(20),DA(20),H(20),G(20),PIH(20),F(20),TL(20),BL(20)
150 DIM BD(20),S(20),B(20),AD(20,20),PIG(20),A(20,20)
160 INPUT "KISIM SAYISI=";N
170 INPUT "GIRIS DEBISI=";QLO
180 INPUT "GIRIS YUKU=";QD1
190 PRINT "KISIM SAYISI ..... N=";N
200 PRINT "GIRIS DEBISI ..... QLO=";QLO
210 PRINT "GIRIS YUKU ..... QD1=";QD1
220 FOR I=1 TO N
230 READ Q(I)
240 PRINT "KISIM DEBISI ..... Q(";I;")=";Q(I)
250 READ QY(I)
260 PRINT "YAN KOL DEBISI ..... QY(";I;")=";QY(I)
270 READ QT(I)
280 PRINT "TASFIVE TESISI DEBISI ..... QT(";I;")=";QT(I)
290 READ YL(I)
300 PRINT "YAN KOL BOI ..... YL(";I;")=";YL(I)
310 READ RK(I)
320 PRINT "SARF HIZI KATSAYISI ..... RK(";I;")=";RK(I)
330 READ R(I)
340 PRINT "OKSIJEN SARF HIZI KATSAYISI ..... R(";I;")=";R(I)
350 READ T(I)
360 PRINT "AKIS SURESI ..... T(";I;")=";T(I)
370 READ P(I)
380 PRINT "BOI YUKU ..... P(";I;")=";P(I)
390 READ DY(I)
400 PRINT "YAN KOLUN CO DEGERI ..... DY(";I;")=";DY(I)
410 READ DT(I)
420 PRINT "TESIS CIKISI CO DEGERI ..... DT(";I;")=";DT(I)
430 READ DA(I)
440 PRINT "STANDART OKSIJEN EKSIKLIGI ..... DA(";I;")=";DA(I)
450 NEXT I
460 PRINT
470   PIG(I)=1
480   PIH(I)=1
490 FOR I=1 TO N
500   IE=I-1
510   H(I)=EXP((1-RK(I)*T(I)))
520   G(I)=EXP((1-R(I)*T(I)))
530   F(I)=(H(I)-G(I))*RK(I)/(R(I)-RK(I))
540   TL(I)=QT(I)*P(I)
550   BL(I)=QY(I)*YL(I)+TL(I)
560   BD(I)=QY(I)*DY(I)+QT(I)*DT(I)
570   S(I)=Q(I)*DA(I)
580 IF I > 1 THEN 620 ELSE 590
590   PIG(I)=PIG(I)*G(I)

```

Ok

Ek 4.1'in devamı.

```
600   PIH(I)=PIH(I)*H(I)
610   GOTO 640
620   PIG(I)=PIG(IE)*G(I)
630   PIH(I)=PIH(IE)*H(I)
640   AD(I,I)=F(I)
650   NEXT I
660   FOR I=1 TO N
670   PRINT "H(";I;")=";H(I),"G(";I;")=";G(I),"F(";I;")=";F(I)
680   PRINT
690   NEXT I
700   FOR J=2 TO N
710     JE=J-1
720     FOR I=1 TO JE
730       IE=I-1
740       IF I > 1 THEN 770 ELSE 750
750       AD(J,I)=G(J)*AD(JE,I)+F(J)*PIH(JE)
760       GOTO 780
770       AD(J,I)=G(J)*AD(JE,I)+F(J)*PIH(JE)/PIH(IE)
780     NEXT I
790   NEXT J
800   FOR J=1 TO N
810     FOR I=1 TO J
820       IF I > 1 THEN 860 ELSE 830
830       B(J)=AD(J,I)*QL0
840       A(J,I)=AD(J,I)*TL(I)
850       GOTO 880
860       B(J)=B(J)+AD(J,I)*BL(I)
870       A(J,I)=A(J,I)+AD(J,I)*TL(I)
880     NEXT I
890     FOR I=1 TO J
900       IE=I-1
910       IF I > 1 THEN 940 ELSE 920
920       B(J)=B(J)+PIG(J)*QD1
930       GOTO 950
940       B(J)=B(J)+PIG(J)*BD(I)/PIG(IE)
950     NEXT I
960     B(J)=B(J)-S(J)
970   NEXT J
980   PRINT
990   FOR J=1 TO N
1000  PRINT "B(";J;")=";B(J)
1010  NEXT J
1020  FOR I=1 TO J
1030  FOR J=1 TO N
1040  PRINT "A(";J;",";I;")=";A(J,I)
1050  NEXT J
1060  NEXT I
1070  DATA 509.901,0,1.005,0,.31,.66,.54,360,0,1,7
1080  DATA 510.47,0,.569,0,.31,.66,2.85,450,0,1,7
1090  DATA 512.652,0,2.182,0,.31,.66,1.77,360,0,1,7
Ok
```


Ek 4.1'in devamı.

1100 DATA 540.793,9.504,18.637,10,.31,.6,2.31,270,9.35,1,7

1110 DATA 589.832,0,49.039,0,0.3,0.45,1.16,196,0,1,7

1120 DATA 590.974,0,1.142,0,0.3,0.45,2.99,360,0,1,7

1130 DATA 593.563,0,2.589,0,0.3,0.45,4.24,270,0,1,7

1140 END

Ok

Ek 4.2 Linear Programlama Metoduna Ait Program.

```
100 REM *****
110 REM *          **** LINEER PROGLAMLAMA METODU ****          *
120 REM *****
130 DIM A(50,150),B(50),SUT(100),SAT(50),ITEMEL(50),ISIM(50)
140   ISTOP=0
150   ITERS=0
160 FOR I=1 TO 12
170 READ A$
180 PRINT "ISIM(";I;)"="; A$
190 NEXT I
200 READ M,N
210 PRINT "M=",M,"N=",N
220   NM=N+M
230   MARTI2=M+2
240 FOR I=1 TO MARTI2
250   B(I)=0
260   ITEMEL(I)=0
270 FOR J=1 TO NM
280   A(I,J)=0
290 NEXT J
300 NEXT I
310 FOR I=1 TO M
320 READ SA$
330 PRINT "SAT(";I;)"="; SA$
340 NEXT I
350 FOR I=1 TO M
360 READ B(I)
370 PRINT "B(";I;)"="; B(I)
380 NEXT I
390 FOR J=1 TO N
400 READ SU$
410 PRINT "SUT(";J;)"="; SU$
420 NEXT J
430 FOR J=1 TO N
440 READ A(M+1,J)
450 PRINT "A(M+1,";J;)"="; A(M+1,J)
460 NEXT J
470   I2=0
480   J2=0
490 READ AI$,AJ$,DEGER
500 IF AI=COZUM THEN 640
510 PRINT "AI=";AI$ , "AJ=";AJ$ , "DEGER=";DEGER
520 FOR I1=1 TO M
530 IF AI = SAT(I1) THEN 560
540 NEXT I1
550 GOTO 1990
560   I2=I1
570 FOR J1=1 TO N
580 IF AJ = SUT(J1) THEN 610
590 NEXT J1
Ok
```


Ek 4.2'nin devamı.

```
600 GOTO 1990
610 J2=J1
620 A(I2,J2)=DEGER
630 GOTO 470
640 PRINT "COZUM"
650 IF ISTOP = 1 THEN 1980
660 K=2
670 N1=N+1
680 FOR J=1 TO N
690 A(M+2,J)=0
700 FOR I=1 TO M
710 A(M+2,J)=A(M+2,J)+A(I,J)
720 NEXT I
730 NEXT J
740 FOR I = 1 TO M
750 NARTII=N+1
760 A(I,NARTII)=1
770 ITEMEL(I)=0
780 B(M+2)=B(M+2)+B(I)
790 NEXT I
800 DPS=0
810 MARTIK=M+K
820 FOR J=1 TO N
830 IF A(MARTIK,J)-DPS <= 0 THEN 860
840 DPS=A(MARTIK,J)
850 JKLVIJ=J
860 NEXT J
870 IF DPS-1*10^-6 <= 0 THEN 1240
880 EKORAN =1*10^6
890 PRINT "EKORAN=",EKORAN
900 IKLVIJ=M+3
910 FOR I=1 TO M
920 IF A(I,JKLVIJ) <= 1*10^-6 THEN 970
930 DRAN=B(I)/A(I,JKLVIJ)
940 IF DRAN > EKORAN THEN 970
950 EKORAN =DRAN
960 IKLVIJ=I
970 NEXT I
980 IF K=2 THEN 1040
990 FOR I=1 TO M
1000 IF ITEMEL(I) > 0 THEN 1030
1010 IF ABS(A(I,JKLVIJ)) <= 1*10^-6 THEN 1030
1020 IKLVIJ=I
1030 NEXT I
1040 REHBE=A(IKLVIJ,JKLVIJ)
1050 ITEMEL(IKLVIJ)=JKLVIJ
1060 ITERS=ITERS+1
1070 IF IKLVIJ=M+3 THEN 1220
1080 FOR I=1 TO MARTIK
1090 IF I=JKLVIJ THEN 1160
Ok
```


Ek 4.2'nin devamı.

```
1100 FOR J=1 TO NM
1110 IF J=JKLVUZ THEN 1130
1120 A(I,J)=A(I,J)-A(I,JKLVUZ)*A(IKLVUZ,J)/REHBE
1130 NEXT J
1140 B(I)=B(I)-A(I,JKLVUZ)*B(IKLVUZ)/REHBE
1150 A(I,JKLVUZ)=0
1160 NEXT I
1170 FOR J=1 TO NM
1180 A(IKLVUZ,J)=A(IKLVUZ,J)/REHBE
1190 NEXT J
1200 B(IKLVUZ)=B(IKLVUZ)/REHBE
1210 GOTO 800
1220 PRINT "COZUM HUDUTSUZDUR"
1230 GOTO 1890
1240 IF K=1 THEN 1300
1250 IF B(M+2)-1*10^-3<=0 THEN 1280
1260 PRINT "MUTEBER OLMAYAN COZUM"
1270 GOTO 1890
1280 K=1
1290 GOTO 800
1300 PRINT "ITERS=";ITERS,"ITERASYONDAN SONRA OPTIMUM COZUM"
1310 ZIMBOX=-B(M+1)
1320 PRINT "GAYE FONKSIYONU OPTIMUM DEGERI " , "ZIMBOX=";ZIMBOX
1330 PRINT "DEGIS=";DEGISKEN,"DUR=";DURUMU,"DEG=";DEGER,"DEL=";DELTAJ
1340 FOR J=1 TO N
1350 SUTJ=SUT(J)
1360 DELTAJ=A(M+1,J)
1370 FOR I=1 TO M
1380 II=I
1390 IF ITEMEL(I)=J THEN 1440
1400 NEXT I
1410 X=0
1420 SESAS=BESAS
1430 GOTO 1460
1440 X=B(II)
1450 SESAS=AESAS
1460 PRINT "SUT(J)="; SUTJ,"SESAS=";SE$,"X=";X,"DELTAJ=";DELTAJ
1470 NEXT J
1480 PRINT "TAH=";TAHDIT,"DUR=";DURUMU,"DEG=";DEGER,"AZA=";AZALMA
1490 PRINT "ARTMA=";ARTMA
1500 FOR I=1 TO M
1510 SESAS=CESAS
1520 SATI=SAT(I)
1530 NARTII=N+1
1540 X=-A(M+1,NARTII)
1550 IF ABS(X)-1*10^-9 <=0 THEN 1570
1560 GOTO 1630
1570 IF ITEMEL(I)=0 THEN 1580
1580 SESAS=BESAS
1590 FALT=0
Ok
```


Ek 4.2'nin devamı.

```
1600 FUST=0
1610 GOTO 1800
1620 SESAS=DESAS
1630 FALT=-1*10^10
1640 FUST=1*10^10
1650 FOR K=1 TO M
1660 IF A(K,NARTII)>X THEN 1710
1670 QUOT=-B(K)/A(K,NARTII)
1680 IF QUOT >= FUST THEN 1750
1690 FUST=QUOT
1700 GOTO 1750
1710 IF A(K,NARTII)=0 THEN 1750
1720 QUOT=-B(K)/A(K,NARTII)
1730 IF QUOT<FALT THEN 1750
1740 FALT=QUOT
1750 NEXT K
1760 FALT=-FALT
1770 IF FALT=1*10^10 AND FUST <1*10^10 THEN 1840
1780 IF FALT<1*10^10 AND FUST=1*10^10 THEN 1860
1790 IF FALT =1*10^10 AND FUST =1*10^10 THEN 1820
1800 PRINT "SATI=";SA$,"SESAS=";SE$,"X=";X,"FALT=";FALT,"FUST=";FUST
1810 GOTO 1870
1820 PRINT "SATI=" ; SA$,"SESAS=";SE$,X
1830 GOTO 1870
1840 PRINT "SATI=" ; SA$,"SESAS=";SE$,"X=";X,"FUST=";FUST
1850 GOTO 1870
1860 PRINT "SATI=";SA$,"SESAS=";SE$,"X=";X,"FALT=";FALT
1870 NEXT I
1880 GOTO 1980
1890 PRINT
1900 MARTI2=M+2
1910 FOR I=1 TO MARTI2
1920 FOR J=1 TO NM
1930 PRINT "A(";I;";";J;")=";A(I,J)
1940 NEXT J
1950 PRINT "B(";I;")=";B(I)
1960 NEXT I
1970 PRINT
1980 STOP
1990 PRINT "ISIMLERDE TENAKUZ VAR"
2000 ISTOP=1
2010 GOTO 470
2020 END
Ok
```


Ek 4.3 Eşit Tasfiye Metoduna Ait Program.

```

100 REM *****
110 REM *          **** ESIT TASFIYE HALI ****          *
120 REM *****
130 DIM E(55),QY(20),QT(20),P(20),YL(20),Q(20),DT(20)
140 DIM T(20),RK(20),R(20),A(20),B(20),DA(20),ARMIN(20),IST(55,55)
150 DIM TMAL(55),F1(55),E1(55),F2(55),E2(55),VEVEL(55),ODC(20)
160 DIM F3(55),E3(55),DY(20),BE(20),TC(20),FC(20),DC(20),OC(20)
170 DIM XL(90),D(90),D(90),OD(90),TON(90),OS(90),ODN(90),OT(90)
180 DIM DN3(100),DN2(100),CE(20),B2(20),DY(20)
190 INPUT "KISIM SAYISI=";N
200 PRINT "KISIM SAYISI ..... N=";N
210 READ EKE
220 PRINT "EN KUCUK VERIM ..... EKE=" ;EKE
230 READ EBE
240 PRINT "EN BUYUK VERIM ..... EBE=";EBE
250 READ DO
260 PRINT "GIRIS DEBISI ..... QO=";QO
270 READ DO
280 PRINT "GIRIS OKSIJEN DEGERI ..... DO=";DO
290 READ FO
300 PRINT "GIRIS BOI DEGERI ..... FO=";FO
310 FOR I=1 TO N
320 READ Q(I)
330 PRINT "KISIM DEBISI ..... Q(";I;")=";Q(I)
340 READ QY(I)
350 PRINT "YAN KOL DEBISI ..... QY(";I;")=";QY(I)
360 READ QT(I)
370 PRINT "TASFIYE TESISI DEBISI ..... QT(";I;")=";QT(I)
380 READ YL(I)
390 PRINT "YAN KOL BOI ..... YL(";I;")=";YL(I)
400 READ RK(I)
410 PRINT "SARF HIZI KATSAYISI ..... RK(";I;")=";RK(I)
420 READ R(I)
430 PRINT "OKSIJEN SARF HIZI KATSAYISI ..... R(";I;")=";R(I)
440 READ T(I)
450 PRINT "AKIS SURESI ..... T(";I;")=";T(I)
460 READ P(I)
470 PRINT "BOI YUKU ..... P(";I;")=";P(I)
480 READ A(I)
490 PRINT "MALIYET DOGRUSUNUN ORDINATI ..... A(";I;")=";A(I)
500 READ B(I)
510 PRINT "% 35-60 VERIMLI TESISIN MALIYET DOGRUSU EGIMI .. B(";I;")=";B(I)
520 READ OD(I)
530 PRINT "SICAKLIGA BAGLI CO DEGERI ..... OD(";I;")=";OD(I)
540 READ OY(I)
550 PRINT "YANKOL CO DEGERI ..... OY(";I;")=";OY(I)
560 READ OT(I)
570 PRINT "TESIS CIKISI CO DEGERI ..... OT(";I;")=";OT(I)
580 READ OS(I)
590 PRINT "MUSADE EDILEN CO DEGERI ..... OS(";I;")=";OS(I)
OK

```


Ek 4.3'in devamı.

```
600 READ CE(I)
610 PRINT "% 80' DEN BUYUK VERIMLI TESISLERIN VERIM SINIRI CE(;"I;"=";"CE(I)
620 READ B2(I)
630 PRINT "% 80-90 VERIMLI TESISIN MALİYET DOGRUSU EGIMI .. B2(;"I;"=";"B2(I)
640 NEXT I
650 H=EXP((-RK(1)*T(1)))
660 G=EXP((-R(1)*T(1)))
670 F=(H-G)*RK(1)/(R(1)-RK(1))
680 E(1)=.67
690 XL(1)=(Q0*FO+QY(1)*YL(1)+QT(1)*P(1)-QT(1)*P(1)*E(1))/Q(1)
700 O(1)=(Q0*Q0+QY(1)*QY(1)+QT(1)*QT(1))/Q(1)
710 D(1)=OD(1)-O(1)
720 F1(1)=H*XL(1)
730 E1(1)=F*XL(1)+G*D(1)
740 TON(1)=OD(1)-E1(1)
750 THAL(1)=A(1)+B(1)*E(1)
760 E(2)=.35
770 DE=.001
780 GOTO 800
790 E(2)=E(2)+DE
800 FOR I=2 TO N
810 IF I > 2 THEN B20 ELSE B30
820 E(I)=E(2)
830 H=EXP(-RK(I)*T(I))
840 G=EXP(-R(I)*T(I))
850 F=RK(I)*(H-G)/(R(I)-RK(I))
860 XL(I)=(Q(I-1)*F1(I-1)+QY(I)*YL(I)+QT(I)*P(I)-QT(I)*P(I)*E(I))/Q(I)
870 O(I)=(Q(I-1)*TON(I-1)+QY(I)*QY(I)+QT(I)*QT(I))/Q(I)
880 D(I)=OD(I)-O(I)
890 F1(I)=H*XL(I)
900 E1(I)=F*XL(I)+G*D(I)
910 TON(I)=OD(I)-E1(I)
920 IF TON(I) < OS(I) THEN 790 ELSE 930
930 RF=R(I)-RK(I)
940 RL=RK(I)*XL(I)
950 AA=0
960 AAA=(1-RF*D(I)/RL)
970 IF AAA < AA THEN 1090 ELSE 990
980 IF AAA = AA THEN 1090 ELSE 990
990 TC(I)=(ALOG(R(I)*(1-RF*D(I)/RL)/RK(I)))/RF
1000 IF TC(I) > T(I) THEN 1090 ELSE 1010
1010 HC=EXP(-RK(I)*TC(I))
1020 GC=EXP(-R(I)*TC(I))
1030 FL=RK(I)*(HC-GC)/(R(I)-RK(I))
1040 FC(I)=HC*XL(I)
1050 DC(I)=FL*XL(I)+GC*D(I)
1060 OC(I)=OD(I)-DC(I)
1070 IF OC(I) < OS(I) THEN 790 ELSE 1080
1080 GOTO 1100
1090 OC(I)=TON(I)
```

Ok

Ek 4.3'ün devamı.

```
1100 IF E(I) > CE(I) THEN 1130 ELSE 1110
1110   TMAL(I)=A(I)+B(I)*E(I)
1120 GOTO 1150
1130   A2=A(I)+B(I)*CE(I)
1140   TMAL(I)=A2+B2(I)*(E(I)-CE(I))
1150 NEXT I
1160 FOR I=1 TO N
1170 PRINT
1180 PRINT "İNCELENEN KESİTİN BASINDA BOI DEĞERİ ..... XL(";I;")=";XL(I)
1190 PRINT "İNCELENEN KESİTİN BASINDA CD DEĞERİ ..... O(";I;")=";O(I)
1200 PRINT "İNCELENEN KESİTİN SONUNDA BOI DEĞERİ ..... F1(";I;")=";F1(I)
1210 PRINT "İNCELENEN KESİTİN SONUNDA CD DEĞERİ ..... TON(";I;")=";TON(I)
1220 PRINT "KRİTİK KESİTTE CD DEĞERİ ..... OC(";I;")=";OC(I)
1230 PRINT "MUSADE EDİLEN CD DEĞERİ ..... OS(";I;")=";OS(I)
1240 PRINT "YİLLİK TESİS MALİYETİ ..... TMAL(";I;")=";TMAL(I)
1250 PRINT "KRİTİK KESİTTE CD DEĞERİ ..... TC(";I;")=";TC(I)
1260 PRINT "TASFİYE TESİSİ VERİMİ ..... E(";I;")=";E(I)
1270 NEXT I
1280 DATA 0.35,0.90,0,0,0
1290 DATA 509.901,0,1.005,0,0.31,0.66,0.54,360,19.5,33.2,9.56,0,1,7,0.8,34.34
1300 DATA 510.47,0,0.569,0,0.31,0.66,2.85,450,23.5,37.4,9.56,0,1,7,0.8,23.43
1310 DATA 512.652,0,2.182,0,0.31,0.66,1.77,360,18.5,24,9.56,0,1,7,0.8,27.80
1320 DATA 540.793,9.504,18.637,10,0.31,0.6,2.31,270,11,13.2,9.56,9.35
1330 DATA 1,7,0.8,19.20
1340 DATA 589.832,0,49.039,0,0.3,0.45,1.16,196,8.5,10.4,9.75,0,1,7,0.8,10.35
1350 DATA 590.974,0,1.142,0,0.3,0.45,2.99,360,20,30.7,9.75,0,1,7,0.8,28.30
1360 DATA 593.563,0,2.589,0,0.3,0.45,4.24,270,17.25,23.5,9.75,0,1,7,0.8,23.0
1370 END
Ok
```


Ek 4.4 Eğim - Tesir ve Oran Metodu Ana Programı.

```

100 REM *****
110 REM *      *** EGİM - TESİR - ORAN METODU ***      *
120 REM *****
130 DIM H(20),G(20),C(20)
140 DIM E(55),QY(20),QT(20),P(20),YL(20),Q(20),DT(20),V(20),QM(20)
150 DIM T(20),RK(20),R(20),A(20),B(20),DA(20),FARK(20),OKAR(20)
160 DIM TMAL(55),F1(55),E1(55),F2(55),E2(55),VEVEL(55),ODC(20)
170 DIM F3(55),E3(55),DY(20),BE(20),TC(20),FC(20),DC(20),OC(20)
180 DIM XL(90),D(90),D(90),DD(90),TDN(90),DS(90),DDN(90),DT(90)
190 DIM ON3(100),ON2(100),CE(20),B2(20),DY(20)
200 INPUT "KISIM SAYISI=";N
210 PRINT "KISIM SAYISI=";N
220 READ EKE
230 PRINT "EN KUCUK VERİM ..... EKE=";EKE
240 READ EBE
250 PRINT "EN BUYUK VERİM ..... EBE=";EBE
260 READ Q0
270 PRINT "GIRIS DEBISI ..... Q0=";Q0
280 READ D0
290 PRINT "GIRIS OKSİJEN DEGERI ..... D0=";D0
300 READ F0
310 PRINT "GIRIS BOI DEGERI ..... F0=";F0
320 FOR I=1 TO N
330 READ Q(I)
340 PRINT "KISIM DEBISI ..... Q(";I;")=";Q(I)
350 READ QY(I)
360 PRINT "YAN KOL DEBISI ..... QY(";I;")=";QY(I)
370 READ QT(I)
380 PRINT "TASFİYE TESİSİ DEBİSİ ..... QT(";I;")=";QT(I)
390 READ YL(I)
400 PRINT "YAN KOL BOİ ..... YL(";I;")=";YL(I)
410 READ RK(I)
420 PRINT "SARF HIZI KATSAYISI ..... RK(";I;")=";RK(I)
430 READ R(I)
440 PRINT "OKSİJEN SARF HIZI KATSAYISI ..... R(";I;")=";R(I)
450 READ T(I)
460 PRINT "AKİS SURESİ ..... T(";I;")=";T(I)
470 READ P(I)
480 PRINT "BOİ YUKU ..... P(";I;")=";P(I)
490 READ A(I)
500 PRINT "MALİYET DOGRUSUNUN ORDİNATI ..... A(";I;")=";A(I)
510 READ B(I)
520 PRINT "% 35-80 VERİMLİ TESİSİN MALİYET DOGRUSU EĞİMİ .... B(";I;")=";B(I)
530 READ OD(I)
540 PRINT "SICAKLIĞA BAĞLI CO DEĞERİ ..... OD(";I;")=";OD(I)
550 READ OY(I)
560 PRINT "YANKOL CO DEĞERİ ..... OY(";I;")=";OY(I)
570 READ OT(I)
580 PRINT "TESİS ÇIKIŞI CO DEĞERİ ..... OT(";I;")=";OT(I)
590 READ OS(I)

```

Ok

Ek 4.4'in devamı.

```
600 PRINT "MUSADE EDILEN CO DEGERI ..... OS(";I;")=";OS(I)
610 READ CE(I)
620 PRINT "% 80' DEN BUYUK VERIMLI TESISLERIN VERIM SINIRI . CE(";I;")=";CE(I)
630 READ B2(I)
640 PRINT "% 80-90 VERIMLI TESISIN MALİYET DOGRUSU EGİMİ ... B2(";I;")=";B2(I)
650 READ E(I)
660 PRINT "TESIS VERİMİ ..... E(";I;")=";E(I)
670 NEXT I
680 KT=0
690 MEK=0
700 FOR I=1 TO N
710 IF I > MEK AND KT = 1 THEN 720 ELSE 750
720 E(I)=V(I)
730 IF E(I) >= EBE THEN 740 ELSE 750
740 E(MEK)=EBE
750 GOSUB 1080
760 IF OC(I) < OS(I) THEN 770 ELSE 810
770 KN=I
780 GOSUB 1380
790 KT=1
800 GOTO 700
810 IF E(I) > CE(I) THEN 840
820 TMAL(I)=A(I)+B(I)+E(I)
830 GOTO 860
840 A2=A(I)+B(I)+CE(I)
850 TMAL(I)=A2+B2(I)+(E(I)-CE(I))
860 NEXT I
870 FOR I=1 TO N
880 PRINT "TASFIYE TESİSİ VERİMİ ..... E(";I;")=";E(I)
890 PRINT "YILLIK TESİS MALİYETİ ..... TMAL(";I;")=";TMAL(I)
900 PRINT "İNCELENEN KESİTİN BAŞINDA BOİ DEGERİ ..... XL(";I;")=";XL(I)
910 PRINT "İNCELENEN KESİTİN SONUNDA BOİ DEGERİ ..... F1(";I;")=";F1(I)
920 PRINT "İNCELENEN KESİTİN BAŞINDA CO DEGERİ..... O(";I;")=";O(I)
930 PRINT "İNCELENEN KESİTİN SONUNDA CO DEGERİ ..... TON(";I;")=";TON(I)
940 PRINT "KRİTİK KESİTTE CO DEGERİ ..... OC(";I;")=";OC(I)
950 PRINT "MUSADE EDİLEN CO DEGERİ ..... OS(";I;")=";OS(I)
960 PRINT "KRİTİK KESİTTE CO DEGERİ ..... TC(";I;")=";TC(I)
970 NEXT I
980 DATA 0.35,0.90,0,0,0
990 DATA 509.901,0,1.005,0,0.31,0.66,0.54,360,19.5,33.2,9.56,0,1,7,.8,34.34,.40
1000 DATA 510.47,0,0.569,0,0.31,0.66,2.85,450,23.5,37.4,9.56,0,1,7,.8,23.43,.35
1010 DATA 512.652,0,2.182,0,0.31,0.66,1.77,360,18.5,24,9.56,0,1,7,0.8,27.8,.55
1020 DATA 540.793,9.504,18.637,10,0.31,0.6,2.31,270,11,13.2,9.56,9.35
1030 DATA 1,7,0.8,19.20,.60
1040 DATA 589.832,0,49.039,0,.3,.45,1.16,196,8.5,10.4,9.75,0,1,7,.82,10.35,.85
1050 DATA 590.974,0,1.142,0,.3,.45,2.99,360,20,30.7,9.75,0,1,7,0.8,28.3,.50
1060 DATA 593.563,0,2.589,0,0.3,0.45,4.24,270,17.25,23.5,9.75,0,1,7,0.8,23.,.35
1070 END
Ok
```


Ek 4.4'in devamı.

```
1080 REM ***** TEMEL ALT PROGRAMI *****
1090 H=EXP(-RK(I)*T(I))
1100 G=EXP((-R(I)*T(I)))
1110 F=(H-G)*RK(I)/(R(I)-RK(I))
1120 IF I = 1 THEN 1160
1130 XL(I)=(Q(I-1)*F1(I-1)+QY(I)*YL(I)+QT(I)*P(I)-QT(I)*P(I)*E(I))/Q(I)
1140 O(I)=(Q(I-1)*TON(I-1)+QY(I)*OY(I)+QT(I)*OT(I))/Q(I)
1150 GOTO 1180
1160 XL(1)=(Q0*F0+QY(1)*YL(1)+QT(1)*P(1)-QT(1)*P(1)*E(1))/Q(1)
1170 O(1)=(Q0*O0+QY(1)*OY(1)+QT(1)*OT(1))/Q(1)
1180 D(I)=OD(I)-D(I)
1190 F1(I)=H*XL(I)
1200 E1(I)=F*XL(I)+G*D(I)
1210 TON(I)=OD(I)-E1(I)
1220 RF=R(I)-RK(I)
1230 RL=RK(I)*XL(I)
1240 AA=0
1250 AAA=(1-RF*D(I)/RL)
1260 IF AAA < AA THEN 1360
1270 TC(I)=(ALOG(R(I)*(1-RF*D(I)/RL)/RK(I)))/RF
1280 IF TC(I) > T(I) THEN 1360
1290 HC=EXP(-RK(I)*TC(I))
1300 GC=EXP(-R(I)*TC(I))
1310 FL=RK(I)*(HC-GC)/(R(I)-RK(I))
1320 FC(I)=HC*XL(I)
1330 DC(I)=FL*XL(I)+GC*D(I)
1340 DC(I)=OD(I)-DC(I)
1350 GOTO 1370
1360 DC(I)=TON(I)
1370 RETURN
Ok
```


Ek 4.4'in devamı.

```
1900 REM ***** EGİM ALT PROGRAMI *****
1910 KN=1
1920 L=2
1930 EK=B(L)
1940 IF E(L) > CE(L) THEN 1950 ELSE 1960
1950 EK=B2(L)
1960 I=L
1970 FOR I=1 TO KN
1980 IF E(I) = EBE THEN 2060
1990 IF E(I) >= CE(I) THEN 2010
2000 IF EK < B(I) THEN 2060 ELSE 2040
2010 IF EK < B2(I) THEN 2060
2020 EK=B2(I)
2030 GOTO 2050
2040 EK=B(I)
2050 MEK=I
2060 NEXT KN
2070 RETURN
Ok
```


Ek 4.5 Tesir Metodu Alt Programı.

```
1380 REM   *** TESIR ALT PROGRAMI ***
1390     EBE=.9
1400     DE=.025
1410     DD=.05
1420     DM(KN)=DC(KN)+DD
1430 IF   DM(KN) >DS(KN) THEN 1440 ELSE 1450
1440     DM(KN)=DS(KN)
1450 FOR  J=2 TO KN
1460     V(J)=E(J)+DE
1470 FOR  I=2 TO KN
1480 IF   I =J THEN 1490 ELSE 1510
1490 GOSUB 1080
1500 GOTO 1520
1510 GOSUB 1080
1520 IF   V(J) >= EBE AND DC(KN) < DM(KN) THEN 1670
1530 NEXT I
1540 IF   DC(KN) >= DM(KN) THEN 1570
1550     V(J)=V(J)+DE
1560 GOTO 1470
1570 IF   V(J) <= CE(J) THEN 1580 ELSE 1600
1580     FARK(J)=(V(J)-E(J))*B(J)
1590 GOTO 1670
1600 IF   V(J) >CE(J) AND E(J) < CE(J) THEN 1610 ELSE 1630
1610     FARK(J)=(CE(J)-E(J))*B(J)+(V(J)-CE(J))*B2(J)
1620 GOTO 1670
1630 IF   V(J) > CE(J) AND E(J) >= CE(J) THEN 1640
1640     FARK(J)=(V(J)-E(J))*B2(J)
1650 GOTO 1670
1660     FARK(J)=1*10^99
1670 NEXT J
1680     XMIN=FARK(2)
1690     I=2
1700 FOR  J=2 TO KN
1710 IF   FARK(J) >= XMIN THEN 1740
1720     I=J
1730     XMIN=FARK(J)
1740 NEXT J
1750     MEK=I
1760 RETURN
Ok
```


Ek 4.6 Oran Metodu Alt Programı.

```
1370 REM ***** ORAN ALT PROGRAMI *****
1380 EBE=.9
1390 DE=.001
1400 OM(KN)=OC(KN)
1410 FOR J=2 TO N
1420 IF E(J) >= EBE THEN 1610
1430 V(J)=E(J)+DE
1440 FOR I=2 TO KN
1450 IF I = J THEN 1480
1460 GOSUB 1340
1470 GOTO 1490
1480 GOSUB 1070
1490 NEXT I
1500 OKAR(J)=OC(KN)-OM(KN)
1510 IF V(J) <= CE(J) THEN 1530
1520 GOTO 1550
1530 FARK(J)=(V(J)-E(J))*B(J)
1540 GOTO 1590
1550 IF V(J) > CE(J) AND E(J) > CE(J) THEN 1560 ELSE 1580
1560 FARK(J)=(CE(J)-E(J))*B(J)+(V(J)-CE(J))*B2(J)
1570 GOTO 1590
1580 FARK(J)=(V(J)-E(J))*B2(J)
1590 FARK(J)=FARK(J)/OKAR(J)
1600 GOTO 1620
1610 FARK(J)= 1*10^99
1620 NEXT J
1630 XMIN=FARK(2)
1640 I=2
1650 FOR J=2 TO KN
1660 IF FARK(J) >= XMIN THEN 1690 ELSE 1680
1670 I=J
1680 XMIN=FARK(J)
1690 NEXT J
1700 MEX=I
1710 RETURN
Ok
```

- (1) BROUSS, ...
- (2) SMITH, ...
- (3) THOMANN, ...
- (4) DEININGE, ...
- (5) DEININGE, ...
- (6) MURPHY, ...
- (7) FOX, R. ...
- (8) KÖSEÖL, ...
- (9) ÇUŞI, V. ...
- (10) "Çediz İçmeşi Mühürü Sosyal Kuvvülük Araştırmaları BİRET ...
- (11) "Su Yılı: Arın Neticelari, İlim Tarihleri", E.I.E., ...
- (12) "Su Yılı: Arın Neticelari, 1951 - 1985.", ...
- (13) "Su Kalitesi Güçlen Neticelari", 1985.
- (14) ÇUŞAN, K., "İstatistik ve Araştırma Metotları" I.B. İktisat ...

KAYNAKLAR

- (1) EROĞLU, V., "Nehir Havzalarındaki Tasfiye Tesisi Verimlerinin Optimizasyonu", İTÜ İnşaat Fakültesi, İstanbul 979, (Doktora Tezi).
- (2) SMITH, R., "Cost of Conventional and Advanced Treatment of Wastewater", Jour. Wat. Poll. Cont. Fed., V. 40, Sept., (1968), pp. 1546-1574.
- (3) THOMANN, R.V., "Systems Analysis and Water Quality Management", McGraw-Hill Book Company, New York, 1972.
- (4) DEININGER, R.A., "Water Quality Management, The Planning of Economically Optimal Pollution Control Systems", American Water Resources Association, (1965), pp. 254-282.
- (5) DEININGER, R.A., "Çevre Mühendisliğinde Sistem Analizi ve Optimizasyon Teknikleri", İ.T.Ü. İnş. Fak., Çevre Bilimleri ve Teknolojisi Kürsüsü, İnş. Fak. Matbaası, 1978.
- (6) MUSLU, Y., "Su Temini ve Çevre Sağlığı Cilt III", İ.T.Ü İnşaat Fakültesi, İstanbul, 1985.
- (7) KOR, N., "Çevre Sağlığı ve Teknolojisi Cilt I", İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi, İstanbul, 1974.
- (8) KÖSEOĞLU, Y., "Hareket Araştırması", Y.Ü Makina Bölümü, İstanbul, 1979
- (9) CURİ, V.C., TANYERİ, S., "Nehirlerdeki Özümlene Kapasitesi Üzerine Genel Analitik Model ve Porsuk Nehrine Uygulanması", TÜBİTAK, İstanbul, 1974.
- (10) "Gediz Irmağı Mansap Kesimi Kirlilik Araştırmaları Nihai Raporu Cilt I - Cilt II" E.Ü. İnşaat Fak, İzmir, 1980.
- (11) "Su Yılı Akım Neticeleri, (Akım Yıllıkları), E.İ.E., Hidrografi Neşriyatları, 1953-1985.
- (12) Su Yılı Akım Neticeleri, DSİ, 1953 - 1985.
- (13) "Su Kalitesi Gözlem Neticeleri", DSİ, 1985.
- (14) GÜRTAN, K., "İstatistik ve Araştırma Metodları" İ.Ü. İşletme Fakültesi, İstanbul, 1982.

(15) "Gediz Havzası Toprakları", Topraksu Gn. Md., Yayın No:302,
Ankara, 1978.

GİRİŞ

Çevre Mühendisi Vahap ATAS, 1962 yılında Gaziantep'te dünyaya gelmiş, 1980 yılında İstanbul Bahçeşehir Lisesini bitirmiştir. 1981 yılında girdiği İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümünden 1985 yılında mezun olmuştur.

Halen özel bir şirkette mühendis olarak çalışmaktadır.

ÖZGEÇMİŞ

Çevre Mühendisi Vahap ATAŞ, 1962 yılında Gaziantep'te dünyaya gelmiş, 1980 yılında İstanbul Bahçelievler Lisesini bitirmiştir. 1981 yılında girdiği İ.T.Ü. İnşaat Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümünden 1985 yılında mezun olmuştur.

Halen özel bir şirkette mühendis olarak çalışmaktadır.



