

## SU KAYNAKLARI EKONOMİSİ TEMEL KAVRAMLARI

Su kaynakları geliştirmesinin planlanmasında çeşitli alternatif projelerin ekonomik yönden birbirleriyle karşılaştırılmaları esastır.

Mühendis önerdiği projenin teknik yönden tutarlı olduğu kadar, ekonomik yönden de mevcut çözümler arasında en iyisi olduğunu göstermek durumundadır. Böyle bir çözüme optimum çözüm denir. Mühendislik çözümleri arasında, ekonomik kriterleri uygulamak suretiyle optimum çözümün bulunması, mühendislik ekonomisi disiplinin uygulanması ile olur.

### 5.1. Temel İlkeler

Planlama çalışmalarında alternatiflerin karşılaştırılmasında masraf ya da yatırımlarla fayda ya da gelirlerin aynı baza indirgenmesi zorunludur. Alternatifler içinden doğru bir seçimin yapılabilmesi için hesaplanan her ekonomik miktarın değeri kadar, zaman boyutundaki yerinin de Önemi büyüktür. Örneğin, bu yıl üretilen 1 ton buğdayın değeri, bundan 10 yıl sonra üretilecek 1 ton buğdayın değerinden fazladır. O bakımdan geleceğe ilişkin ekonomik değerlerin hesaplarda yıllara göre küçülen bir katsayı ile çarpılarak dikkate alınması gerekir. Bu katsayıya indirgeme (ıskonto) oranı denir. İndirgeme (ıskonto) oranının seçimi bunun proje masraf ve faydalarına uygulanması proje ekonomisi açısından büyük önem taşır. İskonto oranının yüksek seçilmesi yatırım masraflarının yıllık masraflarla ikame edilmesini uygun süreli projelerin kademeli inşaatın tercih edilmesini rasyonel kılar.

Su kaynaklarının geliştirilmesinde projenin geliştirilmesi sonucunda elde edilecek ürünlerin üreticiye sağladığı doğrudan (direk) gelir yanında bu ürünleri yeniden işleyen, taşıyan ve pazarlayanların da dolaylı yoldan sağlayacağı faydalarda göz önüne alınmalıdır. O bakımdan, alternatiflerin değerlendirilmesinde ülke ekonomisinin esas alınması ekonomiye katılacak mal ve hizmetlerin karşılaştırılmasının yapılması gerekir. Alternatifler karşılaştırılırken geleceğe ilişkin masraf ve faydaların karşılaştırılması esas olmalıdır. Bugüne kadar yapılmış olan bütün yatırımlar tamamlanmış işlemleri ifade eder ve geleceğe ait alternatiflerin seçiminde etkili olmazlar. Geçmişte yapılmış bütün masraflar sarf olunmuş maliyetlerdir ve gelecekte bir değişikliğe neden olmadıkları takdirde karşılaştırmalarda göz önüne alınmamaları gerekir.

Su kaynaklarının geliştirilmesinde karşılaştırma (mukayese) periyodu, projeye ilişkin fayda ve masrafların karşılaştırılmasında kullanılan periyottur. Bu periyot genellikle ekonomik ömürden kısa seçilir. Bilindiği gibi ekonomik ömür tesisin işletilmesi sırasında elde edilecek marjinal faydanın işletme için gerekli marjinal masrafları karşılayamadığı anda sona erer. Öte yandan fiziksel ömür, ancak tesisin kendinden beklenen hizmeti karşılayamaması durumunda sona erer. Genellikle ekonomik ömür fiziksel ömürden kısadır. Ülkemizde su kaynaklarının geliştirilmesinde karşılaştırma periyodu 50 yıl olarak alınmaktadır.

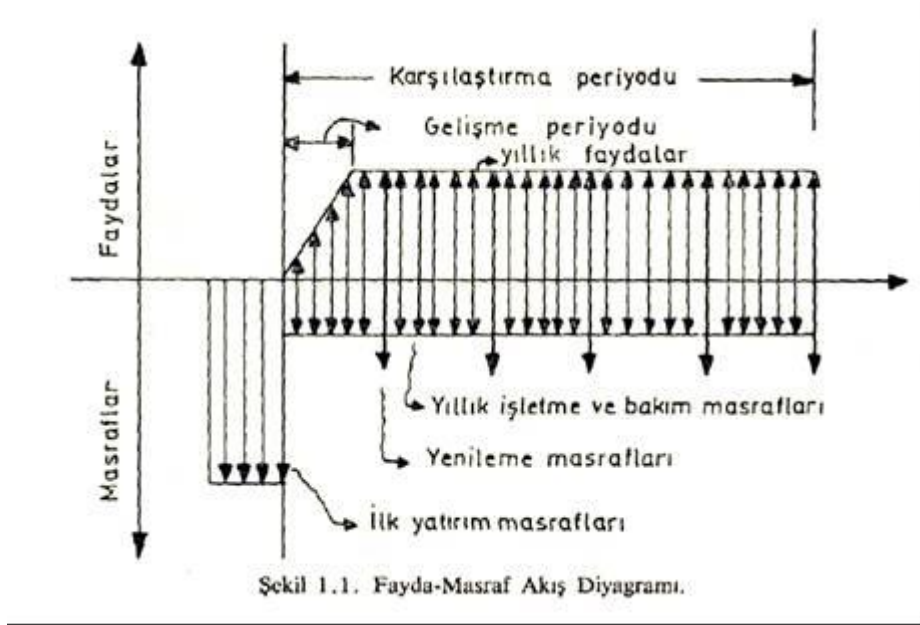
Alternatiflerin karşılaştırılmasında, karşılaştırma periyodu içinde yapılacak tüm masraflarla, elde edilecek tüm faydalar, indirgeme oranı yardımıyla bir tek sayıya çevrilmeye çalışılır. Böylece alternatiflerin karşılaştırılması mümkün olur.

Alternatiflerin seçiminde, düşünülen amacı sağlayacak teknik bakımdan mümkün tüm çözümler göz önüne alınmış olmalıdır. Fayda masraf farkı fonksiyonları projeli ve projersiz durumların karşılaştırılması yolu ile elde edilir.

#### 5.1.1. Fayda Masraf Akış Diyagramı

Ele alınan her alternatifin, projersiz durum dahil, ekonomik yönden fayda ve masrafları ya da gelir ve giderleri olmak üzere iki yönü vardır. Bir koordinat sisteminde, zaman (yıl) boyutunun apsiste, projenin karşılaştırma periyodu içindeki tüm faydalarının (+) ordinatta tüm masraflarının ise (-) ordinatta gösterilmesi ile elde edilen şemaya Fayda-Masraf Akış Diyagramı denir. Şekil 1.1 in incelenmesinden görüleceği gibi, başlangıçta bir yatırım yapılarak proje gerçekleştirilmekte, bundan sonra amacın gerçekleştirilmesi için yıllık işletme ve bakım masrafları yapılmakta, belirli aralıklarla yenileme giderleri öngörülmektedir. Buna karşılık faydalar geliştirme periyodu boyunca doğrusal olarak artarak bir maksimum değere ulaşmakta ve daha sonra sabit kalmaktadır. Ele alınan her

alternatif için böyle bir diyagramın hazırlanması zorunludur.



### 5.1.2. Faiz

Bilindiği gibi faiz, bir müteşebbisin başkasının sermayesini kullanmasına karşılık ödediği bedeldir. Faiz oranı büyük ölçüde ekonominin mevcut durumuna, söz konusu olabilecek risk ve enflasyona bağlıdır.

Yıllık faiz oranı ( $f$ ), paranın bugünkü değeri ya da ilk kapital ( $P$ ), yıl sayısı ( $n$ ) ile gösterilirse, bir yıl sonraki faiz miktarı ( $fP$ ) dir. Eğer borç verilen paraya karşılık olan faiz her yılın sonunda çekilecek olursa, ( $n$ ) yıl yılda alınacak faiz miktarı ( $\sum_{i=1}^n Pfn$ ) olacaktır.

Uygulamada Özellikle inşaat süresindeki faizin hesaplanmasında bazen aylık faiz esas alınabilir. Bu durumda

$$It = \frac{Pft}{12} \quad \text{olacaktır.}$$

$It = t$  ay süresince gerçekleşen faiz

$t =$  Ay sayısıdır.

Buna karşılık, borç veren gerçekleşen faiz gelirini çekmez, aynı faiz oranı ile yatırır, başlangıçtaki ( $P$ ) liranın bileşik faizle ( $n$ ) yıl sonra ulaşacağı miktar ( $F$ ) şöyle ifade edilir:

$$F = P(1 + f)^n \quad \text{veya } (1 + f) \text{ değeri } q \text{ ile gösterilirse}$$

$$F = Pq^n \quad \text{dir.}$$

(5.1)

### 5.1.3. Bugünkü Değer

Su kaynaklarının geliştirilmesi projelerinde gelecekte gerçekleşecek ya da ödenecek fayda ya da masrafların bu günkü değerlerinin ( $P$ ) bilinmesine ihtiyaç vardır. Finans dilinde ( $n$ ) yıl sonraki ( $F$ ) değerinin, yıllık ( $f$ ) indirgeme (iskonto) oranında bugünkü değeri ( $P$ ), eşitlik (5.1) in  $P$  için çözülmesi ile bulunabilir.

$$P = \frac{F}{(1 + f)^n} = \frac{F}{q^n} \quad (5.2)$$

Mühendislik projelerinin ekonomik analizinde zaman boyutunun değişik anlarında ortaya çıkacak fayda ve masrafların karşılaştırılmasında bugünkü değer kavramı yaygın biçimde kullanılır. Örneğin, yıldan yıla değişik yıllık masrafları olan alternatif projelerin karşılaştırılmasında,

karşılaştırma periyodundaki tüm yıllık masrafların ortak bir başlangıç yılına indirgenmesi zorunludur. Bu tür hesapların yapılmasında Ek (1) de verilen tablolar büyük kolaylık sağlar. Bu tabloların kullanılmasına ilişkin örnekler bölümün sonunda çözülecektir.

#### 5.1.4. Yıllık Eşit Ödemeler

Yıllık A miktarı, her yılın sonunda bileşik faizle yatırılır. Her yıl yapılan bu yatırımın (n) yıl sonra erişeceği (F) miktarı şöyle ifade edilir:

$$F = \frac{A(1+f)^n - 1}{f} = \frac{A(q^n - 1)}{f} \quad (5.3)$$

Örneğin gelecekteki bir harcamayı gerçekleştirmek için her yıl 1000 lira % 5 bileşik faizle yatırılmaktadır. Bu fonun 20 yıl sonraki değeri;

$$F = \frac{1000[(1+0,05)^{20} - 1]}{0,05} = 33066 \text{ liradır.}$$

Aynı şekilde n yıl süren yıllık eşit ödemelerin bugünkü değeri, Denklem (5.3) ün, Denklem (5.2) de yerine konması ile bulunabilir.

$$P = \frac{F}{(1+f)^n} = \frac{\frac{A(1+f)^n - 1}{f}}{(1+f)^n} = \frac{A(1+f)^n - 1}{f(1+f)^n} = \frac{A(q^n - 1)}{fq^n} \quad (5.4)$$

Örneğin, 20 yıl boyunca % 5 faizle her yıl yatırılan 1000 liranın bugünkü değeri 12 460 liradır. Bir başka deyişle bugün bankaya % 5 faizle 12 460 lira yatılırsa fon tükenmeden 20 yıl boyunca her yılın sonunda 1000 lira çekilebilir.

Yukarıdaki örnekte, % 5 bileşik faizle her yıl yatırılan 1000 liranın 20 yıl sonra 33066 liraya eriştiği daha önce görülmüştü.

Mühendislik problemlerinde çoğu kez belirli bir periyot sonunda belirli bir fonun yaratılması zorunlu olur. Böyle durumlarda gelecekte belirli bir yılda gerekli fon bilinir. Bu fonu biriktirmek için gerekli yıllık ödemelerin (biriktirme taksitlerinin) bilinmesi istenir. Yıllık ödemeler Denklem (5.3) in (A) için çözülmesi ile bulunabilir:

$$A = \frac{Ff}{(1+f)^n - 1} = \frac{Ff}{q^n - 1} \quad (5.5)$$

Bugünkü bir yatırımı (P), amorti etmek için n yıl boyunca, her yıl ödenmesi gereken faiz amortisman (sermaye kurtarma) taksiti denklem (5.4)'ün A için çözülmesi ile elde edilir.

$$A = \frac{Pf(1+f)^n}{(1+f)^n - 1} = \frac{Pfq^n}{q^n - 1} \quad (5.6)$$

Örneğin bugün yapılan 100 000 liralık bir yatırımın, % 7 bileşik faizle 20 yılda amorti edilmesi için her yılın sonunda Ödenmesi gereken faiz-amortisman taksiti:

$$A = \frac{100000 \times 0,07(1+0,07)^{20}}{(1+0,07)^{20} - 1} = 9440 \text{ liradır.}$$

#### 5.2 Ekonomik Analiz Çevrim Tablolarının Kullanılışı

Ekonomik analizde kullanılan bileşik faiz, biriktirme, amortisman, bugünkü değere indirgeme (ıskonto) hesaplarının yapımında kullanılan ve 5.1 de verilen formüllerde, içinde faiz (f) ve yıl sayısının (n) bulunduğu üslü terimler olduğundan, işlem yapmak zahmetli ve güçtür. O nedenle anılan formüllerdeki bu üslü terimler uygulamada kullanılan belirli faiz (f) ve (n) değerleri için çözümlenerek bulunan faktörler (katsayılar) tablolar halinde düzenlenerek Ek (1) de verilmiştir.

Aşağıda verilen örnek hesaplamalarda kullanılan formüllerde yıllık faiz oranı (f), yıl sayısı (n), söz konusu paranın bugünkü değeri (P), söz konusu paranın gelecekteki değeri (F) ve yıllık ödenen para taksidi (A) ve (1+f) değeri q ile gösterilmiştir.

### 5.2.1. Tek Ödemelerin Bileşik Faiz Faktörü (Kolon 1)

Faktör  $qn = (1+f)^n$  dir. Elde mevcut paranın bugünkü (P) değerinin (f) bileşik faizinde n yılda erişeceği (F) değerini hesaplamak için kullanılır.

$$F = Pq^n \text{ veya } \frac{F}{P} = q^n \text{ dir.}$$

Örnek: 20 450 lira % 5 bileşik faizle, 8 yıl için yatırılmıştır, 8 yıl sonundaki değeri ne olacaktır?

$$P \quad \times \text{ Faktör } \left( \frac{F}{P}, f=\%5, n=8 \right) = F$$

$$20\,450 \times 1.477\,455 = 30\,210 \text{ lira}$$

(Kolon 1)

### 5.2.2. Yıllık Eşit Ödemelerin Bileşik Faiz Faktörü: (Kolon 2)

$$\text{Faktör } \frac{q^n - 1}{f} = \frac{(1+f)^n - 1}{f} \text{ dir.}$$

Her yıl yapılan (A) miktarında ödemenin, (f) bileşik faiz oranında (n) yılsonunda erişeceği (F) değerinin hesaplanmasında kullanılır.

$$F = \frac{q^n - 1}{f} \text{ veya } \frac{F}{A} = \frac{q^n - 1}{f} \text{ dir.}$$

Örnek: 78 200 lira her yılın 31 Aralığında % 5 faizle, 9 yıl boyunca yatırılmıştır. 9 yılsonundaki değeri ne olacaktır.

$$A \quad \times \text{ Faktör } \left( \frac{F}{A}, f=\%5, n=9 \right) = F$$

$$78\,200 \times 11.026\,564 = 862\,300 \text{ TL.}$$

(Kolon 2)

### 5.2.3. Yıllık Eşit Ödemelerde Biriktirme (İtfa Fonu Batan Sermaye) Faktörü: (Kolon 3)

$$\text{Faktör } \frac{f}{q^n - 1} = \frac{f}{(1+f)^n - 1} \text{ dir.}$$

Gelecekteki (F) miktarını biriktirmek için n yıllık sürede, (f) faiz oranında her yılın sonunda Ödenmesi gereken (A) miktarının hesaplanmasında kullanılır.

$$A = F \frac{f}{q^n - 1} \text{ veya } \frac{A}{F} = \frac{f}{(1+f)^n - 1}$$

Örnek: Bir sulama pompaj ünitesinin 15 yıl olan ekonomik ömrü tamamlandığında, yenilenmesi 8 750 000 liraya mal olacaktır, Çiftçiden toplanan para % 10 faizli devlet bonosuna yatırılmaktadır. Anılan paranın biriktirilmesi için çiftçiden her yıl toplanması gereken miktar (A) ne kadar olmalıdır.

$$F \quad \times \text{ Faktör } \left( \frac{A}{F}, f=\%10, n=15 \right) = A$$

$$8\,750\,000 \times 0.031474 = 275\,398 \text{ TL}$$



(Kolon 3)

5.2.4. Tek Ödemelerde Bugünkü Değer Faktörü: (Kolon 4)

$$Faktör \frac{1}{q^n} = \frac{1}{(1+f)^n} \text{ dir.}$$

Bu faktör, gelecekte n yıl sonraki değeri (F) olan bir miktarın, (f) indirgeme (faiz) oranında bugünkü değerinin (P) hesaplanmasında kullanılır.

$$P = F \frac{1}{q^n} \text{ veya } \frac{P}{F} = \frac{1}{q^n}$$

Örnek 1: Bir sulama projesinin işletmeye açılışının 14 üncü yılında gerçekleşen net fayda 173 831 000 liradır. Net faydanın % 10 indirgeme (faiz) oranında projenin başlangıcındaki (to) bugünkü değeri (P) nedir.

$$F \quad \times \text{ Faktör } \left( \frac{P}{F}, f=\%10, n=14 \right) = P$$

$$173\,831\,000 \times 0.263\,331 = 45\,775\,091 \text{ TL}$$

(Kolon 4)

5.2.5. Yıllık Eşit Ödemelerin (Üniform Ödemelerin) Bugünkü Değer Faktörü (Kolon 5)

$$Faktör \frac{q^n - 1}{fq^n} = \frac{(1+f)^n - 1}{f(1+f)^n}$$

Bu faktör, (f) faiz (indirgeme) oranında n yıl süren yıllık (A) miktarındaki eşit ödemelerin bugünkü değerinin hesaplanmasında kullanılır.

Bu faktör, su kaynakları projelerinin değerlendirilmesinde karşılaştırma periyodu (tn) boyunca eşit, gerçekleşen sabit yıllık fayda ve masrafların, projenin ilk yılının başlangıcındaki (to) toplam bugünkü değerinin hesaplanmasında büyük kolaylık sağlar.

$$P = A \frac{q^n - 1}{fq^n} \text{ veya } \frac{P}{A} = \frac{q^n - 1}{fq^n}$$

Örnek 1: Bir sulama projesinde 9 yıl süre ile (t<sub>1</sub> → t<sub>9</sub>) gerçekleşen yıllık fayda 150 x 10<sup>6</sup> TL. dir. İndirgeme oranı % 15 olduğuna göre toplam faydanın 1. yıl (t<sub>1</sub>) başlangıcındaki değerini bulunuz.

$$A \quad \times \text{ Faktör } \left( \frac{P}{A}, f=\%15, n=9 \right) = P$$

$$150 \times 10^6 \times 4.772 = 715.8 \times 10^6$$

(Kolon 5)

Bilindiği gibi yatırım projelerinin büyük bölümünde yıllık faydalarla kapasitesine ulaşması ancak belirli bir gelişme süresinin sonunda gerçekleşir ve bundan sonra ekonomik ömrün sonuna kadar eşit devam eden bu faydaların ekonomik analizde karşılaştırma periyodunun başlangıcına getirilmesi (indirgenmesi) gerekir. Böyle bir problemin çözümlenmesinde en kestirme yol aşağıdaki örnekte gösterilmiştir:

Örnek: Bir sulama projesinde gerçekleştirilen yıllık faydalar gelişme periyodunda her yıl artarak (t<sub>10</sub>) yılında maksimum değeri olan 460 x 10<sup>6</sup> değerine ulaşmış ve 50 yıl olan ekonomik ömrün sonuna kadar bu düzeyde kalmıştır. Toplam sabit faydanın indirgeme oranı % 15 olduğuna göre projenin işletmeye açıldığı yılın başındaki (t<sub>0</sub>) değerini bulunuz.

Bir süre sonra (örneğin gelişme periyodu sonu) başlayarak gerçekleşen yıllık eşit faydaların,

karşılaştırma periyodunun başlangıcına ( $t_0$ ) getirilmesinde en kestirme yol, önce yıllık eşit faydalar için bugünkü değer faktörü (kolon 5); verilen faiz oranında ( $f$ ), karşılaştırma periyodu sonu ( $t_n$ ) ve sonra da faydanın sabitleştiği yıldan önceki (örnekte  $t_9$ ) yıl için bulunarak, hesapta bu iki faktör farkının kullanılmasıdır.

Karşılaştırma periyodu için B.D.faktörü ( $t_{50}$ ) 6.661

Gelişme süresi sonu için B.D.faktörü ( $t_9$ )  $\frac{4.772}{1.889}$

Hesapta kullanılacak faktör

$P = A \cdot \text{faktör}$

$P = 460 \times 10^6 \times 1.889 = 868.9 \times 10^6$  liradır.

Örnek: Bir çiftçi tesis ettiği sulama pompaj ünitesinin 15 yıllık hizmet ömrü boyunca her yıl sağladığı yıllık fayda 441 500 liradır. İndirgeme oranı % 22 ise, yaratılan faydaların, tesisin işletmeye açıldığı yıldaki ( $t_0$ ) bugünkü değeri ( $P$ ) nedir?

$A \times \text{Faktör} \left( \frac{P}{A}, f=\%22, n=15 \right) = P$

$441\,500 \times 4.315\,215 = 1\,905\,167$  TL

(Kolon 5)

5.2.6.Yıllık Eşit Ödemelerde Faiz-Amortisman (Sermaye Kurtarma) Faktörü (Kolon6)

Faktör  $\frac{fq^n}{q^n - 1} = \frac{f(1+f)^n}{(1+f)^n - 1}$

Bu faktör, ( $f$ ) faiz oranı ile borç alınan bir miktarı ( $P$ ),  $n$  yılda geri ödemek için yıllık eş ödeme (faiz-amortisman) taksitlerinin ( $A$ ) miktarını bulmakta kullanılır.

$A = P \frac{fq^n}{q^n - 1}$  veya  $\frac{A}{P} = \frac{fq^n}{q^n - 1}$  dir.

Örnek: Bir çiftçi kuyu açmak için bankadan % 5 faizle ve 10 yılda ödemek üzere 879 000 TL borç alıyor. Her yıl ödeyeceği (ana para + faiz) taksit ( $A$ ) ne olacaktır.

$P \times \text{Faktör} \left( \frac{A}{P}, f=\%5, n=10 \right) = A$

$879\,000 \times 0.129\,505 = 113\,834,9$  TL dir.

(Kolon 6)

Problemler

5.1. Bir sulama tesisinin ilk tesis masrafı  $50 \times 10^6$  TL dir. Program da belirtilen inşaat süresi 3 yıldır. Yıllık faiz % 22 olduğuna göre yatırımın inşaat süresindeki faizini hesaplayınız.

5.2. Her yılın 31 Aralığında  $2 \times 10^6$  TL, % 10 faizle 16 yıl boyunca yatırılmıştır. Bu yıllık eşit ödemelerin 16 yıl sonraki değerini hesaplayınız.

5.3. Bir sulama pompaj tesisinin 15 yıl olan ekonomik ömrü tamamlandığında, yenilenmesi  $8.6 \times 10^6$  TL ye mal olacaktır. Çiftçiden toplanan para % 22 faizli Devlet tahviline yatırılmaktadır. Anılan paranın biriktirilmesi için her yıl kaç lira toplanması gerekir.

5.4. Bir sulama projesinin işletmeye açılışının 15inci ( $t_{15}$ ) yılının sonunda gerçekleşen net fayda  $416 \times 10^6$  liradır. Bu net faydanın (indirgeme ya da ıskonto oranı % 10 ise) projenin başlangıcındaki ( $t_0$ ) bugünkü değeri kaç liradır.

5.5. Bir sulama pompaj tesisinin 15 yıllık hizmet ömrü boyunca her yıl sağladığı yıllık net fayda  $4.6 \times 10^6$  liradır. İndirgeme oranı % 5 ise toplam net faydanın bugünkü değerini hesaplayınız.

5.6. Bir çiftçi kuyu açmak için bankadan % 22 faizle ve 10 yılda ödemek üzere  $1.6 \times 10^6$  lira kredi almıştır. Her yıl ödeyeceği taksit (Anapara + faiz ya da faiz-Amortisman) kaç liradır.