

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ARDIŞIK KESİKLİ REAKTÖRLER İÇİN
MALİYET ANALİZİ VE İNDEKS GELİŞTİRİLMESİ**

**T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
TEZ YAKLAŞIM MERKEZİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
Çevre Müh. Gamze ERDİNÇ
(501971418)**

104021

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 22 Ocak 2001

Tezin Savunulduğu Tarih : 5 Şubat 2001

Tez Danışmanı :

Doç.Dr. Cumali KINACI

Cumali Kinaci

Diğer Jüri Üyeleri

Prof.Dr. Hasan Z. SARIKAYA (İ.T.Ü.)

H. Sarıkaya

Doç.Dr. Gülseven UBAY (İ.Ü.)

G. Ubay

ŞUBAT 2001

ÖNSÖZ

Bu çalışmayı yöneten, çalışmalarım süresince bana yol gösteren, hiçbir yardımını esirgemeyen, büyük moral desteği veren Sayın Hocam Doç. Dr. Cumali KINACI' ya teşekkürlerimi sunarım.

Yapmış olduğu doktora tezinden faydalanmamı sağlayan Sn. Mustafa TUNA' ya, çalışmalarım esnasında engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım Sn. İlhan TEZER ile tez çalışmalarım sırasında yardımı geçen başta Neşe DÜZOVA olmak üzere diğer arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca öğretim hayatım boyunca bana her türlü destek sağlayan aileme sonsuz teşekkür ederim.

Ocak 2001

Gamze ERDİNÇ

İÇİNDEKİLER

TABLO LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	vii
ÖZET	viii
SUMMARY	x
1. GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Anlam ve Önemi	1
1.2. Çalışmanın Amaç ve Kapsamı	2
2. ARDIŞIK KESİKLİ REAKTÖR TEKNOLOJİSİ	4
2.1. AKR Sistemin Tarihsel Gelişimi	4
2.2. AKR Sisteminin Avantajları	5
2.3. Ardişik Kesikli Reaktörlerin İşletim Esasları	7
2.3.1. Doldurma Fazı	9
2.3.2. Reaksiyon Fazı	11
2.3.3. Çökelme Fazı	14
2.1.4. Boşaltma Fazı	15
2.1.5. Dinlenme Fazı	15
2.4. AKR Mikrobiyolojisi	17
2.5. Sistem Dizaynı	21
2.6. AKR İle İlgili Son Zamanlarda Yapılan Çalışmalar	27
2.6.1. Yurtdışında AKR Sistemler Üzerine Yapılan Bazı Önemli Çalışmalar	27
2.6.2. Türkiye’ de AKR Sistemleri Üzerine Yapılan Çalışmalar	32
3. ATIKSU ARITMA TESİSLERİ İÇİN MALİYET İNDEKSİ GELİŞTİRME ESASLARI	35
3.1. Atıksu Arıtma Tesisleri Maliyeti Üzerine Yapılmış Çalışmalar	35
3.2. Türkiye’de Atıksu Arıtma Tesisleri Maliyeti Üzerine Yapılan Çalışmalar	40
3.3. AKR Sisteminin Maliyeti Üzerine Yapılmış Çalışmalar	43
3.4. Atıksu Arıtma Tesislerinin Maliyet Unsurlarının Belirlenmesi	51
3.5. Maliyet İndeksinin Belirlenmesi	54
3.6. Maliyet İndeksi Geliştirme Esasları	57
4. ARDIŞIK KESİKLİ REAKTÖR (AKR) SİSTEMLERİ İÇİN MALİYET ANALİZLERİ VE MALİYET İNDEKSİ GELİŞTİRİLMESİ	59
4.1. Maliyet Hesabında Dikkate Alınan Genel Esaslar	59
4.2. Maliyet Kalemlerinin Belirlenmesi	62
4.3. Maliyet Bileşenlerinin Hesaplanması	63
4.3.1. İlk Yatırım Maliyeti	63
4.3.2. Toplam İşletme ve Bakım Maliyeti	79

4.3.3. Toplam Proje Maliyeti	82
4.4. Maliyet Kalemlerinin Değerlendirilmesi	83
4.5. Maliyet İndeksinin Geliştirilmesi	92
4.6. Maliyet İndeksi ve Bileşenlerinin Değerlendirilmesi	94
5. AKR SİSTEMLERİNİN “DEBİ-MALİYET” VE “KİRLİLİK YÜKÜ – MALİYET” MÜNASEBETLERİ	99
5.1. "Debi - İlk Yatırım Maliyeti" ve "Kirlilik Yüğü - İlk Yatırım Maliyeti" Münasebetleri	99
5.2. "Debi - Toplam İşletme ve Bakım Maliyeti" ve "Kirlilik Yüğü - Toplam İşletme ve Bakım Maliyeti" Münasebetleri	101
5.3. "Debi - Toplam Proje Maliyeti" ve "Kirlilik Yüğü - Toplam Proje Maliyeti" Münasebetleri	102
5.4. "Debi - Maliyet" ve "Kirlilik Yüğü - Maliyet" Münasebetlerinin Değerlendirilmesi	104
6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	106
KAYNAKLAR	109
EKLER	115
ÖZGEÇMİŞ	131

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1. Yaygın işletme stratejileri (Ketchum, 1997).....	12
Tablo 2.2. Nitrifikasyon ve denitrifikasyonu gerçekleştirmek için uygulanan AKR fazları ve süreleri (Cybis ve Horan, 1997).....	18
Tablo 2.3. Cybis ve Horan (1997)'nin çalışmasında belirlenen protozoa ve metazoa	20
Tablo 3.1. Ketchum ve diğ., (1978)'nin çalışmaya esas aldıkları nüfus ve debiler.....	44
Tablo 3.2. AKR sistemi ile karşılaştırılan klasik sistemler	44
Tablo 3.3. Alternatif arıtma tesisi maliyetleri özeti (Ketchum ve diğ., 1978)..	45
Tablo 3.4. Arıtma kapasitesine bağlı olarak AKR sisteminin ilk yatırım maliyetleri	47
Tablo 3.5. 300 kişilik tesise ait işletme maliyetleri (Torrijos ve diğ., 2000)....	47
Tablo 3.6. AKR sistem için toplam yatırım maliyetleri	48
Tablo 3.7. AKR sistem için işletme ve bakım maliyetleri	50
Tablo 3.8. Standart yatırım maliyeti algoritması (EPA, 1998).....	53
Tablo 3.9. Standart işletme ve bakım maliyeti faktörleri (EPA, 1998).....	54
Tablo 4.1. İnşaat imalat kalemleri listesi (1998 yılı).....	64
Tablo 4.2. İnşaat imalat kalemlerinin 1998-1999 yılları arasındaki fiyat artış yüzdeleri ve ağırlıklı fiyat artış miktarları	64
Tablo 4.3. İnşaat imalat kalemlerinin 1999-2000 yılları arasındaki fiyat artış yüzdeleri ve ağırlıklı fiyat artış miktarları	65
Tablo 4.4. Borulama imalat kalemleri listesi (1998 yılı).....	65
Tablo 4.5. Borulama imalat kalemlerinin ağırlıklı etkime miktarları ve 1998-1999 yılı ağırlıklı fiyat artış yüzdeleri	69
Tablo 4.6. Borulama imalat kalemlerinin ağırlıklı etkime miktarları ve 1999-2000 yılı ağırlıklı fiyat artış yüzdeleri	69
Tablo 4.7. Elektrik imalat kalemleri listesi (1998 yılı).....	70
Tablo 4.8. Elektrik imalat kalemlerinin ağırlıklı etkime miktarları ve 1998-1999 yılı ağırlıklı fiyat artış yüzdeleri	73
Tablo 4.9. Elektrik imalat kalemlerinin ağırlıklı etkime miktarları ve 1999-2000 yılı ağırlıklı fiyat artış yüzdeleri	73
Tablo 4.10. Ekipman imalat kalemleri listesi (1998 yılı).....	74
Tablo 4.11. Ekipman imalat kalemlerinin 1998-1999 yılları arasındaki fiyat artış yüzdeleri ve ağırlıklı fiyat artış miktarları	75
Tablo 4.12. Ekipman imalat kalemlerinin 1999-2000 yılları arasındaki fiyat artış yüzdeleri ve ağırlıklı fiyat artış miktarları.....	75
Tablo 4.13. Ekipman imalat kalemlerinin 1998-1999 yılı ağırlıklı fiyat artış yüzdeleri	76
Tablo 4.14. Ekipman imalat kalemlerinin 1999-2000 yılı ağırlıklı fiyat artış yüzdeleri.....	76

Tablo 4.15.	1998, 1999 ve 2000 yılı motorin fiyatları	76
Tablo 4.16.	Yıllara göre nakliye artış yüzdeleri	77
Tablo 4.17.	Montaj işçilik kalemleri listesi (1998 yılı).....	77
Tablo 4.18.	Montaj işçilik kalemlerinin 1998-1999 yılları arasındaki fiyat artış yüzdeleri ve ağırlıklı fiyat artış miktarları	78
Tablo 4.19.	Montaj işçilik kalemlerinin 1999-2000 yılları arasındaki fiyat artış yüzdeleri ve ağırlıklı fiyat artış miktarları	78
Tablo 4.20.	Çalışmaya esas alınan tesislerin ilk yatırım maliyetleri	79
Tablo 4.21.	Tesislerin kurulu güç ve günlük sarfiyatları	80
Tablo 4.22.	Çalışmaya esas alınan tesislerin toplam işletme ve bakım maliyetleri	82
Tablo 4.23.	Çalışmaya esas alınan tesislerin toplam proje maliyetleri	82
Tablo 4.24.	AKR sistemleri için 1998-1999 yılı toplam maliyet artış yüzdesi...	93
Tablo 4.25.	AKR sistemleri için 1999-2000 yılı toplam maliyet artış yüzdesi...	93
Tablo 4.26.	AKR sistemleri toplam maliyet artış yüzdeleri	93
Tablo 4.27.	AKR sistemleri maliyet indeks değerleri	94
Tablo 4.28.	Maliyet bileşenlerinin indeks değerleri	95
Tablo 5.1.	Elde edilen maliyet bağıntıları	104
Tablo 5.2.	EPA (1998) de ABD için verilen maliyet bağıntıları	105
Tablo E.1.	140 m ³ /gün tesise ait inşaat imalat kalemleri listesi (1998).....	116
Tablo E.2.	Borulama imalat kalemlerinin 1998-1999 yılları arasındaki fiyat artış yüzdeleri ve ağırlıklı fiyat artış miktarları	117
Tablo E.3.	Borulama imalat kalemlerinin 1999-2000 yılları arasındaki fiyat artış yüzdeleri ve ağırlıklı fiyat artış miktarları	121
Tablo E.4.	Elektrik imalat kalemlerinin 1998-1999 yılları arasındaki fiyat artış yüzdeleri ve ağırlıklı fiyat artış miktarları	125
Tablo E.5.	Elektrik imalat kalemlerinin 1999-2000 yılları arasındaki fiyat artış yüzdeleri ve ağırlıklı fiyat artış miktarları	128

ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 : Tipik bir AKR sisteminin çalışma düzeni.....	8
Şekil 2.2 : Karıştırmalı doldurma için substrat, ÇO ve nitrat konsantrasyonlarının değişimi.....	10
Şekil 2.3 : İki tanklı bir AKR sistemi.....	16
Şekil 3.1 : AKR için toplam yatırım maliyeti eğrisi (EPA, 1998)	49
Şekil 3.2 : AKR için arazi ihtiyacı eğrisi (EPA, 1998).....	50
Şekil 3.3 : AKR için işletme ve bakım maliyeti eğrisi (EPA, 1998).....	51
Şekil 4.1 : İncelenen tesislere ait akım şeması.....	61
Şekil 4.2 : İncelenen tesislerin çamur susuzlaştırma sistemleri ilk yatırım maliyetlerinin debiye göre değişimi.....	84
Şekil 4.3 : İncelenen tesislerin tesis genel ilk yatırım maliyetlerinin debiye göre değişimi.....	84
Şekil 4.4 : İncelenen tesislerin toplam ilk yatırım maliyetlerinin debiye göre değişimi.....	85
Şekil 4.5 : İncelenen tesislerin çamur susuzlaştırma sistemleri ilk yatırım maliyetlerinin kirlilik yüküne göre değişimi.....	85
Şekil 4.6 : İncelenen tesislerin tesis genel ilk yatırım maliyetlerinin kirlilik yüküne göre değişimi.....	86
Şekil 4.7 : İncelenen tesislerin toplam ilk yatırım maliyetlerinin kirlilik yüküne göre değişimi.....	86
Şekil 4.8 : Toplam işletme ve bakım maliyetlerinin kirlilik yüküne göre değişimi.....	88
Şekil 4.9 : Toplam proje maliyetlerinin kirlilik yüküne göre değişimi.....	89
Şekil 4.10 : Toplam proje maliyetlerinin yıllara bağlı değişimi.....	90
Şekil 4.11 : 2000 yılı toplam proje maliyetlerinin kirlilik yüküne değişimi...	91
Şekil 4.12 : İndeks değişim grafiği.....	96
Şekil 4.13 : Maliyet bileşenlerinin indeks değişim grafiği.....	98
Şekil 5.1 : AKR sistemleri için “debi-ilk yatırım maliyeti” değişim grafiği.....	100
Şekil 5.2 : AKR sistemleri için “kirlilik yükü-ilk yatırım maliyeti” değişim grafiği.....	100
Şekil 5.3 : AKR sistemleri için “debi-toplam işletme ve bakım maliyeti” değişim grafiği.....	101
Şekil 5.4 : AKR sistemleri için “kirlilik yükü-toplam işletme ve bakım maliyeti” değişim grafiği.....	102
Şekil 5.5 : AKR sistemleri için “debi-toplam proje maliyeti” değişim grafiği.....	103
Şekil 5.6 : AKR sistemleri için “kirlilik yükü-toplam proje maliyeti” değişim grafiği.....	103

ARDIŞIK KESİKLİ REAKTÖRLER İÇİN MALİYET ANALİZİ VE İNDEKS GELİŞTİRİLMESİ

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, dünyaya paralel olarak Türkiye’de de son yıllarda gittikçe artan hızda uygulama alanı bulmaya başlayan ve klasik aktif çamur sistemlerine alternatif olarak gösterilen ardışık kesikli reaktör (AKR) sistemlerinin tanıtılması, Türkiye’deki bazı tam ölçekli AKR sistemleri üzerinde maliyet analizi yapılarak toplam içinde çeşitli maliyet bileşenlerinin ağırlıklarının belirlenmesi, yıllara, atıksu debisine ve kirlilik yüküne bağlı olarak ilk yatırım, işletme ve toplam maliyetin değişiminin tespit edilmesi, debi – maliyet ve kirlilik yükü – maliyet değişkenleri arasında matematiksel bir ilişki kurulması ve AKR sistemleri için maliyet indeksi geliştirilmesidir.

Yukarıdaki amaç doğrultusunda Türkiye’deki 4 adet endüstriyel atıksu arıtma tesisinin (140, 200, 500 ve 600 m³/gün) keşifleri çıkarılarak ilk yatırım, işletme - bakım ve toplam yatırım, yani proje maliyetleri tespit edilmiştir. Toplam proje maliyetleri, son üç yıl için hesaplanmış olup hesaplarda Türkiye’deki serbest piyasa birim fiyatları kullanılmıştır. İlk yatırım maliyetleri inşaat, borulama, elektrik, ekipman, nakliye ve montaj işçilik başlıkları altında gruplandırılmış olup, hesaplanan toplam işletme - bakım maliyetlerine 15 yıllık faydalı ömür için kimyasal madde tüketimi, enerji tüketimi, personel ve bakım-onarım bedelleri dahil edilmiştir. Maliyet analizlerinde çamur susuzlaştırma sistemi ile tesis genel yatırım maliyetleri ayrı olarak değerlendirilmiş olup bunlarla ilgili grafikler çizilmiştir.

Toplam proje maliyetleri hesaplanırken atıksuyun tesise getirilmesi, arıtılmış suyun uzaklaştırılması, temiz su ve enerjinin tesise getirilmesi, müteahhitlik karı, vergiler, sigorta, harçlar ve arazi bedeli fiyata dahil edilmemiştir.

AKR sistemlerine özgü maliyet indeksi geliştirme çalışmalarında 500 m³/gün kapasiteli tesis baz alınarak maliyet analizleri yapılmıştır. İncelenen tesislerin imalat yılları esas alınarak yapılan analizler sonucu 1998-1999 ve 1999-2000 yılları arasındaki ağırlıklı fiyat artış yüzdeleri belirlenmiş, buna göre 1998 yılı maliyet indeksi 100 kabul edilerek 1999 yılı için maliyet indeksi 152,75 ve 2000 yılı için maliyet indeksi ise 233,74 olarak bulunmuştur. Aynı yıllara ait DPT Deflatör Katsayıları, TEFE ve TÜFE ile karşılaştırma yapıldığında AKR sistemindeki fiyat artışlarının farklı olduğu görülmüştür.

Her maliyet bileşeni için ayrıca maliyet indeksleri belirlenerek her bileşen için izafi maliyet değişimleri belirlenmiştir. İnceleme yapılan 1998, 1999 ve 2000 yılları dikkate alındığında en büyük fiyat artışının nakliye (indeksler sırasıyla 269,72 ve 349,15) kaleminde olduğu görülmüştür. Buna karşılık fiyat artışlarının borulama ve ekipman kalemlerinde çok daha düşük olduğu görülmüştür. Borulama ve ekipmanın

daha düşük olmasının, piyasadaki rekabetin ve yerli imalat oranının her geçen gün daha fazla artmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Maliyet analizi esnasında küçük debili AKR sistemlerinde betonarme yerine çelik konstrüksiyon kullanılmasının maliyeti düşürücü bir etken olduğu belirlenmiştir. Bir sınır değeri olarak 500 m³/gün ve daha düşük kapasiteli AKR sistemleri için planlama safhasında kullanılacak malzemeye karar verilirken tank malzemesi olarak çelik konstrüksiyon ve betonarme alternatifleri karşılaştırılmalıdır.

4 tesise ait maliyet analizleri kullanılarak “debi – maliyet” ve “kirlilik yükü – maliyet” arasında matematik bağıntı kurulmuştur. EPA (1998) de ABD için verilen bağıntıların üstel fonksiyon şeklinde olmasına karşılık bu çalışmada Türkiye için geliştirilen bağıntıların lineer karakterli olduğu görülmüştür. Bu farklılığın Türkiye için geliştirilen bağıntıların sınırlı sayıda veriden üretilmesinden ve Türkiye özgü ekonomik koşullardan kaynaklandığı, düşünülmektedir. Türkiye’deki uygulama sayısı arttıkça ve uygulayıcı firmalar ile araştırmacılar arasında daha düzenli ve sistematik bilgi akışı daha iyi sağlandıkça bu bağıntıların değişebilmesi mümkündür.

Literatürdeki maliyet bağıntılarının, evsel atıksular baz alınarak, sadece “debi – maliyet” arasında geliştirildiği görülmektedir. Bu çalışma kapsamında yapılan incelemede 200 m³/gün debilik tesis maliyetinin 140 m³/gün debilik tesisten daha düşük olduğu görülmüştür. Bu sonucun küçük debili tesisin kirlilik yükünün diğerine göre daha fazla olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu sebeple özellikle endüstriyel atıksu arıtma tesisleri için yapılan maliyet analizlerinde debinin yanında kirlilik yükünün de dikkate alınması gerekmektedir.

COST ANALYSIS AND INDEX DEVELOPMENT FOR SEQUENCING BATCH REACTORS

SUMMARY

The objectives of this research are firstly to introduce sequencing batch reactor (SBR) systems which has developing application area in Türkiye as parallel to the world and is showed as alternative for the classical activated sludge systems, secondly to determine the weight of various cost components in the total cost by doing the cost analysis of full-scale SBR systems in Türkiye. Moreover, the other aims are to find out the change of first investment, operation & maintenance and total cost according to the years, flow rate of wastewater and organic load. Finally, to make mathematical relation between “flow rate and cost” and “organic load and cost” and to improve cost index for SBR systems.

In accordance with the objectives shown above, first investment, operational & maintenance and total investment costs of four industrial wastewater treatment plants in Türkiye, having design capacities of 140, 200, 500 and 600 m³/day, were evaluated. In this study, the total costs of project were calculated for the last three years and free market prices in Türkiye were used.

The first investment costs were grouped as construction, piping, electrical works, equipment, transportation, and installation. Chemical & energy consumption, staff and maintenance cost for the 15 years useful life were included in the total operational & maintenance cost. In the cost analysis, the sludge dewatering systems and the general investment costs of plants were separately evaluated and also graphics were drawn related to this items.

While calculating the total cost of project, the bringing of wastewater to the treatment plant, the discharge of the treated wastewater, supplying energy and clean water to the plant, contractor profit, taxes, insurance, expenses and the land price of plant were not included in the price.

In this research, to find cost index of the SBR systems, cost analysis were made according to the treatment plant which has 500 m³/day capacity. As a result of the analysis, which are based on the dates of the establishment of these treatment plants, the rates of price increase are defined between the years 1998-1999 and 1999-2000. Thus by accepting cost index as 100 for 1998, cost index for 1999 were found as 152,75 and 233,74 for 2000. At the same years when comparing the coefficients of the State Planning Organisation (DPT), it was seen that price increase in SBR systems are different.

For every component of cost, cost index and also the changes of relative cost were determined. By taking into consideration the researches for the years 1998,1999 and

2000, it was seen that the highest increased price is in the transportation (indexes are 269,72 and 349,15). On the other hand, it was observed that the price increase in piping and instrumentation was much lower. The reason of this lower price increase in piping and instrumentation is thought to be increase in competition in the market and the rate of native production.

In cost analysis, the using of steel construction costs lower price than the using of reinforced concrete SBR systems. When deciding the materials of the treatment plant for the SBR systems, as a limit value 500 m³/day or lower, the steel construction and reinforced concrete alternatives should be compared for the tank material.

By using cost analysis for the four treatment plants, mathematical relation was made between "flow rate and cost" and "organic load and cost". Although the relations which are given for the USA in EPA (1998) are exponential functions, in this research the relations which were improved for Türkiye have linear characteristics. This difference is thought to be due to the limited data in Türkiye, which were used to develop these correlations, and peculiar economical standards of Türkiye. As the applications increase in Türkiye and the knowledge connection could be better between establishments and the researchers, the changing of these correlations could be possible.

In the literature, it is seen that cost correlations are developed between "flow rate and cost" based on the domestic wastewater. In this study, it was seen that the cost of the treatment plant with 200 m³/day was lower than the cost of plant with 140 m³/day. Therefore, it is thought that the wastewater treatment plant having low capacity has organic load more than the other one. For this reason, for the cost analysis of the industrial wastewater treatment plants, organic load should also be taken into consideration beside flow rate.

1. GİRİŞ

1. 1. Çalışmanın Anlam ve Önemi

Ardışık Kesikli Reaktör – AKR - (Sequencing Batch Reactor – SBR -) prosesi doldur-boşalt sistemi esasına dayanan ve doldurma, havalandırma, çöktürme ve boşaltma gibi arıtma fonksiyonlarının tek bir tank içerisinde gerçekleştirildiği, aktif çamur prosesinin bir modifikasyonudur. Özellikle, nispeten küçük debili evsel ve endüstriyel nitelikli atıksuların biyolojik olarak arıtılmasında, sadece klasik aktif çamur prosesine değil, diğer bütün arıtma tekniklerine karşı mükemmel bir alternatiftir. İşletilme sırasında yapılacak birtakım değişikliklerle, arıtma ihtiyacına göre herhangi bir faz sırasında, organik karbonun stabilizasyonu, askıda katı madde konsantrasyonunun düşürülmesi, nitrifikasyon - denitrifikasyon prosesleriyle azot türlerinin konsantrasyonlarının standartların altına indirilmesi ve biyolojik olarak fosfor giderimi gibi çeşitli arıtma fonksiyonlarının, aynı AKR sisteminde gerçekleştirilmesi mümkün olmaktadır. Yüksek arıtma verimi, daha az ve kararlı çamur üretimi ve kolay işletilmesi gibi avantajları sebebiyle Ardışık Kesikli Reaktör teknolojisi, son yılların en popüler arıtma tekniklerinden birisi durumuna gelmiştir. Bunun doğal bir sonucu olarak sadece ardışık kesikli reaktör teknolojisi ile ilgili uluslararası sempozyumlar düzenlenmektedir. Bu konuda Fransa'nın Nice kentinde 8 – 10 Temmuz 2000 tarihinde yapılan son uluslararası AKR sempozyumunda dünyanın çeşitli ülkelerinden gelen bilim adamları tarafından toplam çok sayıda bildiri tartışılmış ve bu konudaki son bilimsel gelişmeler sunulmuştur. Bu da uluslar arası bilim ve teknoloji dünyası açısından konunun güncelliğini ve önemini açıkça ortaya koymaktadır.

Özellikle küçük debili evsel ve endüstriyel atıksu arıtımında sunduğu önemli avantajları sebebiyle AKR teknolojisi üzerinde, gelişmiş ülkelere paralel olarak Türkiye’de de akademik çalışmalar ve uygulama örnekleri her geçen gün artmaktadır. Bunun sonucunda hem evsel hem de endüstriyel atıksu arıtımı için bir çok AKR sistemi inşa edilmiştir. Bu sistemin uygulanabilmesi için arıtma mekanizmasının, uygulama sınırlarının, avantaj ve dezavantajlarının, diğer sistemlerle karşılaştırıldığında ekonomik açıdan uygulanabilirliğinin iyi anlaşılması mevcut ve potansiyel uygulamalar açısından büyük önem taşımaktadır. AKR prosesinin arıtma mekanizmasının anlaşılması ve çeşitli uygulamalar için arıtma veriminin ve işletme koşullarının tespiti konusunda Türkiye’de, özellikle İTÜ’nde, bir çok çalışma yapılmıştır (Cimşit, 1986; Demirtuna, 1995; Taşlı, 1996; Özgür, 1996; Gün 1997; Başegmezler 1998; Yılmaz 1999). Ancak bu sistemin Türkiye’deki maliyet değerleri kullanılarak yapılmış bir ekonomik analiz mevcut değildir. Sistemin daha da geliştirilmesi ve uygulanabilirliğinin artırılabilmesi için maliyet kalemlerinin ve bu kalemlerin toplam maliyet üzerindeki ağırlığının bilinmesi maliyeti azaltma çalışmaları açısından büyük önem taşımaktadır. Yurtdışında yapılan ekonomik analiz çalışmaları metodolojik olarak faydalı ve yol gösterici olmakla birlikte Türkiye’nin gerçeklerini yansıtmı bakımından yetersiz kalmaktadır. Bu sebeple Türkiye şartları dikkate alınarak AKR sisteminin ekonomik analizinin yapılması, AKR sistemi için bir maliyet indeksi geliştirilmesi, yıllara bağlı olarak maliyet değişimlerinin belirlenerek bu değişimlerin diğer alanlardaki maliyet değişimleri ile karşılaştırılması, debi ve kirlilik yükü ile maliyet değişimi ilişkilerinin araştırılması büyük önem taşımaktadır.

1.2. Çalışmanın Amaç ve Kapsamı

Bu çalışmanın amacı, dünyaya paralel olarak Türkiye’de de son yıllarda gittikçe artan hızda uygulama alanı bulmaya başlayan ve klasik aktif çamur sistemlerine alternatif olarak gösterilen ardışık kesikli reaktör (AKR) sistemlerinin arıtma mekanizması ve işletme esasları konusunda son yıllardaki gelişmeleri de yansıtacak şekilde bilgi verilmesi, Türkiye’deki bazı tam ölçekli AKR sistemleri üzerinde maliyet analizi yapılarak toplam içinde çeşitli maliyet bileşenlerinin ağırlıklarının belirlenmesi, yıllara,

atıksu debisine ve kirlilik yüküne bağılı olarak ilk yatırım, işletme ve toplam maliyetin değişiminin tespit edilmesi, debi – maliyet ve kirlilik yükü – maliyet değişkenleri arasında matematiksel bir ilişki kurulması ve AKR sistemleri için maliyet indeksi geliştirilmesidir.

Yukarıdaki amaç doğrultusunda önce kapsamlı bir literatür taraması yapılarak AKR sistemleri hakkında bilgi verilmiş, Türkiye’de inşa edilerek işletmeye alınmış 4 AKR prosesi ile çalışan endüstriyel atıksu arıtma tesisine ait veriler kullanılarak kapsamlı bir maliyet analizi yapılmış, her kalemin toplam maliyet içindeki ağırlıkları belirlenmiş, 1998 yılı ve 500 m³/gün debisi esas alınarak AKR sistemleri için maliyet indeksi geliştirilmiş, yıllara bağılı olarak AKR sistemindeki ve maliyet kalemlerindeki artış oranları belirlenmiş, mevcut sınırlı veriler kullanılarak “debi-maliyet” ve “kirlilik yükü-maliyet” ilişkisini gösteren matematik bağıntılar elde edilmiş, çalışma sonuçlarından hareketle uygulama ve araştırma konuları açısından bazı yeni öneriler sunulmuştur.

2. ARDIŞIK KESİKLİ REAKTÖR TEKNOLOJİSİ

2. 1. AKR Sistemin Tarihsel Gelişimi

Ardışık kesikli reaktörler, doldur-boşalt esası ile çalıştırılan sistemler olup sürekli aktif çamur sistemlerinin yaygınlaşmasından önce de bilinen, atıksu arıtma teknoloji tarihi açısından, aslında eski bir arıtma prosesidir. İlk olarak İngiliz Bilim Adamları Sidwick ve Murray, 1900'lü yılların başlarında kesikli prosesin taslağını çıkarmışlardır. Konu ile ilgili yayınlarda, 1900'lü yıllarda da evsel atıksu arıtımında kesikli sistemlerin kullanıldığı belirtilmektedir (Arora,1985). Aslında ilk uygulanan aktif çamur sistemlerinin, kesikli olarak çalıştırılan doldur-boşalt sistemleri olduğu belirtilmektedir. 1914 ile 1920 yılları arasında işletmeye alınan tam ölçekli aktif çamur sistemlerinin tümü doldur-boşalt sistemleri olarak tasarlanmıştır. Ancak bu tesislerin büyük bir çoğunluğunun daha sonra, klasik aktif çamur tesislerine dönüştürüldüğü bilinmektedir.

Ardern ve Locket ilk defa 1914 yılında ham atıksuyla yaptıkları çalışmada, her çevrim sonunda çoğalan mikroorganizmaların tankta kalmasıyla, nitrifikasyon için gerekli havalandırma süresinin 5 haftadan 9 saate inebileceğini göstermişlerdir. Fakat o zamanlarda karşılaşılan işletme güçlükleri, özellikle bir tanktan diğer tanka atıksuyun doldurulması ve diğer fazların uygulanabilmesi için sistemle devamlı bir operatöre ihtiyaç duyulması gibi nedenlerden dolayı kesikli reaktör sistemlerin gerçek sistemlere dönüştürülmesi mümkün olamamıştır. 1920'lerden itibaren büyük kapasiteli sürekli sistemlerin tercih edilmesiyle birlikte kesikli sistemler üzerindeki araştırmalar yavaşlamış, hatta bir süre durmuştur. 1950'li yıllarda ABD'nde biyolojik kesikli sistemlere tekrar ilgi duyulmaya başlanmıştır. Bu uygulama çok kısa süreli olmuş ve doğrudan doğruya süt endüstrisi ile sınırlı kalmıştır. Ancak 1960'lı yıllarda gerekli yeni teknoloji ve ekipmanların (pnömatik etkili vanalar, selenoid valfler, seviye flatörleri, otomatik zaman ölçerler, debimetreler, mikroprosesörler vb.) geliştirilmesi ile birlikte ardışık kesikli reaktörler tekrar gündeme gelmiştir. 1970'li

yıllarda başta Irvine ve Davis olmak üzere bir çok bilim adamı tarafından geniş çapta araştırma yapılmaya başlanmış ve 1970'li yıllardan itibaren AKR sisteminin arıtma mekanizması ve işletimi ile ilgili birçok makale yayınlanmıştır. 1980'in ilk yıllarında Amerika Birleşik Devletleri (ABD) Çevre Koruma Teşkilatı (EPA), bu teknolojiyi tam ölçekli olarak uygulamaya geçirmek için büyük bir çaba ve para harcamıştır.

Türkiye'de AKR sistemi ile ilgili ilk çalışma Cimşit (1986) tarafından yapılmış olup bu konudaki araştırma ve uygulamalar sonraki yıllarda yoğunlaşmıştır. Günümüz Türkiye'sinde sadece AKR tasarımı ve imalatı yapan mühendislik firmaları bulunmaktadır. Özellikle son on yıldır gerek Türkiye'de gerekse yurtdışında, AKR sisteminin kullanımını ve pazar potansiyelini arttırmak amacıyla, bu sistemin çeşitli proses modifikasyonlarının geliştirilmesi konusundaki çalışmalara hız verilmiş olup, gerek laboratuvar gerekse tam ölçekli çok sayıda ve çeşitte AKR uygulamaları gerçekleştirilmektedir. Çeşitli alanlara uygulanabilirliğin ve pazar payının artırılması ise ancak, AKR sisteminin diğer alternatiflere göre ekonomik ve daha kolay işletilebilir olması ile mümkündür.

2. 2. AKR Sisteminin Avantajları

Günümüzde AKR sistemlerinin klasik aktif çamur proseslerine göre daha fazla tercih edilmeye başlanılmasının sebebi sağladığı avantajların çokluğudur. AKR sistemlerini klasik aktif çamur proseslerinden ayıran ve üstün kılan avantajların başında işletim kolaylığı ve esnekliği gelmektedir. Klasik aktif çamur sistemlerinde reaktör hacmi sabit kalmakla beraber bu sistemde reaktör hacmi zamana bağlı olarak değişmekte ve arıtma ihtiyacına göre işletmeci tarafından ayarlanabilmektedir. Birçok farklı arıtma sistemine göre dizaynı oldukça basit ve işletilmesi oldukça kolaydır. Sistemde meydana gelebilecek şok debi ve kirlilik yüklemelerine karşı toleransı yüksektir.

AKR sisteminin sağladığı avantajlar aşağıda maddeler halinde özetlenmiştir:

- Çamur yaşını ve havalandırma süresini değiştirerek, F/M oranını ve çözünmüş oksijen konsantrasyonunu değiştirmek mümkündür. Çamur kabarması ve benzeri problemler işletimde yapılacak değişikliklerle giderilebilmektedir.

- AKR tankları doldurma periyodu sırasında aynı zamanda bir dengeleme tankı görevi gördüğünden pik debileri ve şok yüklemeleri de çıkış kalitesinde bir bozulma olmadan tolere edebilmektedir.
- Arıtılmış su periyodik olarak deşarj edildiğinden, arıtmanın amacı ve atıksuyun karakterine göre çevrim süresi ve çevrim içindeki faz süreleri değiştirilerek istenilen deşarj limitlerini sağlayana kadar atıksu tankta tutulabilmektedir.
- Atıksu debisi dizayn değerinin altında olduğu zamanlarda, seviye flatörleri daha düşük seviyeye indirilerek çevrim süresi ve işletme koşulları değiştirilmeden tankın sadece belirli bir bölümünün kullanılması ile havalandırma ve/veya karıştırma işlemleri için gereksiz güç kaybı önlenebilmektedir.
- Elektronik teknolojisindeki hızlı gelişme, zaman saatine bağlı olarak çalışan arıtma ekipmanlarının tam kontrolünü sağlayan PLC (Programmable Logic Control) ve bilgisayar ekranında verilerin görüntülenmesini sağlayan SCADA gibi otomatik kontrol sistemleri ile sistemin işletilmesi ve kontrolünün yapılması, işletmesinin daha da basitleşmesini sağlamaktadır.
- Sistemde reaksiyon ve çökeltme fazları aynı reaktörde gerçekleştirildiğinden ayrı bir çökeltme tankına ihtiyaç bulunmamaktadır. Bu durum hem işletme kolaylığı hem de ilk yatırım maliyetinin düşük olması gibi faydalar sağlamaktadır.
- Çökeltme işlemi aynı reaktör içerisinde gerçekleştiğinden çamur geri devrine ve dolayısıyla çamur geri devir pompalarına ihtiyaç bulunmamaktadır. Bu husus hem ilk yatırım hem de işletme maliyetlerinde avantaj sağlamaktadır.
- Günlük ve mevsimsel atıksu yüküne bağlı olarak reaktör sayısı artırılması veya bazı tankların devreden çıkarılması mümkündür.
- Katı-sıvı ayrımı yani çökeltme işlemi ideal sakinliğe yakın bir ortamda gerçekleşmektedir.
- Aktif çamurun hidrolik dalgalanmalarla sistemden kaçması söz konusu değildir; çünkü istenildiği sürece reaktörde tutulabilmektedir.

- AKR sistemi işletim stratejilerinde uygun değişiklikler yapılarak sistemin karbon, azot veya fosfor giderimine yönelik çalıştırılması kolaylıkla sağlanabilmektedir. Üstelik, dışarıdan kimyasal madde ilavesine gerek kalmadan nitrifikasyon, denitrifikasyon ve fosfor giderimi çok etkili bir şekilde gerçekleştirilmektedir. Klasik aktif çamur sistemlerinde atıksu arıtma tesisine yeni üniteler ilave edilmesi ile nitrifikasyon - denitrifikasyon ve biyolojik fosfor giderimi gerçekleştirilmektedir. Aynı arıtma amaçları AKR tankında sadece faz sürelerinin değiştirilmesi ile ilave bir masraf yapmaksızın sağlanabilmektedir.
- AKR sistemlerinin kesikli çalışma prensibinden dolayı, mikroorganizmaların substrat giderme hızları, belli bir açlık döneminden sonra besleme yapıldığı için, konvansiyonel sürekli sistemlerde gerçekleşenden daha fazladır.
- Doldurma fazı sırasında işletme stratejilerinin değiştirilmesi ile filamentli mikroorganizmaların gelişmesi kontrol altına alınabilmektedir.
- AKR sistemlerinde temel işletme fazlarının tamamlanması için seçilen çevrim süresi reaksiyon ve çökeltme gibi fazlar arasında isteğe göre dağıtılabilir. Bu işlem konvansiyonel bir aktif çamur tesisinde tank hacimlerinin sabit olması nedeniyle kolaylıkla yapılamamaktadır. AKR' de çevrim içi faz süresi dağılımlarının değiştirilebilme esnekliğinin yanı sıra bir çevrimin toplam süresi de değiştirilebilmektedir. Tüm sistemdeki çevrim süresi genellikle 2 ile 24 saat arasında değişebilmektedir.
- Alan yerine zamanla çalışma esnekliği sayesinde bir AKR düşük enerji, fazla çamur ve insan gücüne dayalı çalıştırılabileceği gibi; aynı AKR yüksek enerji, az çamur ve daha az insan gücü gerektiren bir sistem olarak da çalıştırılabilir.

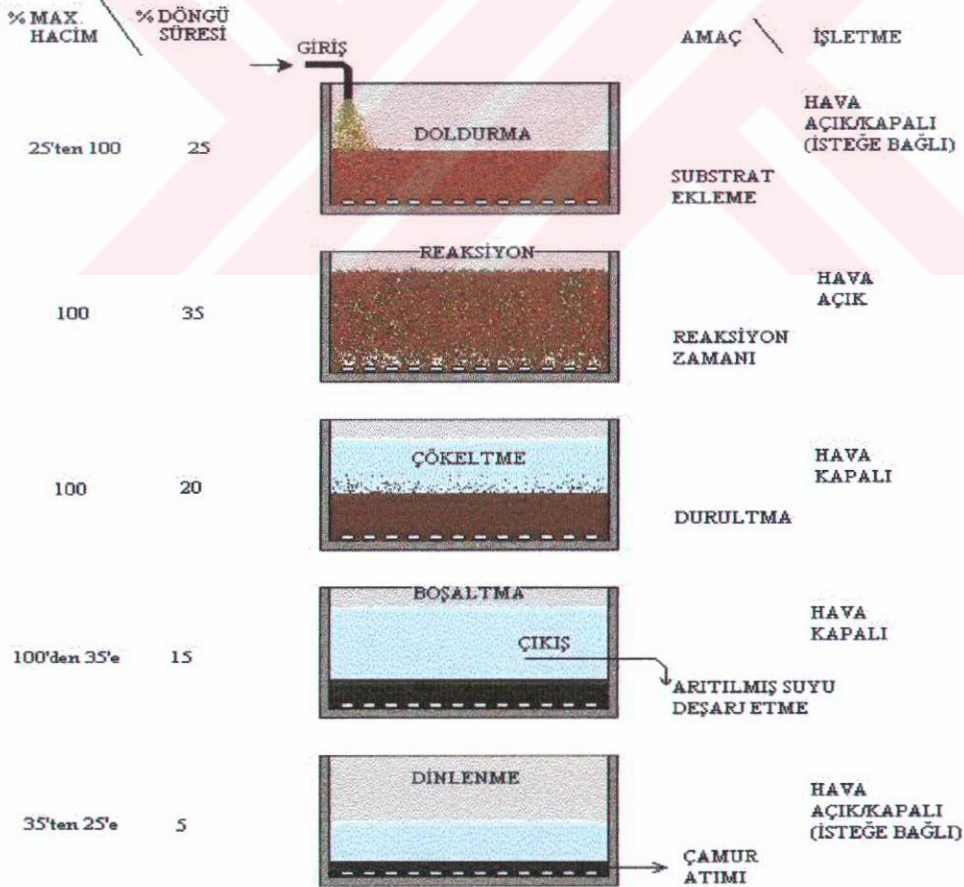
2. 3. Ardışık Kesikli Reaktörlerin İşletim Esasları

AKR prosesi çevrimsel bir işletmeye sahiptir. Bu işletme döngüsü aşağıdaki beş farklı safhadan oluşmaktadır:

1. Doldurma fazı
2. Reaksiyon fazı

3. Çökeltme fazı
4. Boşaltma (Deşarj) fazı
5. Dinlenme fazı

Şekil 2.1' de tipik bir AKR sisteminin çalışma düzeni verilmektedir. Bu şekilden de görüleceği gibi AKR sistemi klasik doldur-boşalt sistemlerine çok benzemektedir. Doldurma periyodu, atıksuyun reaktöre alınma fazıdır. Reaksiyon periyodunda belirlenmiş sürede biyolojik reaksiyon gerçekleştirilmekte ve çökeltme periyodu boyunca aktif çamurun tabana çökmesi ve böylece duru fazın üstte kalması sağlanmaktadır. Üstteki arıtılmış su boşaltma periyodunda deşarj edildikten sonra bir sonraki doldurma periyodu başlayana kadar dinlenmeye bırakılmakta ve bu periyoda da dinlenme periyodu ismi verilmektedir. Aşağıdaki kısımlarda her bir periyot hakkında detaylı bilgi verilmiştir.



Şekil 2.1 Tipik bir AKR sisteminin çalışma düzeni

2. 3. 1. Doldurma Fazı

Doldurma fazı süresince reaktöre alınan ham atıksu, bir önceki çevrim sonunda çökmüş olarak tankta bulunan biyokütle ile karıştırılmaktadır. Ham atıksuyun seviye flatörü ile belirlenen seviyeye ulaşması, ayarlanan doldurma zamanının bitmesi veya diğer reaktörün doldurma fazı için hazır halde olması durumlarından biri gerçekleşene kadar doldurma fazı devam etmektedir. Reaktörün ilk hacmi, bekleme süresi, atıksu miktarı ve mikroorganizmaların beklenen çökeltme özellikleri gibi faktörlere bağlı olarak belirlenmektedir. Genellikle reaktörün ilk hacmi (V_0), toplam hacmin (V_T) en az %25'i ve en fazla %70'i kadar olmaktadır.

Arıtma ihtiyacına bağlı olarak doldurma fazı 3 değişik şekilde gerçekleştirilmektedir:

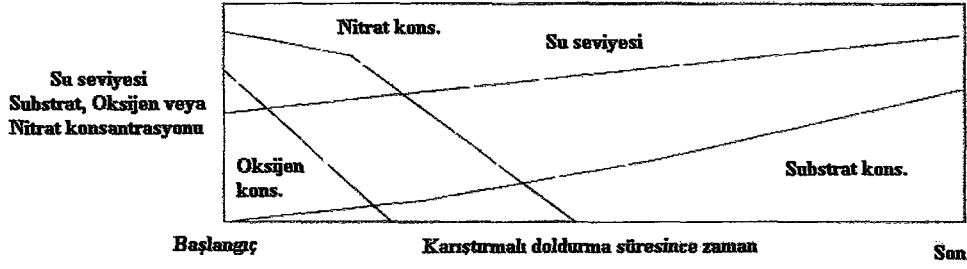
1. Statik doldurma,
2. Karıştırmalı doldurma,
3. Havalandırmalı doldurma.

Statik Doldurma :

Bu faz esnasında karıştırma veya havalandırma işlemleri gerçekleştirilmemektedir. Statik doldurma, doldurma fazının sonunda minimum enerji girişi ve yüksek substrat konsantrasyonu ile sonuçlanmaktadır. Eğer statik doldurma süresince biyolojik reaksiyon oluşmazsa, AKR' deki besi maddesi konsantrasyonu, statik doldurma sonunda maksimum konsantrasyona ulaşmaktadır. Bu maksimum konsantrasyon, statik doldurma süresince eklenen besi maddesi miktarı ve dinlenme fazının sonunda kalan besi maddelerinin toplamının, statik doldurma fazı sonundaki AKR toplam hacmine bölünerek hesap edilmektedir.

Karıştırmalı Doldurma :

Karıştırmalı doldurma fazında nitrat mevcutsa, denitrifikasyon ve ayrıca biyolojik fosfor giderimi için gerekli anoksik veya anaerobik koşulları sağlamaktadır. Şekil 2.2' de karıştırmalı doldurmanın tercih edilmesi durumu için besi maddesi konsantrasyonu, çözünmüş oksijen konsantrasyonu ve nitrat konsantrasyonunun doldurma fazı süresince değişimi gösterilmektedir.



Şekil 2.2 Karıştırma Doldurma İçin Substrat, ÇO ve Nitrat Konsantrasyonlarının Değişimi

Şekil 2.2' ye göre karıştırma doldurma fazının başlangıcında AKR tankında oksijen ve nitrat mevcuttur; fakat giriş konsantrasyonları ihmal edilebilecek seviyededir. Fazın başlangıcında reaktörde aerobik biyolojik reaksiyon görülmekte, fakat zamanla reaktördeki çözünmüş oksijen ve substrat konsantrasyonları azalmaktadır. Substrat konsantrasyonunun artma hızı aerobik şartların başlangıcında düşüktür; çünkü girişteki bazı organik maddeler aerobik biyolojik reaksiyon ile hızlı bir şekilde giderilmektedir. Ortamda oksijen kalmadığı zaman nitrat elektron alıcısı olarak kullanılmakta ve substrat, anoksik biyolojik reaksiyon sonucu parçalanmaktadır. Sonuçta oksijen ve nitratın tamamen tüketilmesi ile fermentasyon veya anaerobik biyolojik reaksiyonlar başlamaktadır.

Havalandırma Doldurma :

Doldurma fazı süresince reaktöre hava verilmesi halinde, havalandırma doldurma söz konusu olmaktadır. Havalandırma doldurma, doldurma fazı sırasında reaktörde aerobik reaksiyonların başlamasını, buna bağlı olarak döngü süresinin azalmasını ve besi maddesi konsantrasyonunun düşük olmasını sağlar. Bu durumda ortamda yüksek konsantrasyonlarda zehirli (toksik) biyolojik parçalanabilir bileşikler mevcutsa önemli olmaktadır.

2. 3. 2. Reaksiyon Fazı

Doldurma fazı süresince başlayan reaksiyonlar bu safhada tamamlanmaktadır. Bu fazda atıksu ve karıştırılmış çözelti organik maddeleri okside etmek için havalandırılmaktadır. Boyutlandırma tipine bağlı olarak sisteme giren atıksu, bu faz süresince diğer reaktörlere bölünebilmektedir. Organik madde giderimi bu faz süresince meydana gelmektedir.

Doldurma fazında olduğu gibi reaksiyon fazı da, arıtma amacına bağlı olarak, iki şekilde gerçekleştirilebilir.

1. Karıştırmalı Reaksiyon

2. Havalandırmalı Reaksiyon

Karıştırmalı Reaksiyon :

Karıştırmalı reaksiyon eğer reaktörde yeterli organik madde ve nitrat mevcutsa denitrifikasyon ile sonuçlanmakta ve biyolojik fosfor giderimi için gerekli anoksik veya anaerobik şartları sağlamaktadır.

Havalandırmalı Reaksiyon :

Havalandırmalı reaksiyon, aerobik reaksiyonun tamamlanması ve havalandırmanın uzaması halinde ise biyolojik katı maddelerin azalımı (yani çamur destabilizasyonu) ile sonuçlanmaktadır.

Tablo 2.1.' de gösterildiği gibi, önce arıtmanın hangi amaçla yapılacağına karar verilmesi daha sonra sistem için gerekli işletme ve dizayn esaslarının geliştirilmesi gerekmektedir. Tablo 2. 1. 'de 1. sıradaki arıtma amacı, maksimum organik karbon ve askıda katı madde giderimi, minimum enerji tüketimi ve minimum çamur üretimi olarak verilmiştir. Bu amaçlar kısa statik ve karıştırmalı doldurma periyodu ile gerçekleştirilir. Buradaki başlıca amaç, filamentli organizma oluşumunu sınırlandırmak ve daha iyi çökelen organizmaların baskın hale gelmesi için kısa anoksik periyot sağlamaktır (Irvine ve diğ.,1985). AKR' nin işletme esnekliği, çamur üretimini de minimize etmektedir. Reaksiyon fazında havalandırma uzatıldığında

AKR sistemi, sürekli beslenen uzun havalandırmalı sisteme benzer davranış göstermektedir.

Tablo 2.1 Yaygın İşletme Stratejileri (Ketchum, 1997)

	Arıtma Amacı	Doldurma	Reaksiyon	Referans
1.	Organik karbon ve askıda katı madde giderimi, minimum enerji tüketimi veya çamur üretimi	Statik, Karıştırmalı, sonra Havalandırma	Havalandırma	Irvine ve diğ., 1985
2.	Organik karbon ve askıda katı madde giderimi ve nitrifikasyon	Statik, Karıştırmalı, Sonra Havalandırma	Havalandırma	Ketchum ve diğ., 1979
3.	Organik karbon ve askıda katı madde giderimi ve denitrifikasyon	Statik, Karıştırmalı, Sonra Havalandırma	Havalandırma, Karıştırma, Havalandırma	Alleman ve Irvine, 1980
4.	Organik karbon , askıda katı madde ve biyolojik fosfor giderimi	Statik, Karıştırmalı, Sonra Havalandırma	Havalandırma	Ketchum ve diğ., 1987
5.	Yüksek konsantrasyonda toksik madde içeren endüstriyel organik atıksu arıtımı	Kısa Periyotlu Karıştırma, Sonra Havalandırma	Havalandırma (uzun periyot)	Asher ve diğ., 1992

AKR' nin işletme esnekliği ayrıca enerji tüketimini minimize etmek için de imkan sağlamaktadır. Statik ve karıştırmalı doldurma fazının uzatılması ile nitrat elektron alıcısı olmakta, böylece havalandırma için gereken süre azalmaktadır. Havalandırmalı reaksiyon periyodunun sınırlandırılması ile çamur miktarı artmakta ve daha az miktarda havalandırmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Birinci işletme amacı, aerobik çamur ayrışmanın kullanıldığı veya çamurun arıtılmadan uzak bir yere transfer edildiği durumlarda tercih edilebilir. İkinci işletme amacı ise, anaerobik çamur ayrışmanın kullanıldığı ve artan çamur hacmi yararlı enerji üreten ürünlerden olan yüksek miktarda metan üretimi ile sonuçlandığı zaman tercih edilebilir.

2 numaralı arıtma amacı, organik karbon, askıda katı madde giderimi ve nitrifikasyon olup amonyak oksidasyonunu garanti etmek için havalandırmalı reaksiyon süresi arttırılmaktadır (Ketchum ve diğ., 1979).

3 numaralı arıtma amacı, organik karbon, askıda katı madde giderimi ve denitrifikasyon olup işletme, reaksiyon fazının sonunda karıştırmalı reaksiyon periyodu ve sonra kısa bir havalandırmalı reaksiyon periyodu hariç, 2 numaraya benzer olarak gerçekleştirilmektedir. Karıştırmalı reaksiyon, havalandırmalı reaksiyon ve havalandırmalı doldurma periyotlarının sonunda, amonyak nitrifikasyonundan üretilen nitratin giderimini sağlamak için yapılmaktadır. Arıtılmış suda kalan organiklerin oksitlenmesini gerçekleştirmek için sondaki kısa havalandırmalı reaksiyon periyodu gerekmektedir (Alleman ve Irvine, 1980).

5 numaralı arıtma amacında yüksek konsantrasyonlu endüstriyel organik toksik maddelerin giderimi amaçlanmış olup arıtma uzun havalandırma periyodu ile sağlanmaktadır. Doldurma fazında ulaşılan toksik madde seviyelerinde sürekli havalandırma ile substrat konsantrasyonu sınırlandırılmaya çalışılır. Asher ve diğ., (1992) tarafından yapılan bir çalışmaya göre zayıf çökelme özelliğine sahip çamur ve filamentli bakterilerden kaçınmak için kısa bir karıştırmalı doldurma fazına ihtiyaç bulunmaktadır.

4 numaralı arıtma ihtiyacına göre organik karbon, AKM ve biyolojik fosfor giderimi amaçlanmaktadır. Ketchum ve diğ., (1987), iki tanklı sistemde bu arıtma amacını karşılamak için aşağıdaki döngü sürelerini tavsiye etmişlerdir:

Statik doldurma	2.30 saat
Karıştırmalı doldurma	1 saat
Havalandırmalı doldurma	1 saat (toplam doldurma 4.30 saat)
Havalandırmalı reaksiyon	2 saat
Çöktürme	0.75 saat
Boşaltma	0.75 saat
Boş (dinlenme) fazı	0.8 saat

Bu işletme stratejisi biyolojik fosfor giderimi sağlayan dört önemli grup mikroorganizmayı desteklemek ve zenginleştirmek için seçilmiştir. Bunlar

denitrifikasyon organizmaları, fermentasyon organizmaları, fosfor depolayan organizmalar ile aerobik ototrof ve heterotroflardır.

Statik doldurma süresince ham substrat konsantrasyonu artmaktadır; çünkü çökmüş mikroorganizma ile girişteki substrat konsantrasyonu arasında minimum ilişki vardır. Karıştırmalı doldurmanın başlangıcında girişteki atıksudan, atmosferik yüzeysel transferden ve önceki döngüden oksijen bulunmaktadır. Ayrıca önceki döngüden ve giriş atıksuyundan gelen oksitlenmiş azot da bulunmaktadır. Ortamdaki oksijen karıştırmalı doldurma fazının daha başlangıcında, yüksek substrat konsantrasyonunda heterotroflar tarafından hızlı bir şekilde tüketilmektedir. Sonra denitrifikasyon mikroorganizmaları tarafından nitrat tüketilir.

Daha sonra reaktörde, anaerobik şartlarda gelen ham substratı kullanarak asetik asit gibi biyolojik olarak parçalanabilir ürünlere dönüştüren fermentasyon organizmaları faaliyet göstermektedir. Aynı zamanda fosfor depolayan organizmalar yüksek molekül ağırlıklı yağlar gibi ürünleri depolayabilmek için gerekli enerjiyi sağlama amacıyla depolanmış polifosforu serbest bırakmaktadır. Böylece serbest bırakılan fosfor çözeltide kalmaktadır. Havalandırma fazı süresince havalandırmanın başlaması ile oluşan aerobik şartlar, çoğalma için depolanan yağları kullanması için fosfor depolayan organizmalara imkan sağlamaktadır. Aerobik çoğalma sürecinde, fosfor depolayan organizmalar fosforu almak için gerekli enerjiyi sağlamak amacıyla depolanan yağları kullanmakta ve ortamdaki fosforu, polifosfor formunda depolamaktadır. Böylece çözölmüş fosfor çözeltiden giderilmekte ve fosfor depolayan organizmalar bir sonraki gelecek anaerobik şartlar süresince yan ürünleri depolamak ve tüketmek için hazırlanmaktadır. Aerobik heterotrof ve ototroflar artık substratı tüketmektedirler bu yüzden çökelme sonunda arıtılmış su içerisinde düşük fosfor ve düşük substrat kalmaktadır.

2. 3. 3. Çökelme Fazı

Reaksiyon fazından sonra gelen bu fazda havalandırma ve karıştırma işlemleri durdurularak tüm reaktör bileşenleri hareketsiz hale getirilmektedir. Böylece katı maddelerin sudan ayrılması için gerekli sakin şartlar sağlanmaktadır. Çökelme fazı süresince tanka atıksu alınmamakta ve tanktan arıtılmış su deşarjı yapılmamaktadır. Konvansiyonel aktif çamur sistemlerinde çamur sürekli havalandırma tankından

alınarak çökeltme tankına aktarılmakta ve çamurun bir bölümü havalandırma havuzuna geri döndürülmektedir. AKR sistemlerde ise havalandırma ve çökeltme işlemleri aynı tank içerisinde gerçekleştirildiğinden ayrı bir çökeltme tankına, geri devir haznesi ve geri devir pompalarına ihtiyaç bulunmamaktadır; bu da tesisin ilk yatırım maliyetini düşürmektedir.

2. 3. 4. Boşaltma Fazı

Bu fazda biyolojik reaksiyona tabi tutulmuş, içerisindeki çözünmüş ve katı maddelerden arındırılmış arıtılmış su reaktörden dışarı boşaltılmaktadır.

Arıtılmış üst suyu almak için bir çok boşaltma mekanizması kullanılmaktadır. Bu mekanizmaların birçoğu yüzerek veya aşağıya doğru hareket ederek üst su fazını, su yüzeyinin biraz altından alacak şekilde dizayn edilmiştir. Diğerlerinde ise üst suyu, çamur yatağının üstünden ve boşaltma işlemi sonundaki su seviyesinin altından çekecek şekilde belli bir seviyede sabitlenmiştir. Boşaltma işlemi önceden belirlenmiş seviyeye monte edilmiş deşarj pompası veya pnömomatik vana ile yapılabileceği gibi, seviyesi ayarlanabilen veya yüzen bir savakla da yapılabilir.

2. 3. 5. Dinlenme Fazı

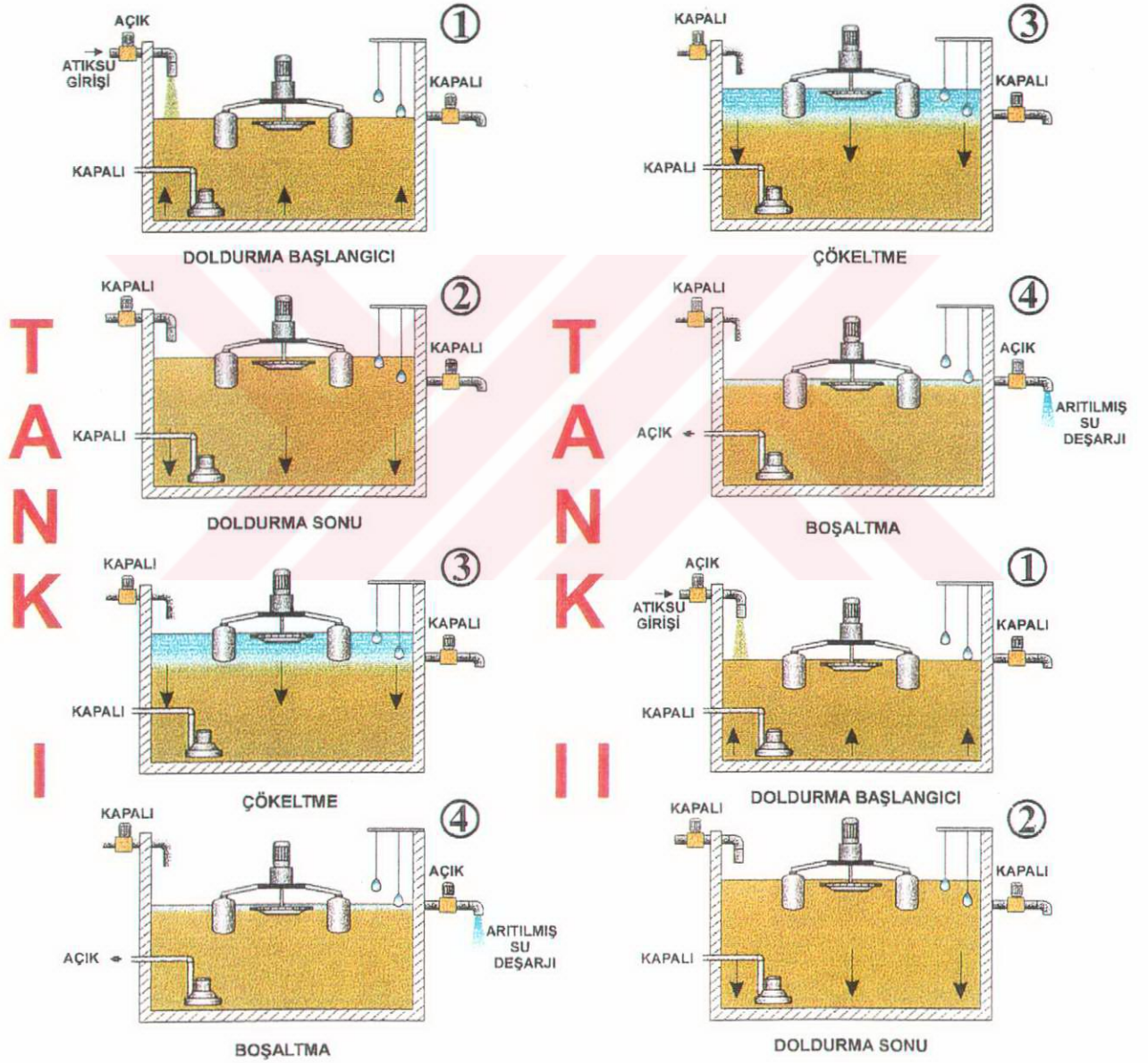
Dinlendirme fazı diğer reaktör çalıştırılmadan önce reaktörün doldurma periyodunu tamamlaması için zaman sağlamaktadır. Bu faz mutlaka gerekli bir periyot değildir; isteğe bağlı olarak olmayabilir. Bu faz süresince proses ve arıtma amacına bağlı olarak havalandırma, karıştırma veya çamur atılımı yapılabilir. Sürekli atıksu girişi olan AKR' lerde dinlenme fazı bulunmamaktadır. Ancak bu fazın uzun tutulması gelecekte koşullar değiştiğinde diğer döngü sürelerinin ayarlanması için uygun bir imkan sağlamaktadır.

Tek tanklı sistemde tam bir çevrim, doldurma fazının başlangıcından dinlenme fazının sonuna kadar ve çok tanklı sistemlerde ise birinci tankın doldurma fazı başlangıcından sonuncu tankın dinlenme fazının tamamlanmasına kadar geçen süre olarak tamamlanmaktadır. Çok tanklı sistemde tanklar ardışık olarak doldurulmaktadır. Burada kriter bir tankın doldurulması tamamlamadan önce bunu takip eden tankın boşaltma fazını sona erdirmesidir.

Tek tanklı sistemler daha çok kırsal kesimlerin evsel atıksularına ve kesikli olarak atıksu oluşturan küçük kapasiteli endüstrilere uygulanmaktadır.

Şekil 2.3' de iki tanklı bir AKR sisteminde tankların birbirine göre durumları görülmektedir.

ARDIŞIK KESİKLİ REAKTÖR ÇALIŞMA PRENSİBİNDE TANKLARIN BİRBİRLERİNE GÖRE DURUMU



Şekil 2.3 İki Tanklı Bir AKR Sistemi

2. 4. AKR Mikrobiyolojisi

Mikrobiyolojik açıdan, reaksiyon döngüsü süresince mikroorganizmaların aşırı beslenmesi ve aç kalması arasındaki değişiklikler ve farklı aerobik/anaerobik/anoksik koşullar, AKR teknolojisinin karakteristik özelliğidir. AKR teknolojisi, kirliliği gidermek için reaksiyon sürelerinin kolayca değişebilmesi esnekliği çeşitli yararlar sağlamaktadır. AKR' ler, döngü süresi, debi, nütrient miktarı ve oksijen miktarı kontrol edilerek, mikrobial topluluk için uygun çevresel koşulların sağlanması kabiliyetine sahiptir. İşletmeye alma süresince, çevresel koşullar istenen bakteri topluluğunu artıracak şekilde düzenlenir. Bakteri topluluğu zenginleştirildikten sonra, işletme parametrelerindeki değişiklik ya bakteri topluluğu içindeki mevcut organizasyonların fizyolojik durumunda değişikliğe ya da reaktör ürünlerinde değişikliğe, sebep olmaktadır.

Flok oluşturan mikroorganizmaların çoğalmasının filamentli mikroorganizmalara baskın çıkması için, başlangıç organik madde konsantrasyonunun artması, gereklidir. Genel prensip olarak organizma türü, maksimum çoğalma hızının büyüklüğü, bu hızın sağlandığı toplam süre, açlıktan ölme süresinin uzunluğu ve aşırı beslenme ve aç kalma sürelerinin sıklığı gibi birçok faktöre bağlıdır.

Reaktörde filamentli mikroorganizma gelişimini önlemek için aşağıdaki 3 strateji uygulanabilir (Irvine ve diğ., 1997):

1. Atıksuyu AKR' ye mümkün olduğunca kısa sürede doldurma,
2. Doldurma fazı süresince havalanma ve karıştırmayı azaltma (statik doldurma),
3. Hacimsel doldurma oranını arttırma.

Protozoaların biyolojik arıtma tesislerinde arıtma verimini ve performansını belirlemede indikatör olarak rol oynadıkları bilinmekle birlikte, birçok arıtma prosesi için de karakterize edilebilirler. 1928 yılında Ardern ve Lockett ile 1970 yılında Curds ve Cockburn tarafından yapılan çalışmalarda, protozoaların aktif çamur proseslerinde indikatör rolü oynadıkları, gösterilmiştir.

1991 yılında yaptıkları çalışmada mixed liquor içindeki protozoal topluluğun yapısına bağlı olarak tesis performansı ve çıkış kalitesini tahmin etmekte çoklu

regression tekniğini kullanan Al-Shahwani ve Horan tarafından da protozoaların aktif çamur proseslerinde indikatör olarak rol oynadıkları tespit edilmiştir. Son zamanlarda dikkatler protozoaların tesis verimi üzerindeki gerçek rolü ve özellikle flok yapısındaki etkisi ve serbest yüzen bakterilerin sıyırılması üzerine çevrilmiş olup bu konuda 1996 yılında Ratsak ve diğ. tarafından bir çalışma yapılmıştır. Curds ve Cockbin (1970) ile Hul ve diğ. (1985) damlatmalı filtrelerdeki, Kinner ve Curds (1987) ile Madeni (1994) biyodislerdeki, protozoal populasyon üzerine geniş çapta incelemeler yapılmasına rağmen, AKR' deki dağılımına ilişkin çok kısıtlı bilgi bulunmaktadır.

Cybis ve Horan (1997) tarafından nitrifikasyon – denitrifikasyonun da gerçekleştirildiği AKR sistemdeki protozoa ve metazoa populasyonunu belirlemek için işletmeye başlanılmasından itibaren 200 çevrim, toplam 100 gün süresince mikroskopik olarak incelenmiştir. Çalışmada evsel nitelikli atıksu kullanılmış olup nitrifikasyon ve denitrifikasyonu gerçekleştirirken kullanılan AKR fazları ve süreleri Tablo 2.2'de verilmiştir.

Tablo 2.2 Nitrifikasyon ve denitrifikasyonu gerçekleştirmek için uygulanan AKR fazları ve süreleri (Cybis ve Horan, 1997)

Fazlar	Süre (saat)	Sıra (saat)	Tanım
Doldurma	2.00	1.00 uM	Anoksik/Anaerobik
		1.00 M/A	Anoksik/yalnızca karıştırma
Reaksiyon	6.00	M/A	Aerobik periyot
Çökelme	1.00	-	Durağan ortam
Boşaltma	0.30	-	Aritılmış suyun deşarjı
Dinlenme	2.30	-	Anaerobik periyot

Tabloda;

M : Karıştırma

uM : Karıştırma yok

A : Havalandırma

uA : Havalandırma yok ifadelerini belirtmek için kullanılmaktadır.

Yapılan bu araştırmaya göre ilk 40 gün boyunca serbest yüzen, sürünen ve sabit ciliat türlerini ihtiva eden sağlıklı ve farklı protozoa popülasyonuna rastlanmıştır. Nitrifikasyonun gerçekleşmediği bu periyot süresince KOI ve askıda katı madde giderimin çok iyi olduğu tespit edilmiştir. Nitrifikasyonun gerçekleştirilmeye başlanmasıyla birlikte pH' ta gözlenen ani düşüş (7'den 5'e düşmesi) ile mikrofauna içerisinde bariz bir değişiklik gerçekleşmiş ve ciliat popülasyonu kaybolarak ipliksi protozoalar baskın hale gelmişlerdir. Bunun sonucu olarak çıkıştaki KOI değerinin 100 mg/l' den 140 mg/l' ye ve çıkıştaki AKM değerinin 15 mg/l' den 40 mg/l' ye yükseldiği gözlenmiştir. Denitrifikasyonun gerçekleşmesi ile pH 7.0 civarına yükselmiş ve 80. çevrimde rotiferler ortaya çıkmıştır. pH' ın yükselmesi ile birlikte ipliksi protozoalarda yavaş bir azalma meydana gelirken 100. çevrimde sabit ciliatlar baskın hale gelmişlerdir. Mikrofaunadaki başkalık bu noktadan sonra yavaşça azalmıştır. 120. çevrimde nematodlar, rotiferler ve selsile ciliatlar gözlenmiştir. Ayrıca bu çalışmada protozoal popülasyonun pH gibi şoklara cevap verebildikleri ve nitrifikasyonun gerçekleşmesinde iyi bir indikatör oldukları görülmüştür. Bu çalışmanın sonucunda AKR sistemlerindeki protozoal popülasyonun aktif çamur prosesine benzerlik gösterdiği ve mikrobiyolojileri arasında önemli farklılıkların olmadığı tespit edilmiştir.

Aşağıda verilen Tablo 2.3' de bu çalışma esnasında gözlenen protozoa ve metazoa türleri gözlenmektedir.

Tablo 2.3 Cybis ve Horan (1997)' nin çalışmasında Belirlenen Protozoa ve Metazoa

Grup	Alt Grup	Gözlenen Türler
Kirpikli Protozoalar	Avcılar (stalked)	Carchesium sp. Vorticella sp. Platycola sp. Opercularia sp. Epistylis sp. Podophyra sp.
	Serbest Yüzenler	Tetrahymena sp. Euplotes sp. Litonotus sp. Spirostonous sp. Colpidium sp.
	Sürünenler	Aspidisca sp. Trachelophilum sp.
İpliksi Protozoalar	---	Bodo sp.
Metazoalar	Rotiferler	Rotaria sp.
	Nematodlar	---

Rim ve diğ. (1997) tarafından tam ölçekli bir tesiste yapılan araştırmada ise çıkış suyunun iyi oluşu zamanlarda reaktörde Vorticella, Aspidisca ve Chilodonella gibi protozoa ve Philodina gibi rotatorialara rastlanılmıştır. Bu çalışmada AKR olarak işletilen tesiste çamurun kabarmasına ve zayıf çökme özelliğine yol açan filamentli organizmalara rastlanılmamıştır.

Schleyben ve diğ. (1997) tarafından Bavaria' daki kırsal bölgelerden kaynaklanan atıkların arıtılması için işletilen tam ölçekli tesislerde yapılan mikroskopik çalışmada serbest yüzen kirpikli protozoalar (Amphileptides, Litonotus spec., Uronema nigricans, Thigmogaster opposite-vacuolatus, Holophrys discolor, Spirostomum teres); sessil ciliated protozoalar (Vorticella convallaria, Stentor roeselii) ve metazoalar gözlenmiştir.

Tesis işletilirken çok az miktarda ipliksi organizmalara rastlanılmıştır. Denitrifikasyon için karıştırma ve havalandırma fazlarının biyolojik faaliyetlere başlaması arasında önemli farklılıklar olmamasına rağmen, zooflagellatların ve

kistlerin oluşması, kararsız şartların hakim olduğunu göstermektedir. Bu çalışma göstermiştir ki AKR sistemlerde gözlenen serbest yüzen kirpikli protozoaların miktarı sürekli çalışan tesislerden daha fazladır.

Türkiye’de AKR sistemlerin mikrobiyolojisi ile ilgili herhangi bir bilimsel araştırmaya rastlanılmamıştır.

2. 5. Sistem Dizaynı

Literatürde klasik aktif çamur sisteminin dizaynı ile ilgili birçok metot ve yaklaşım bulunmasına rağmen, AKR sistemlerin dizaynı konusunda genel kabul görmüş kesin standartlar bulunmamaktadır. EPA (1992) tarafından AKR sistemleri için önerilen uygun dizayn kriterleri şöyledir.

PARAMETRE	ARALIK
Toplam tank hacmi	Ortalama günlük debinin 0.5-2 katı
Tank sayısı	2 veya daha fazla
Tank derinliği (m)	3 - 6
F/M oranı	0.04-0.2
Çamur Yaşı (gün)	20 – 40
Çevrim süresi (saat)	4-12

AKR dizaynında en önemli parametreler F/M oranı, mikroorganizma konsantrasyonu ve çamur yaşıdır. AKR sistemini klasik aktif çamur sistemlerinden ayıran en önemli özellik çevrim boyunca sabit oranda değişen F/M oranı ve oksijen kullanım hızıdır. Reaksiyon fazında havalandırmanın başladığı sıralarda F/M oranı ve oksijen kullanım hızı en yüksek değerdedir. Besi maddesi miktarı fazla olduğundan mikroorganizmaların aktivitesi ve dolayısıyla substrat giderme hızı oldukça yüksektir. Havalandırma periyodunun sonunda tüm besi maddesi tüketilmiş olup mikroorganizmaların aktivitesi azalmış, substrat giderme ve oksijen kullanım hızı yavaşlamıştır. Mikroorganizma konsantrasyonu arttığından F/M oranı da giderek

azalmış ve havalandırma periyodunun sonunda en düşük değerini almıştır. (Gün, 1997).

Arora (1985)'e göre AKR sistemleri boyutlandırılırken izlenmesi gereken adımlar şunlardır:

- 1- Atıksu karakterine göre AKR' den önce ön arıtma uygulamaya gerek olup olmadığına karar verilmelidir. AKR sistemlerinde, özellikle çamur yaşı 20 günden büyük olarak dizayn edildiğinde, evsel atıksuların arıtımında ön arıtmaya gerek kalmamaktadır.
- 2- Yük (F) değeri, BOI veya KOI yükü bazında hesaplanmalıdır.
- 3- Uygulanacak arıtma amacına uygun F/M oranı seçilmelidir.
- 4- Boşaltım süresi sonundaki yaklaşık bir AKM (MLSS-mixed liquor suspended solids) konsantrasyonu seçilir. Çevrim süresi boyunca AKM konsantrasyonu değiştiğinden F/M oranında da çevrim süresince azalma olur.
- 5- AKR tanklarının sayısı belirlenir. Reaktördeki mikroorganizma konsantrasyonuna göre uygun reaktör hacmi hesaplanır.
- 6- Çevrim sayısı ve çevrim süresine karar verilir. Bir çevrim için toplam süre (T_C), çevrimde yer alan fazların sürelerinin toplamıdır.

$$T_C = T_F + T_R + T_S + T_D + T_I \quad (2.1)$$

- Doldurma Süresi (T_F) : İşletme için çok önemli bir parametre olup reaktörün ilk hacminden (V_0) toplam hacmine (V_T) ulaşmaya kadar gerekli zamanı ifade etmektedir. Doldurma zamanı, gelen atıksu miktarı, tankın hacmi, karar verilen tank sayısı ve atıksu miktarındaki günlük değişimler dikkate alınarak belirlenir. Eğer atıksu miktarı fazla ve tank sayısı az ise doldurma süresinin uzun tutulması gerekir.
- Reaksiyon Süresi (T_R) : Reaksiyon süresine arıtmanın amacı, reaksiyon hızı, doldurma fazı süresince gerçekleşen havalandırmanın süresi ve karıştırılmalı

reaksiyon sağlama ihtiyacına göre karar verilir. Tipik zaman 1.5 saat ila 3 saat arasında değişmektedir.

- Çökeltme Süresi (T_s) : Çamur yatağının çökme hızı (genellikle 10 dakikada 1 metreden daha büyük) ve çöken mikroorganizmaların konsantrasyonuna göre karar verilir. Tipik çökeltme süresi sıg tanklar için 0.5 saatten derin tanklar için 0.75 saate kadar değişmektedir. Güvenli bir dizayn için bu süre genellikle 1 saat olarak seçilir.
- Boşaltma Süresi (T_D) : Deşarj süresine boşaltım sisteminin hidrolik kapasitesi, boşaltım sistemi ve çıkış pompasının maliyeti ve ani yüksek artıılmış su miktarına bağlı olarak karar verilir. Büyük sistemler için tipik olarak 1 saat veya daha büyük olarak alınır.
- Dinlenme Süresi (T_I) : Genellikle dizayn datalarının belirsiz olduğu zamanlar kullanılır. Debinin dengelenme ihtiyacı doğduğunda ve debideki dalgalanmaların kesin olup olmamasına göre karar verilir. Gelecekte koşullar değiştiği zaman dinlenme süresi diğer döngü sürelerinin uzatılmasına imkan kılar; yani herhangi bir faz süresine eklenebilir.
- Toplam Aktif Süre (T_A) : Bu süre proses süresi olarak da isimlendirilebilir. Biyolojik reaksiyonun gerçekleştirildiği doldurma ve reaksiyon faz sürelerinin toplamıdır. Nütrient gideriminin gerçekleştirildiği AKR sistemlerinde, havalandırma periyodu ve nitratın varlığına bağlı olarak, anoksik veya anaerobik fazların yer aldığı karıştırma periyotlarını içermektedir.

7- Her bir tank için bir çevrimde boşaltılacak sıvı hacmi hesaplanır.

8- Tank hacmi hesaplanır. Her bir tank için gerekli hacmi, doldurma fazı süresince eklenen hacim ve boşaltma fazı sonucu kalan çökelmiş biyokütle ve artıılmış suyun oluşturduğu hacmi içerir.

$$V_T = V_O + V_F \quad (2.2)$$

$$V_F = Q T_F \quad (2.3)$$

Q : Giriş Dizayn Debisi

V_T : Toplam Hacim

V_F : Doldurma Fazı Süresince Eklenen Hacim

V_O : Sabit Hacim

9- Hesaplanan hacme uygun olarak bir tank derinliği seçilir ve tank boyutları belirlenir. AKR sistemlerde genişlik/boy oranı önemsizdir. Genellikle dizayn yapan kişiler derin tankları tercih etmektedirler. Bunun sebeplerini şöyle sıralayabiliriz (Ketchum,1997):

- Havalandırma verimi derinliğin artması ile birlikte artar.
- Arıtılmış suyun büyük bir kesimi boşaltma fazı ile giderilir.
- Tank inşaa maliyeti sürekli beslemeli sistemlerin ihtiyacı olan uzun, dar ve sığ tanklardan daha azdır.
- Alan ihtiyacı azdır.

10- Çamur yatağının derinliğine karar verilir (yaklaşık tank derinliğinin yarısı kadar).

11- Arıtma ihtiyacına bağlı olarak günlük O_2 ihtiyacı belirlenir.

12- Hesaplanan O_2 ihtiyacına göre havalandırma ekipmanı boyutlandırılır.

13- Tasarlanan boşaltım süresini sağlayacak uygun boşaltım sistemi seçilir ve boyutlandırılır.

Yukarıda anlatılan dizayn adımları basitleştirilmiş bir yaklaşımdır. Gerçek uygulamalarda burada anlatılanların yanında, arıtma amacı, atıksu karakteri ve istenilen arıtma verimine göre farklı yaklaşımlar ve hesaplamalar yapılabilmektedir.

İki işletme parametresi doldur-boşalt sistemi ile karşılaştırıldığında dizayn için ek bir esneklik sağlanır (Orhon ve Artan, 1994). Bunlar gündeki döngü sayısı (m) ve kullanılan reaktör sayısıdır(n). m ' in seçimi döngüdeki doldurma hacmini (V_F) ve toplam döngü süresini (T_C) belirler.

$$Q = mV_F \quad (2.4)$$

$$T_c = \frac{1}{m} \quad (2.5)$$

Spesifik substrat giderim hızı;

$$q = \frac{V_F m (S_0 - S)}{V_T \bar{X}} = \left(1 - \frac{V_0}{V_T}\right) \frac{m (S_0 - S)}{\bar{X}} \quad (2.6)$$

$\frac{1}{\theta_x} = Y_{Nh} q$ formülünden ;

$$\theta_x = \frac{V_T \bar{X}}{V_F m Y_{Nh} (S_0 - S)} \quad (2.7)$$

olarak tanımlanabilir.

Belirli bir çamur yüklemesi için reaktörde tutulabilecek biyokütle miktarını aşağıda ifade ile tanımlanmaktadır.

$$M_X = V_T \bar{X} = V_F m Y_{Nh} (S_0 - S) \theta_x \quad (2.8)$$

(2.5) denklemini (2.8) denkleminde yerine koyarsak;

$$T_c = \frac{V_F}{V_T} \frac{Y_{Nh} (S_0 - S)}{\bar{X}} \theta_x \quad (2.9)$$

Toplam aktif süre, T_A biyolojik reaksiyon için gerekli zamanı belirtmek için tanımlanmıştır.

$$T_A = T_F + T_R = T_c - (T_s + T_D + T_I) \quad (2.10)$$

Efektif çamur yaşı;

$$\theta_x^E = \frac{T_A}{T_c} \theta_x \quad (2.11)$$

T_A ve θ_x^E arasındaki ilişkiyi de aşağıdaki eşitlikle açıklayabiliriz.

$$T_A = \left(1 - \frac{V_0}{V_T}\right) \frac{Y_{Nh} (S_0 - S)}{\bar{X}} \theta_x^E \quad (2.12)$$

Denklemlerde;

X : Reaktördeki ortalama mikroorganizma konsantrasyonunu (mg/l)

Y_{Nh} : Net dönüşüm oranını (g UAKM/g KOİ)

θ_x : Çamur yaşını (gün)

S_0 : Giriş KOİ konsantrasyonunu (mg/l)

S : Çıkış KOİ konsantrasyonunu (mg/l) ifade etmektedir.

Eğer dengeleme tankı tercih edilmezse sürekli atıksu girişi birden fazla reaktör ile sağlanabilir. n adet reaktör için doldurma süresi (T_F) şöyle tanımlanabilir.

$$T_F = \frac{T_C}{n} = \frac{1}{mn} \quad (2.13)$$

$T_R = T_A - T_F$ olduğundan, her reaktör için V_{Fn} ve toplam reaktör hacmi V_{Tn} ,

$$V_{Fn} = \frac{V_F}{n} = QT_F \quad (2.14)$$

$$V_{Tn} = \frac{V_{Fn}}{\left(1 - \frac{V_0}{V_T}\right)} = \frac{QT_F}{\left(1 - \frac{V_0}{V_T}\right)} \quad (2.15)$$

şeklinde ifade edilir.

Evsel ve sürekli gelen endüstriyel atıksu arıtımında genellikle birden fazla AKR tankı uygulanmaktadır. Çökeltme ve deşarj fazları sırasında doldurma işlemi uygulanmamaktadır. İki tanklı SBR sistemlerinde bir tank için doldurma süresi diğer tanktaki reaksiyon, çökeltme, deşarj ve dinlenme fazlarının toplamı olan süreye eşittir.

$$T_F(n-1) = T_R + T_S + T_D + T_t \quad (2.16.)$$

Yukarıdaki bağıntı, eşit boyutlarda AKR tankı içeren sistemlere uygulanmaktadır. Bununla beraber tanklar eşit boyutlarda yapılamadığı (sistem farklı boyutlarda AKR'ler kullanılarak büyütüldüğü veya yerin sınırlı olmasından dolayı farklı boyutlarda yapıldığı) zaman sistemler için yukarıdaki eşitliğe benzer bir bağıntı geliştirilebilir. Bununla birlikte eşit boyutlu tankların işletme kontrolü için daha uygun olması dışında önemli bir avantajı bulunmamaktadır.

AKR sistemlerinin dizaynı konusunda yapılan son araştırmalardan Artan ve diğ. (2000) çalışmasında efektif çamur yaşına göre boyutlandırma esaslarının belirtilmesi yanında nütrient giderimi için proses analizi yapılarak nütrient gideriminin gerçekleştirildiği AKR sistemleri için dizayn prosedürü geliştirilmiştir.

2. 6. AKR İle İlgili Son Zamanlarda Yapılan Çalışmalar

Gerek yurtdışında gerekse ülkemizde son on yıldır ardışık kesikli sistemler üzerine hem laboratuvar hem de tam ölçekli araştırmaların hız kazandığı görülmektedir. AKR sistemlerinin evsel ve endüstriyel atıksular yanında toksik atıksulara da uygulanması ile verimli sonuçlar elde edildiği gözlenmiştir. Atıksu karakterizasyonuna ve organik karbon giderimi, nitrifikasyon, denitrifikasyon ve biyolojik fosfor giderimi gibi arıtma amacına bağlı olarak her türlü dizayna ve işletmeye kolayca adapte olmasından dolayı, literatürde bu konu ile ilgili birçok araştırmaya rastlanmaktadır

2. 6. 1. Yurtdışında AKR Sistemler Üzerine Yapılan Bazı Önemli Çalışmalar

Arora ve diğ. (1985) AKR sisteminin dizayn esasları, diğer sistemlere göre avantajları ve farklı arıtma amaçlarına göre işletme stratejileri geliştirmiştir.

Irvine ve diğ. (1985), daha fazla yükleme yapılan sistemlerde uygulanan kg BOI₅ değerlerini baz alarak düşük yüklemeli sistemlerden yaklaşık %30 daha az enerji kullandığını belirlemişlerdir. Ancak aşırı yüklü tesislerin daha büyük çamur grubuna ihtiyaç gösterdiklerinden bu enerji ihtiyacının yükseleceğini vurgulamışlardır.

Abufayed ve Schroeder (1986), AKR aktif çamur prosesine organik karbon kaynağı olarak ilk çamur ile denitrifikasyonun uygulanabilirliğini göstererek okside azot ve organik karbon giderme hızlarına etkileyen başlıca parametreleri belirlemişler ve

çıkışta düşük organik karbon, azot ve askıda katı madde konsantrasyonunu sağlamak amacıyla AKR işletiminde optimizasyon çalışmaları yapmışlardır.

1000-20000 mg/l arasında KOI konsantrasyonuna sahip yemeklik yağ üreten bir fabrikadan kaynaklanan atıksuların çıkışta 250 mg/l KOI değerini sağlaması için anaerobik ön arıtmadan geçirildikten sonra ileri arıtma olarak AKR sistemi kullanılmıştır (Chin, 1989). SVI değerinin 90-140 ml/g arasında olduğu ve dolayısıyla çamur çökmesinin iyi olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca düşük organik yüklemelerde ($2 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{gün}$ 'den az) KOI gideriminde (verim %90 civarında) daha iyi neticeler gözlenmiştir.

Deri endüstrisinden kaynaklanan kuvvetli organik madde ve krom içeren atıksuların arıtılmasında laboratuvar ölçekli AKR prosesi uygulanmıştır (Yamamoto, 1991). AKR sisteminde, organik madde ve ağır metal giderimini kararlı hale getirmek için, katı-sıvı fazların ayrılmasını sağlayan membran mikrofiltasyon ünitesi bulunmaktadır. Çalışmanın sonunda KOI giderme verimi %93.7-96.6 aralığında değişir iken kromda %95.4-97.7 arasında verim elde edilmiştir. Sistemdeki en önemli işletme parametrelerinin hacimsel organik yükleme, çamur yaşı ve F/M oranının olduğu belirtilerek, çamur yaşı 20 gün iken organik madde, azot ve krom gideriminin en yüksek seviyelerde olduğu ve aynı zamanda da çamurun çok iyi çökeldiği tespit edilmiştir.

Akunna ve Jefferies (1994), aynı kapasitelerdeki AKR ile biyodisk üç değişik işletme şartına maruz bırakmışlardır. Bu çalışmada, normal işletme şartlarında her iki sistem ile de çıkış standartları sağlanmakla beraber, AKR çıkış değerlerinin daha düşük ve nütrient gideriminin AKR sisteminde yüksek olduğu, buna karşılık biyodiskte önemli miktarda nütrient gideriminin olmadığı gözlenmiştir. AKR işletmeye alma periyodu daha kısadır. Diğer işletme şartlarında substratın yetersiz olmasından her iki sistemin de etkilendiği, organik şok yüklemelerden her iki sistemin etkilenmesi ile birlikte biyodisklerle karşılaştırıldığında AKR' nin daha iyi çıkış kalitesine sahip olduğu ve sistemin daha kısa sürede tekrar düzene girdiği, tespit edilmiştir.

Irvine ve diğ. (1997) AKR teknolojisi hakkında mevcut bilgi birikimini özetlemiştir.

Cybis ve Horan (1997), sistem performansı ve çıkış kalitesini belirlemede önemli protozoa ve metazoa türlerini belirlemişlerdir.

Dagot (2000), tropik iklim için AKR prosesini kullanılan paket tesislerin performansı ve dizayn esaslarını belirlemişlerdir. Tayland' ta bulunan bu evsel atıksu arıtma tesisi için biyolojik karbon ve nütrient gideriminde verimli sonuçlar elde edilmiştir. Bu tesiste %96 BOI₅, %85 KOI ve %90 toplam azot giderme verimlerine ulaşılmıştır. Ayrıca laboratuardaki testlerden gelen sonuçları karşılaştırarak AKR' nin performansını belirlemek maksadıyla bir bilgisayar modeli geliştirilmiştir.

AKR sisteminin esnekliği bu sistemin çok değişik end strialere uygulanmasına olanak vermektedir.

Yılda 15.000 hektolitreden az şarap üreten küçük tesislerden kaynaklanan atıksuların AKR sistemiyle arıtılması ile %93 KOI ve %97.5 BOI giderme verimleri elde edilmiştir. Ayrıca AKR sisteminin düşük yatırım maliyeti ve uygun işletme maliyetleri ile küçük şarap üreticileri için uygun bir sistem olduğu belirlenmiştir (Torrijos ve Moletta, 1997).

Andreadakis ve diğ. (1995), kanalizasyonlu olmayan bir yerleşim bölgesinin fosseptik atıksuları için AKR sistemini kullanarak arıtılabilirlik çalışmalarını yapmışlardır. Çalışma esnasında tek ve iki kademeli sistem uygulanmış olup KOI giderimi, nitrifikasyon ve denitrifikasyon verimleri belirlenerek sistem performansı ortaya konulmuştur. Tek kademeli sistemde toplam KOI verimi %90, azot giderimi %70-75 civarında elde edilirken iki kademeli havalandırmalı sistemde KOI gideriminin birinci kademedan gelen KOI' nin inert KOI olmasından dolayı artmadığı g r lm ştir. İki kademeli havalandırmalı/anoksik sistemde ise KOI veriminin aynı olduğu ve toplam azot gideriminin de %88'lere çıktığı tespit edilmiştir.

Brenner ve diğ. (1992) AKR sisteminin fenollü bileşiklerin karışımından oluşan sentetik atıksuyun biyolojik olarak arıtılabilirliğindeki etkinliğini araştırmışlardır. Bu çalışmada sisteme aerobik ve anoksik fazların uygulanması sonucu KOI giderme verimi ve sistem performansı değerlendirilmiştir. Anoksik fazın uygulanması ile filamentli mikroorganizmaların üremesi  nlenilmiş, ancak KOI ve AKM giderme verimi d şm ştir. Bunun sebebi, anoksik faz esnasında oluşan hücre dışı ara ürünlerin birikimi olarak açıklanmıştır. Ayrıca anoksik faz uygulanan sistemlerde sistem performansının organik yüklemelere bağlı olarak açıklanamadığı belirtilmiştir.

Franta ve Wilderer (1997), kağıt fabrikasından kaynaklanan atıksularda yüksek KOI giderme verimleri ve iyi çökebilirlik özelliklerine, yüksek çamur yaşlarında (15 günden büyük), 6-12 saat reaksiyon süresi ve 0.5 saat doldurma süresi ile ulaşmışlardır.

Hosomi ve diğ. (1989) sızıntı sularından azot giderimi için AKR sisteminin uygulanabilirliği üzerinde çalışmıştır. Bu çalışmada dirençli organik maddelerin giderilmesi açısından, ön arıtma uygulanması ve uygulanmaması durumlarına AKR teknolojisinin reaksiyonu incelenmiştir. Azot giderimi, amonyum yükünün 0.05 kg $\text{NH}_4\text{-N/m}^3\text{.gün}$ 'den düşük ve anaerobik / anoksik periyotlar için toplam bekletme süresinin 4 saatten daha uzun olduğu durum için, %90'lara ulaşmıştır. KOI giderme verimi, dirençli organik maddelerin giderilmesi amacıyla ozon ile ön arıtma yapıldığında %52.1, ön arıtma uygulanmadığında %35.8 olarak belirlenmiştir.

Zaloum ve Abbout (1997), sızıntı suyunu arıtan anaerobik lagünün deşarj limitlerini sağlamaması üzere, ham sızıntı suyu ve anaerobik arıtma çıkış sularının AKR sistemi ile arıtımındaki etkinliklerini karşılaştırmak üzere bir çalışma yapmışlardır. Anaerobik lagün çıkışının AKR ile arıtıldığı sistem en iyi alternatif olarak seçilmiştir. AKR çıkışında KOİ' de %82.1-94.6, BOİ₅'te ise %98.6-99.5 azalma gözlenirken, ham sızıntı suyunun AKR ile arıtılmasında ise %99.7 BOI ve %91.2 KOI giderme verimi elde edilmiştir. KOİ ve BOİ₅ için deşarj standartları, "anaerobik lagün + AKR" sistemi ile sağlanmış, ham sızıntı suyu için yüksek arıtma verimine rağmen limitlerin üzerinde kalmıştır. Buna karşılık her iki sistemin çıkışında da $\text{NH}_4\text{-N}$ konsantrasyonu 1 mg/l' nin altına düşmüştür.

Choi ve diğ. (1997), 2 kademeli foseptik suları arıtma tesisini tek kademeli AKR sistemine dönüştürerek on ay boyunca izlemişlerdir. AKR modifikasyonunda tank hacmi ve blower kapasitesinde artma olmaksızın organik ve nütrient gideriminde yüksek verimler elde edilmiştir. Bu çalışmada %97 organik, %99 azot ve %78 fosfor giderme verimleri gözlenmiştir. Ayrıca AKR sisteminde oksijen ihtiyacı %40-53 oranında düşmüştür.

Chen ve diğ. (1997), tekstil kimyasalları ve plastik yağlama maddelerini üreten bir kimyasal fabrikası atıksuları üzerinde çalışmışlardır. Üç farklı özellikte atıksuyun olduğu bu tesis üzerinde yaptıkları araştırmada, atıksu miktarı ve özelliklerinin

belirlenmesi, arıtılabilirlik çalışmaları, proses planlaması ve dizaynı, işletmeye alma ve işletmecinin eğitimi gibi konular üzerinde yoğunlaşmışlardır. Atıksu analizi ve fizibilite çalışmaları sonucunda arıtma tesisinin ana prosesi olarak dengeleme haznesi, uçurarak kristalizasyon ile ön arıtma, kimyasal koagülasyon ve AKR sistemini önermişlerdir.

Torrijos ve diğ. (1997), peynir üretiminden kaynaklanan atıksulara AKR sistemini uygulayarak KOİ de %97.7 ve BOİ₅ de %99.8 verim sağlamışlardır. Basit dizayn ve işletilme özelliği ile minimum işletme süresinden dolayı, peynir üretimi için AKR sisteminin tercih edilmesini, özellikle, tavsiye etmişlerdir.

Evsel ve endüstriyel çok sayıdaki uygulamaları yanında, toksik atıksuların arıtılmasında da AKR sisteminden verimli sonuçlar alındığını göstermektedir. Yol ve otoray tankerlerinin temizlik faaliyetlerinden kaynaklanan toksik nitelikteki atıksuların arıtılması için pilot ölçekli AKR sisteminden yüksek verim elde edilmesi ve AKR sisteminin uygulanabilir teknoloji olduğunun belirlenmesinden sonra, pilot ölçekli tesis tam ölçekli tesise dönüştürülmüştür (Zilverentant, 1997). Tesiste %85-90 KOİ giderme verimi gözlenmiştir. Atıksuyun kompleks yapısına bağlı olarak, temizlik faaliyetlerinden kaynaklanan atıksuların arıtıldığı diğer arıtma tesislerinden alınan sonuçlara göre AKR'nin performansının çok daha iyi olduğu gözlenmiştir.

Konuyla ilgili literatür incelendiğinde AKR' ün çeşitli versiyonlarına rastlamak mümkündür. Bunlardan biri büyük ölçekli atıksu arıtma tesisleri için (20.000-400.000 nüfuslu) geliştirilen CAST (Cyclic Activate Sludge Technology) dır. Bu teknolojiye çevrimsel çalışan iki havuza sürekli atıksu girişi vardır. Atıksu girişi sadece boşaltma fazı süresince kesilmektedir. Demoulin ve diğ. (1997), kayak merkezlerinden kaynaklanan atıksuların arıtılması maksadıyla bir yıl süresince aynı yüklemeleri yaparak klasik sistem ve bahsi geçen çevrimsel prosese sahip sistem ile paralel olarak işletmişlerdir. Çevrimsel aktif çamur prosesinde klasik aktif çamur prosesine nazaran daha yüksek seviyede proses kararlılığı ve yüksek nütrient giderme verimi elde edilmiştir. Ayrıca çıkışta daha düşük azot ve fosfor konsantrasyonu sağlamak için, çözünmüş oksijen ve oksidasyon redüksiyon potansiyelinin (ORP) sürekli olarak izlenmesi, çevrimsel prosesin ayarlanmasını kolaylaştırmıştır.

Son yıllarda AKR sistemi üzerine yapılan modelleme çalışmalarında da artış gözlenmektedir. Novak ve diğ. (1997), karıştırılmalı doldurma (selektör) ve havalandırılmalı/havalandırmasız doldurma fazları için selektör ve ana havalandırma havuzu hacimleri, AKM konsantrasyonu, OUR, amonyum ve nitrat azotunu esas alarak teorik bir model önermişlerdir. Ayrıca Andreottola ve diğ., (1997) tarafından biyolojik azot giderimi için Aktif Çamur Modeli N.1 temel alınarak AKR simülasyon modeli geliştirilmiştir. Bu modelin geçerliliğini sağlamak için besleme olarak domuz çiftliklerinden kaynaklanan atıksuların kullanıldığı deneysel çalışmalar yapılmıştır. Çıkıştaki azot konsantrasyonunu minimize etmek için faz dağılımını ve döngü süresinin optimizasyonu sağlayan bir algoritma geliştirilmiştir. Belirlenen esaslara göre AKR sisteminin dizayn prosedürü tanımlanmıştır.

2. 6. 2. Türkiye’de AKR Sistemleri Üzerine Yapılan Çalışmalar

Türkiye’de AKR ile ilgili ilk çalışma Cimşit (1986) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada askıda çoğalan sistemlerde organik madde giderimi ve oluşumu mekanizmalarını içeren bir matematik model geliştirilmiştir. Geliştirilen model, yüksek organik madde içeren kuvvetli atıksuların pilot ölçekte bir AKR ile arıtılmasına uygulanmıştır. Bu çalışmada aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

- Monod yaklaşımından hareketle geliştirilen kinetik model, AKR prosesinde KOI parametresi ile belirlenen çözünmüş substrat mekanizmasını tam olarak açıklayamamaktadır. Sistemde kalıcı organik madde birikimi meydana gelmektedir. Bu konuda ise Monod modeli yetersiz kalmaktadır.
- AKR sisteminde substrat giderimi konvansiyonel sistemlere kıyasla daha hızlı cereyan etmektedir. Bu nedenle proses verimi daha etkin olarak çökelme mekanizmasına bağlıdır. İşletme modları biyokütlenin iyi çökmesini sağlayacak şekilde düzenlenmelidir.
- Kuvvetli atıksuların arıtımında AKR sistemi ile çözünmüş BOI_5 için %99’un ve çözünmüş KOI için %90’ın üzerinde organik karbon giderimi gerçekleştirilmiştir. Çalışmada sisteme 0.34-0.78 g BOI_5 /g TAM gün organik yükleme uygulanmış ve çamur yaşında 1,9-4 gün arasında değişim göstermiştir.

Demirtuna (1995) AKR sistemlerinde aktif çamur sistemi ile karbon ve azot gideriminin modellenmesi üzerinde çalışmıştır. Bu model çalışmasında atıksu karakterizasyonunun, kinetik katsayıların ve işletme parametrelerinin AKR tasarımına etkisini incelenmiştir. Bir çevrimdeki aerobik ve anoksik fazların sayısını çoğaltmanın daha iyi bir S_{NO} (nitrat azotu konsantrasyonu) giderme verimi sağlamadığı, düşük KOI/TKN oranında çamur yaşının arttırılması ile daha iyi bir S_{NO} giderme verimi elde edildiği ve toplam doldurma süresinin uzunluğunun AKR ile azot giderme verimini etkilemediği, tespit edilmiştir.

Taşlı (1996), AKR' lerde biyolojik fosfor gideren bakterilerin üretilmesi ve farklı koşullar altında biyolojik aşırı fosfor giderme mekanizmasını incelemiştir. Bu çalışma biyolojik aşırı fosfor giderme mekanizmasının incelenmesi ve pratikte uygulanabilirliğinin gösterilmesi bakımından önem taşımaktadır.

Özgür (1996), biyolojik aşırı fosfor giderimi üzerine nitratın etkisini araştırmış bunun yanında biyolojik aşırı fosfor giderme esasları ve mekanizmasını ortaya koymuştur. Çalışmanın sonucunda anaerobik bölgede nitratın artmasının fosfor giderme verimini düşürdüğü tespit etmiştir. Bunun sebebini nitrat varlığında anoksik şartlarda hem denitrifikasyon hem de fosfor salımının gerçekleşmesiyle fosfor alımı ve fosfor salımının beraber meydana gelmesine bağlı olarak net fosfor salımının düşmesi şeklinde açıklamıştır.

Gün (1997), deri endüstrisinden kaynaklanan atıksular üzerinde yaptığı çalışmada, kısa bekletme süreleri ve yüksek organik yüklerde tatmin edici sonuçlar alınabileceğini göstermiştir. Bu çalışmada sadece ön çöktürmeden geçen atıksularla çalışılmıştır. Yüksek organik yüklerde değişkenlerle ilgili bilgiye rastlanılmamıştır.

Başegmezler (1998), kuvvetli ve karmaşık yapıdaki deri endüstrisinden kaynaklanan atıksuların ardışık kesikli reaktörlerle arıtılma performansının değerlendirilmesi üzerinde çalışmıştır. Bu çalışmada performansın sistem değişkenlerinden atıksuyun gördüğü ön işlemlerden ne derece etkilendiği üzerinde durulmuştur. Ön işlem olarak kimyasal çöktürme ve ön çöktürme kullanılmış olup ayrıca organik yükleme, atıksuyun KOI konsantrasyonu, sistemin UAKM konsantrasyonu ve havalandırma süresi olarak belirlenen değişkenlerin farklı aralıklardaki etkileri de değerlendirilmiştir. Çalışmada aynı atıksuyun ön çöktürülmüş ve kimyasal

öktürölmüş olarak kullanıldığı deneylerde, yakın organik yüklemelerde yakın verimler elde edilmiş ve kimyasal çöktürme uygulanması ile çıkışta tam bir stabilite sağlanamamış, dolayısıyla o sistemi ön öktürölmüş atıksu ile beslemenin sistem üzerine belirli bir etkisini tespit edilememiştir. Çalışma çerçevesinde 300-500 mg/l FeCl_3 gibi deri endüstrisi için düşük dozlarda kimyasal çöktürme yapılmış ve literatürdeki kimyasal çöktürme sonuçlarına uyumlu sonuçlar elde edilmiştir. AKM 190-330 mg/l ve KOI 850-1930 mg/l değerlerine düşürölmüştür. KOI bazında %55-%81 verim elde edilmiştir.

Yılmaz (1999) yüksek miktarda amonyak içeren sızıntı sularının arıtılmasında Ardışık Kesikli Reaktörlerin arıtma verimini ve işletme maliyetini incelemiş ve bu tip atıksular için AKR sisteminin uygun bir teknoloji olduğunu belirtmiştir.



3. ATIKSU ARITMA TESİSLERİ İÇİN MALİYET İNDEKSİ GELİŞTİRME ESASLARI

3. 1. Atıksu Arıtma Tesisleri Maliyeti Üzerine Yapılmış Çalışmalar

1900’lü yılların başlarında atıksu arıtma tesislerinin inşa edilmeye başlanması ile birlikte atıksu arıtma tesislerinin yatırım, işletme ve bakım maliyetlerini içeren çalışmalarda önem kazanmaya başlamıştır.

Atıksu arıtma tesisleri inşasının bir asrı bile bulmadığı dikkate alındığında, arıtma tesislerinin maliyeti ile ilgili çalışmaların çok gerilere gitmediği anlaşılabacaktır. Arıtma tesislerinin maliyetleri bölgeden bölgeye değiştiğinden, bir ülkede yapılan araştırmalardan bir başka ülkede faydalanılması sınırlı kalmaktadır. Bu sebeple atıksu arıtma maliyetlerinin belirlenmesi çalışmalarının mahalli şartlar dikkate alınarak yapılması büyük önem arz etmektedir .

Atıksu arıtma tesis maliyetiyle ilgili literatürde rastlanılan ilk çalışma Velz (1948) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada evsel atıksu arıtma tesislerinin inşaat maliyetleri, debiye bağlı olarak belirlenmeye çalışılmıştır. Diashishin (1957) evsel atıksuların küçük arıtma tesislerinde ve özellikle aktif çamur ve damlatmalı filtrelerde arıtılması durumu için debi – inşaat maliyetlerini araştırmıştır. Howells ve DuBois (1985) küçük biyolojik arıtma tesislerinin maliyetlerini araştırmışlardır. Aynı şekilde Rowan , Jenkins ve Buttler (1960) evsel atıksu arıtma tesis işletme ve bakım maliyetlerini incelemişlerdir.

Kehr ve Teichmann (1961) Fedaral Almanya’daki atıksu arıtma tesislerine ait dataları kullanarak “debi –ilk yatırım maliyeti” ile “debi –işletme ve bakım maliyeti ” münasebetlerini araştırmışlardır. Aynı dataları kullanan Schmidt (1964) atıksu arıtma tesislerinin maliyetini yıllık bazda ve eşdeğer nüfusa bağlı olarak incelemiştir.

Lynn ve diğ. (1962), atıksu arıtma tesislerinin planlanmasında ilk defa sistem analizini kullanmışlardır. Logan ve diğ. (1962) , ABD'deki evsel atıksu arıtma tesislerini ekonomik açıdan analiz etmişler, ilk yatırım ve işletme – bakım maliyetleriyle debi arasında bağıntı kurmuşlardır . Çalışmalarda daha önceki tüm çalışmalarda olduğu gibi bina inşaatı maliyet indeksini kullanmışlardır. ABD Public Health Service , ilk defa 1963 yılında evsel atıksu arıtma tesisleri için tüm ülkeye ait verileri kullanarak 20 bölge için maliyet indeksleri geliştirmiştir. Bu çalışma yapılırken ABD'de en yaygın arıtma tesisi yüksek hızlı damlatmalı filtre olduğundan indeks, bu proses baz alınarak oluşturulmuştur. Diğer arıtma prosesleri için maliyet indeksleri geçiş katsayıları kullanılarak hesaplanmıştır. ABD'de 1963 tarihli bu indeksten başka atıksu arıtma tesisleri maliyet indeksi için farklı bir çalışmaya rastlanmamıştır. ABD Public Health Service (1964) tarafında yapılan bir başka çalışmada ise maliyet boyutu dikkate alınarak arıtma tesisinin boyutlandırılması ile ilgili esaslar geliştirilmiştir.

Swanson (1966), evsel atıksu arıtımında kullanılan konvansiyonel atıksu arıtma tesislerinin (Damlatmalı Filtre , Aktif Çamur) işletme ve bakım maliyetlerini analiz etmiştir. Smith (1968), ABD'de daha önce yapılan çalışmaları değerlendirmek suretiyle mekanik arıtma, aktif çamur, damlatmalı filtre, koagülasyon – flokülasyon, çökeltme, kum filtrasyonu, amonyak sıyırma, granüler aktif karbon adsorbsiyonu, elektrodializ, mikroelet, nihai havalandırma ve klorlama prosesleri için ilk yatırım, işletme – bakım ve toplam maliyetlerini debinin fonksiyonu olarak grafikler halinde vermiştir. Aynı çalışmada ayrıca çamur çürütücü, filtre, klorlama ve çökeltme havuzlarının inşaat maliyetleriyle proses hacim ve yüzey alanları, blower kapasitesiyle maliyet, arıtma sistemi toplam hacmiyle arazi ihtiyacı arasında ilişki kurulmuştur. Robert (1970) , ABD'deki atıksu arıtma tesislerinin 1965 – 1968 yıllarına ait verilerini kullanarak evsel atıksu arıtma tesislerinin işletme ve bakım maliyetleri ile işgücü ihtiyaçlarını incelemiş, maliyet ve gerekli işgücü hesabı için bağıntılar geliştirmiştir. Black and Veatch Engineers (1971), ABD Çevre Koruma Teşkilatı EPA için yaptığı bir projede konvansiyonel atıksu arıtma tesisleri için maliyet datalarını değerlendirmiş ve işgücü ihtiyacını hesaplamak için ifadeler geliştirmiştir.

Arceivela (1969-1970) gelişmekte olan ülkeler için işletilmesi basit, ilk yatırım ve işletme maliyeti düşük olan arıtma tesisleri için maliyet değerlendirmeleri yapmış, stabilizasyon havuzları, oksidasyon hendekleri ve havalandırılmalđ lagünler için maliyet – debi grafikleri geliştirmiştir.

Barnard ve Eckenfelder (1971), endüstriyel atıksu arıtımında %90 giderme verimine ait her bir arıtma prosesi için ‘‘inşaat maliyeti – debi’’ bağıntılarını geliştirmişlerdir.

1970’li yıllarda arıtma tesisi kurulmasını teşvik için ilk yatırım maliyetinin %75’ine kadarlık kısmını kredi vererek destekleyen ABD evre Koruma Teşkilatı EPA’ nın yoğun maliyet araştırması yaptırdığı görülmektedir (Patterson and Banker, 1971; Eilers and Smith , 1973; EPA, 1973; EPA, 1974, 1975a; EPA, 1975b; EPA, 1976a; EPA, 1976b; EPA, 1977; EPA, 1978a; Reed et al , 1979; EPA, 1979; EPA, 1980; EPA, 1984). Bu yayınlarda konvansiyonel ve ileri arıtma prosesleri için gerçek değerler kullanılarak debi – maliyet eğrileri çizilmiş, maliyet destekli tasarım esasları verilmiştir.

Tihasky (1974), su kirlenme kontrolü (arıtma tesisi, deşarj yapıları vs.) için geliştirilmiş maliyet fonksiyonlarını değerlendirmiş, maliyetin debi yanında arıtma verimine de bağlı olarak ifade edilebileceğini belirtmiştir. Donald (1974) evsel atıksuların aktif çamur prosesi ile arıtılması durumu için havalandırma – maliyet münasebetini incelemiştir. Parker (1975) atıksu arıtma havuzlarının maliyetini etkileyen faktörleri araştırmıştır. Quasim (1985) eşitli prosesler için maliyet –debi grafiklerini vermiştir. Shields ve Thackston (1991) maliyeti azaltmak için havuz boyutlarının optimum oranını araştırmışlar, hidrolik verimi maksimum yapacak havuz boyutlarıyla ilgili bir ifade geliştirmişlerdir.

İşletme ve bakım maliyetinin en önemli bileşeni enerji kalemidir. Bir çok arıtma sistemi en yüksek enerji maliyeti dolayısıyla alıştırılamamaktadır. (Smith , 1973 ; Milis and Tchobanoglous , 1974 ; Zarnett , 1975 ; Hagen and Robert , 1976 ; Smith , 1978 ; Wesner et al 1978 ; Wang and wang , 1979 ; Anderson , 1980 ; Greenwood and Gloyna 1980 ; GIT 1981; West 1981 ; Middlebrooks et al , 1981 ; Owen , 1982 ; Young and Koopman , 1191) .

Arıtma tesisi maliyetini etkileyen bir diğer faktör de arıtma verimidir. Deşarj standardının yerine alıcđ ortam veya alıcđ ortam esaslı deşarj standardının uygulaması

halinde bölge çapında planlama yapılması ve alıcı ortamda istenen su kalitesinin sağlanması için bölgedeki arıtma tesislerinin optimum arıtma verimlerinin belirlenmesi gerekir. Bu ise atıksu arıtma maliyetini doğrudan etkilemektedir. Bu hususta yapılan ilk çalışmalardan birisi Deininger (1966) , bir diğeri ise Deininger ve Su (1971) tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalarda sistem analizi prensipleri kullanılarak bölge bazında maliyet optimizasyonu yapılmıştır. Bu konuda dikkat çekici çalışmalar arasında Deininger (1972) , Lindholm (1973) ve Eroğlu (1980) nun araştırmaları da sayılabilir. Anderson ve Garber (1988) geliştirmekte olan ülkelerde uygun çevre standartları için bir fizibilite çalışması yapmışlardır. Bu ülkelerde standartların uygulanmasındaki en büyük engelin politik baskı olduğu belirtmişlerdir. Ellis and Tang (1991) geliştirmekte olan ülkeler için bir atıksu arıtma optimizasyon modeli geliştirmişlerdir. Henze ve Odegaard (1994) Orta ve Doğu Avrupa atıksu arıtma politikasının belirlenmesi için yaptıkları çalışmada, finansman sıkıntısı durumunda arıtma sistemlerinin inşasında kademelendirmeye gitmeyi tavsiye etmişlerdir.

1965’li yıllardan itibaren sistem analizi teknikleriyle beraber bilgisayar destekli atıksu arıtma sistemleri dizayn çalışmalarının da başladığı görülmektedir. Bu konuda ilk çalışma Deininger (1966) tarafından gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada atıksu toplama ve arıtma sisteminin hesabı için bir bilgisayar programı geliştirilmiştir. Bu konudaki çalışmalar 1970’li yıllardan itibaren yoğunlaşmıştır (Shih and Defilippi, 1970; Bethouex and Polkowski, 1970; Chen et al, 1972; Mishra et al, 1974; Middleton and Lewence , 1976; Tytece et all, 1977; Male and Graef, 1978; Bowden and Wright, 1978; Bush and Silveston, 1978; Rossman, 1979; Narbasitz and Adams, 1980; Tang et al 1987; Chang and Liaw, 1990). Bu çalışmalar esas olarak toplam maliyet kriterlerine göre optimizasyon modeli kurulmuş, maliyeti etkileyen karar değişkenlerini ve tahdit denklemlerini oluşturmuştur.

Amerikan Birleşik Devletleri Çevre Koruma Teşkilatı (EPA), arıtma tesislerini boyutlandırarak bilgisayar programları geliştirilmesini sağlamıştır (CAPDET, 1979; Rossman, 1980). Bunlardan EXEC/OP arıtma tesislerini optimize ederek boyutlandırmakta, CAPDET ise hem boyutlandırmakta, hem maliyetini hesaplamakta, hem de verilecek alternatif arıtma sistemlerini mukayese etmektedir. Tamamen ABD birimleri ve standartlarına göre hazırlanmış olan bu programlardan

CAPDET daha yaygın bir kullanım alanı bulmuştur. McGhee ve diğ. (1983) CAPDET programını geliştirerek daha kullanışlı hale getirmişlerdir.

Yukarıda verilen atıksu arıtma tesislerinin yatırım, işletme ve bakım maliyetlerini içeren yurtdışında yapılmış çalışmalar Tuna (1995) doktora tezinden alınmıştır. Bu çalışmadan sonraki maliyet konusundaki yayınlar ise aşağıda özetlenmiştir.

Liberti and Notarnicola (1999), perasetik asit (PAA), ozon (O₃) ve UV ışınlarını içeren dezenfeksiyon metotlarının maliyetlerini değerlendirmişlerdir. Çalışmada yatırım maliyetleri hesaplanmazken işletme ve bakım maliyetleri arasında elektrik tüketimi, UV lamba değişimi ve kimyasal madde tüketimi (PAA) dikkate alınmıştır. İşletme ve bakım maliyetlerinin hesaplanması sonucunda sıralama UV<O₃<PAA şeklinde olmuştur.

Randall and Çokgör (2000), yeni inşa edilmiş veya modifiye BNR atıksu arıtma tesislerinin performans ve ekonomisini değerlendirerek, bu sistemlerin maliyetlerini kimyasal fosfor giderimi ve tam nitrifikasyonun gerçekleştirildiği arıtma tesisleri ile karşılaştırmışlardır. Çalışmaya göre küçük BNR tesislerinin işletilmesinin büyük ölçekli tesislere göre daha pahalı olduğu ve kimyasal çökeltme tesislerinin işletilmesinin de BNR tesislerine göre daha pahalı olduğu sonucunu elde etmişlerdir.

Balmér (2000), Nordic ülkelerinde nütrient gideriminin istendiği büyük ölçekli atıksu arıtma tesisleri için farklı proseslere sahip beş farklı arıtma tesisinden toplanan enerji, kimyasal madde tüketimi, insan gücü ve maliyetlerine ilişkin dataları karşılaştırmıştır. Çalışmada yatırım maliyeti göz önüne alınmaz iken tüm maliyetler EURO cinsinden verilmiştir. Net işletme maliyeti 6-14.-EURO/kışı.yıl olarak belirtilmiştir.

Nowak, (2000) Avusturya'da bulunan nütrient gideriminin gerçekleştirildiği evsel atıksu arıtma tesisleri için işletme maliyetlerini belirlemiştir. Bu çalışmaya esas alınan tesislerde de diğer Avrupa ülkelerinde olduğu gibi baskın faktörün işçilik maliyeti (işletme, laboratuvar, yönetim, işletme, temizlik işleri vb.) olduğu tespit edilmiştir.

3.2. Türkiye’de Atıksu Arıtma Tesisleri Maliyeti Üzerine Yapılan Çalışmalar

Atıksu arıtma tesislerinin maliyeti üzerine Türkiye’de yapılan çalışma sayısının sınırlı olduğu görülmektedir. Türkiye’de ilk arıtma tesisi maliyet incelemeleri Soyupak (1973) ve Kaya (1973) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmalarda stabilizasyon havuzları, havalandırmalı lagün ve oksidasyon hendeği gibi arıtma sistemleri için Arceivala yönetimini kullanarak Türkiye şartlarına göre maliyet – debi grafikleri çizilmiştir.

Eroğlu (1980) bir taraftan mekanik arıtma, aktif çamur ve damlatmalı filtre için debi – maliyet münasebetlerini verirken, diğer taraftan Büyük Menderes Havzası için sistem analizi prensiplerini kullanarak maliyet optimizasyon yapmıştır.

Dünya’ ya paralel olarak Türkiye’ de de toplam maliyet kriterlerine göre optimizasyon modeli kurularak maliyeti etkileyen karar değişkenlerini ve tahdit denklemleri oluşturulmuştur. Bu konuda Türkiye’de iki araştırma mevcut olup ilki Velioğlu (1981) nun çalışmasında arıtma tesisindeki proseslerin toplam hacmi sabit kabul edilerek maliyet fonksiyonu basitleştirilmiş, bu yaklaşımı dolayısıyla eleştirilmiştir. Akça (1988) nun çalışmasında ise her bir arıtma prosesi kendi maliyet fonksiyonuyla ifade edilerek kapsamlı bir optimizasyon modeli geliştirilmiştir.

Türkiye’de Bayındırlık Birim Fiyatları kullanarak atıksu arıtma tesislerinin maliyeti konusunda yapılan ilk çalışma Uslu (1984) tarafından yapılmış olup bu çalışmada kaba bir keşifle bazı atıksu arıtma proseslerindeki debi – inşaat maliyetleri hesaplanarak grafikler halinde verilmiştir. Çalışmada sadece inşa maliyetleri 1983 yılı Türk Lirası esas alınarak hesaplanmış, işletme ve bakım maliyetleri çalışma çerçevesinde incelenmemiştir.

San ve diğ. (1984), Smith (1968)’in verilerini kullanarak mekanik arıtma ve aktif çamur proseslerinin “debi – ilk yatırım” ve “debi – işletme ve bakım” maliyetleri arasındaki ilişkiyi incelemiş, çeşitli debiler için “arıtma verimi-maliyet” grafiklerini elde etmişlerdir. Bu çalışmada da maliyetler o yıla ait Türk Lirası üzerinden verilmiştir.

Samsunlu ve diğ. (1989) ile Öztürk ve diğ. (1991), Bayındırlık Birim Fiyatları ve Bayındırlık Bakanlığı Karne Katsayısı’nı kullanarak bazı arıtma prosesleri için (TL)

bazında “debi-inşa” ve “debi – işletme/bakım” grafiklerini çizmişlerdir. Şahinoğlu (1991) ön arıtma ve deniz deşarjı tesisleri için “debi- ilk yatırım” ve “debi –işletme bakım” maliyetleri arasındaki ilişkiyi, TL ve ABD doları üzerinden değerlendirmiştir.

Uluatam (1991), genellikle EPA’ nın ve bazı kalemlerde Türkiye’deki maliyetleri kullanarak, 2000 ile 25000 arasındaki nüfusa sahip küçük yerleşim bölgeleri için farklı sıcaklık değerlerini dikkate alarak çeşitli arıtma verimlerinde havalandırmalı lagün, stabilizasyon havuzu, damlatmalı filtre, oksidasyon hendeği ve biyodisklerin debi ve yüzey alanlarını hesaplamış ve her biyolojik arıtma prosesi için debinin bir fonksiyonu olarak inşaat, mekanik, elektrik, işletme ve bakım maliyetlerini hesaplamıştır. Ayrıca bu prosesler için “debi- maliyet” ve “debi – arazi ihtiyacı ” ilişkilerini irdelemiştir.

Oğuz ve Oğuz (1992), Türkiye’nin turistik yerleşim bölgeleri için çeşitli arıtma birimlerinden oluşan atıksu arıtma tesislerinin tasarımını inceleyerek bilgisayar yardımıyla arıtım tesisinin her birimi için gerekli alan, ilk yatırım giderleri, işletme ve bakım maliyetlerini hesaplamışlardır.

Sarıkaya ve diğer (1995) organize sanayi bölgelerinde kaynaklanan atıksular için keşif çıkararak “debi – maliyet” ilişkilerini incelemiştir.

Gültekin (1995) Türkiye şartlarını dikkate alarak ileri arıtma tesisleri için debi – maliyet grafiklerini çizmiş, bu arada konvansiyonel ve ileri arıtma maliyetlerini karşılaştırmıştır. Türkiye’deki fiyatlar kullanılarak yapılan maliyet araştırmasında en uygun ve en ekonomik arıtma sisteminin “kireçle fosfor giderme+tam karışımli aktif çamur+hava ile amonyak sıyırma+son havalandırma” olduğu belirtilmektedir. İleri arıtmada en büyük maliyet kaleminin işletme ve bakım kalemi olduğu, bu kalemden de en büyük payın ise enerji tüketimine ait olduğu sonucu elde edilmiştir.

Çitil (1995) yaptığı çalışmada tasarımı düşünülen bir evsel atıksu arıtma tesisinin son çökeltme ünitesini akı modeline göre uygun bir şekilde boyutlandırarak optimum sistem seçimi üzerine etkilerini araştırmıştır. Bunun yanı sıra tesis, ilk yatırım maliyeti, toplam yıllık maliyet, yıllık işletme ve bakım maliyeti, toplam enerji üretimi kriterlerinin çeşitli kombinasyonları göz önüne alınarak, son çökeltme ünitesinin sistem seçimi ve maliyetler üzerine etkileri araştırılmıştır.

Tuna (1995), alternatif atıksu arıtma sistemlerini boyutlandırmaya ve maliyetlerini hesaplamaya yarayan Mukayeseli Tasfiye “MT” adı verilen bir bilgisayar programı hazırlamış, atıksu arıtma sistemlerindeki maliyet artışlarını yansıtabilecek bir maliyet indeksi geliştirmiş ve evsel atıksuların arıtılması için kullanılan konvansiyonel atıksu arıtma proseslerinin Türkiye’deki fiyatlar kullanılarak debi-maliyet eğrilerini çizmiştir.

Çalık (1997), Türkiye’deki bazı atıksu arıtma tesislerinin işletme ve bakım maliyetlerini incelemiş ve sadece fiziksel arıtma birimlerinden oluşan tesisler hariç personel giderlerinin toplam işletme ve bakım maliyetindeki payının %30 mertebesinde olduğu sonucuna varmıştır.

Ulutaş (1998) tarafından küçük yerleşimlerde uygulanabilecek atıksu toplama ve uzaklaştırma sistemleri belirlenerek ve Türkiye’nin özellikleri dikkate alınarak bölgesel bazda uygulanabilir arıtma sistemleri önerilmiştir. Bu sistemlerin maliyetleri hesaplanarak “nüfus-maliyet” ve “debi-birim maliyet” grafikleri elde edilmiş ve bu sistemleri karşılaştıran grafikler çizilmiştir.

Kınacı ve diğ. (1998), atıksu arıtma tesislerinde istihdam edilecek işgücünün vasıflarını ve işgücü maliyetinin Türkiye için değerlendirmesini yapmışlardır.

Onur ve diğ. (1999), Adana’da bulunan Küçük Seyhan içindeki atıksu kaynaklarının yönetimi için iki alternatif sistem önermişler ve bu alternatif atıksu arıtma tesisinin dizaynı ve maliyet uygulamalarını, fizibilite ve planlama aşaması sırasında ön maliyet analizleri maksadıyla yaygın olarak kullanılan CAPDET-PC (Computer Assisted Procedure for the Design and Evaluation of Wastewater Treatment Systems) software paket programı aracılığı ile değerlendirmişlerdir. Çalışmanın sonucunda evsel ve endüstriyel atıksuların ortak bir arıtmaya tabi tutulmasının diğer ayrı arıtma alternatifleri ile karşılaştırıldığında bazı ekonomik ve teknik avantajlara sahip olduğu ve ortak arıtmanın genellikle küçük veya orta ölçekli yerleşimler tarafından tercih edildiği tespit edilmiştir. Ortak arıtmanın maliyetinin tekil arıtmanın yaklaşık yarısı kadar maliyete sahip olduğu belirtilmiştir.

Tuna ve Kınacı (1999), Türkiye’de İller Bankası denetiminde inşa edilen 85 adet kanalizasyon sisteminin inşaat maliyet değerlerini kullanarak “yerleşim nüfusu - kişi başına düşen maliyet” eğrisini çizmişlerdir. Bu çalışmada nüfus arttıkça kişi başına

düŖen kanalizasyon inŖa maliyetinin 2000 kiŖi için 396 ABD Doları değerinden itibaren azalarak 35 000 den büyük nüfuslar için 125 ABD Doları değerine asimptot olduğunu göstermiŖlerdir.

Tuna ve diğ. (1999a) atıksu arıtma tesisleri için maliyet indeksi geliŖtirme esaslarını vermiŖlerdir. Tuna ve Kınacı (1999b) ise Türkiye’de inŖa edilmiŖ 21 adet atıksu arıtma sistemine ait maliyet değerlerini kullanarak stabilizasyon havuzları ve uzun havalandırmalı aktif çamur sistemleri için 1989 – 1998 arasındaki 10 yıla ait maliyet indekslerini hesaplamıŖlar ve her bir maliyet kalemindeki deęiŖimi mukayeseli olarak vermiŖlerdir.

Çelebi (1999), su getirme ve atıksu uzaklaŖtırma hizmetlerine özel sektör katılım esaslarını deęerlendirmiŖ, bu uygulamanın teknik ve ekonomik yönlerini irdelemiŖtir.

Kınacı ve diğ. (1999), Türkiye için küçük atıksu arıtma tesisi potansiyelini, uygulanabilecek arıtma tekniklerini ve bunun ekonomik açıdan değerlendirmesini yapmıŖlardır.

3. 3. AKR Sisteminin Maliyeti Üzerine YapılmıŖ alıŖmalar

Patterson ve Banker (1971)’in alıŖması AKR sistemi ile diğer arıtma sistemlerinin maliyet açısından karŖılaŖtırmasında yapılmıŖ ilk araŖtırmadır. alıŖmadaki maliyetler 1950 ila 1968 yılları arasında inŖa edilen projelerden saęlanmıŖtır. Ketchum ve diğ., (1978)’ nin yaptıkları maliyet araŖtırmasındaki yatırım maliyetleri EPA için hazırlanan bu rapordan temin edilmiŖtir. Ancak bu raporda paket tesislere iliŖkin maliyetler bulunmadığından paket tesislerin maliyetleri bu tip imalatları yapan üretici firmalardan saęlamıŖlar. Bu alıŖmada yatırım maliyetleri arasındaki farklılıklardan dolayı yatırım maliyeti deęerlendirilmiŖtir. İnsan gücü gereksinimi, enerji ve kimyasal madde tüketimi, diğer iŖletme ve bakım kalemlerinin maliyetleri alıŖmaya esas alınan sistemler için benzer bulunduğundan, alıŖmada iŖletme maliyetlerine deęinilmemiŖtir. Atıksuyun toplanması, ham atıksuyun terfi ettirilmesi, klorlama, arıtılmıŖ suyun uzaklaŖtırılması, yönetim ve laboratuvar maliyetleri, aynı kapasitedeki her tesis için benzer olduğundan fiyata dahil edilmemiŖtir. alıŖmada esas alınan yerleŖim sistemleri ve atıksu miktarları Tablo 3.1’de verilmiŖtir. AKR sisteminin klasik sistemlerle maliyet karŖılaŖtırılması, dört küçük sistem

(havalandırmasız lagün, havalandırmalı lagün, paket sistem ve aktif çamur) ile sınırlandırılmıştır. AKR sistem ile karşılaştırılan klasik sistemler Tablo 3.2’de gösterilmiştir.

Tablo 3.1 Ketchum ve diğ., (1978)’ nin Çalışmaya Esas Aldıkları Nüfus ve Debiler

Sistem Tanımı	Nüfus	Dizayn Debisi (mgd)	Dizayn Debisi (m ³ /gün)
Küçük kırsal yerleşimler	1.000	0.1	380
Küçük kasaba	10.000	1.0	3800
Küçük şehir	50.000	5.0	18925
Orta büyüklükte şehir	100.000	10.0	37850

Küçük Kırsal Yerleşimler: Nüfusu 1.000 civarında olan yerleşimler için AKR sisteminin maliyeti, havalandırmasız lagün ve paket tesis gibi alternatif klasik arıtma sistemleri ile karşılaştırılmıştır. Ketchum ve diğ. (1978) AKR sisteminin bu ölçekteki yerleşimler için maliyet açısından uygun olduğunu göstermişlerdir. AKR sisteminin yatırım maliyeti klasik sistemlere nazaran daha az ve çıkış kalitesi karşılaştırılan klasik sistemlere göre daha yüksektir. İşletilmesi için bu konuda kaliteli elemana ihtiyaç göstermemektedir.

Tablo 3. 2 AKR Sistemi İle Karşılaştırılan Klasik Sistemler

Tesis Tanımı	AKR İle Karşılaştırılan Klasik Sistemler
1- Küçük kırsal yerleşimler	a- Havalandırılmasız lagün
	b- Paket tesisler
2- Küçük kasaba	a- Havalandırılmasız lagün
	b- Aktif çamur
3- Küçük şehir	a- Aktif çamur
	b- Havalandırmalı lagün
4- Orta büyüklükte şehir	a- Aktif çamur
	b- Havalandırmalı lagün

Küçük Kasaba: Nüfusu 10.000 civarında olan küçük kasabaların atıksularının arıtılmasında AKR sistemi ile havalandırılmasız lagün ve aktif çamur sistemleri karşılaştırılmıştır. Üç tanklı AKR sisteminin maliyeti klasik sistemlere göre az ve çıkış kalitesi de daha yüksek olarak bulmuşlardır. Yıllık işletme maliyetinin de aynı olduğu gözlenmiştir.

Küçük ve Orta Büyüklükteki Şehir: Nüfusu 50.000 civarında olan bu yerleşimler için de AKR sistemi, aktif çamur ve havalandırmalı lagünle karşılaştırılmıştır. Araştırma sonucunda en düşük maliyete sahip sistemin havalandırmalı lagün olduğu belirtilmektedir. Bununla birlikte havalandırmalı lagün çıkış kalitesinin düşük olması ve arazi ihtiyacının daha fazla olması gibi birtakım dezavantajlara sahiptir. Bu ve diğer dezavantajları genellikle bu ölçekteki yerleşimlerde havalandırmalı lagün sisteminin tercih edilmemesine neden olmaktadır. Küçük ve orta ölçekli şehirlerin atıksularının arıtılması için alternatif sistemlerin maliyetlerine bakıldığında AKR sistemi ile aktif çamur sisteminin maliyeti arasındaki farkın, çalışmaya esas alınan diğer küçük yerleşimler için hesaplanan maliyetler arasındaki farktan daha fazla olduğu görülmektedir. İşletme avantajları, düşük yatırım maliyeti ve yüksek çıkış kalitesi ile AKR sisteminin bu ölçekteki yerleşimler için de en iyi alternatif olduğu sonucuna varılmıştır.

Ketchum ve diğ. (1978) yaptıkları maliyet araştırmasında hesaplanan alternatif atıksu arıtma sistemlerine ait maliyetlerin özeti Tablo 3.3' te verilmektedir.

Tablo 3.3. Alternatif Arıtma Tesisi Maliyetleri Özeti (Ketchum ve diğ., 1978).

Atıksu Tanımı	Hesaplanan İlk Yatırım Maliyeti (USD)				
	Ardışık Kesikli Sistem	Aktif Çamur	Havalandırılmayan Lagün	Havalandırmalı Lagün	Paket Tesisler
Küçük Kırsal Yerleşimler 380 m ³ /gün (1000 kişi)	101.000		232.000		153.000
Küçük Kasaba 3800 m ³ /gün (10000 kişi)	1.054.000	1.391.000	1.065.000		
Küçük Şehir 18925 m ³ /gün (50000 kişi)	2.774.000	3.593.000		1.235.000	
Orta Büyüklükteki Şehir 37850 m ³ /gün (100000 kişi)	4.737.000	6.027.000		2.006.000	

EPA (1992)'de, 400 m³/gün den daha az debiye sahip atıksuların AKR sistemi ile arıtılması halinde gerekli inşaat maliyeti hesaplanmıştır. Bu çalışmada işletme ve bakım maliyetleri dikkate alınmamıştır. 1992 yılı için hesaplanan inşaat maliyetleri USD cinsinden 38 m³/gün, 190 m³/gün ve 284 m³/gün dizayn kapasitesine sahip tesisler için sırayla 76.000.-USD, 136.000.-USD ve 165.000.-USD olarak verilmiştir. Maliyetlere iki AKR tankı ve çelik konstrüksiyon aerobik ayrıştırma tankı imalatı, borulama, vanalar, kontrol mekanizmaları dahil edilirken arazi maliyeti, mühendislik, yasal veya finansal ücretler hariç tutulmuştur.

Schleypen ve diğ. (1997) Almanya’da bulunan altı tane AKR tesisi ile aynı arıtma amacına sahip diğer klasik atıksu arıtma tesislerinin yatırım maliyetlerini karşılaştırmışlardır. Dizayn kapasitesi 200-1500 kişilik olan tesisler için yatırım maliyetlerinin 3900.-DM/e.g. ile 1500.-DM/e.g. arasında değiştiği belirtilmiştir. AKR sistemlerin daha fazla mekanik aksamı ihtiyacı gösterdiği ve mekanik aksamın fiyatının ortalama toplam fiyatın %27.3’ü olduğu ifade edilmiştir. Enerjinin büyük bir kısmının aeratörler için harcandığı, dolayısıyla bu tesislerdeki enerji tüketiminin yüksek olduğu ileri sürülmüştür. Aynı yükleme şartlarında uzun havalandırmalı sistem için gerekli enerji ihtiyacının 3.5 kWh/kışı.ay’dan daha az olduğunu tespit edilmiştir. Yüksek çamur yaşında fakat tam kapasitede çalışmayan bu çalışmadaki AKR sistemlerinin reaktördeki su seviyelerinin değişmesi ile mekanik ve elektriksel ekipmanların farklı verim göstermesinden dolayı tesislerdeki araştırma tarihindeki, enerji tüketiminin fazla olduğu, ancak ileri ki zamanlarda tesislerin tam kapasite ile çalışmasıyla enerji tüketiminin yarıya düşeceği ileri sürülmüştür. Ayrıca enerji maliyetinin toplam işletme maliyetinin yalnızca bir kısmı olduğu hususuna dikkat edilmesi gerektiğini vurgulanmıştır.

Helmreich ve diğ. (1999), Almanya’da bulunan küçük AKR sistemlerinin performansları ve maliyetlerini araştırmışlardır. Yaklaşık 2000 kişilik tesislere kadar AKR sistemlerin maliyetlerinin sürekli beslemeli aktif çamur sistemleri maliyetlerine nazaran daha az olduğunu tespit etmişlerdir. Bu çalışmanın sonucunda Schleypen ve diğ. (1997)’nin yaptıkları çalışmaya benzer sonuçları elde etmişlerdir. İncelenen AKR sistemlerin ortalama enerji tüketimlerinin 56 kWh/kışı olduğunu ve enerjinin büyük bir kısmının havalandırma sistemi tarafından giderildiğini belirlemişlerdir. Ayrıca düşük yüklü tesislerin maksimum kapasite ile çalışan tesislere göre daha fazla enerji tükettiklerini ifade etmişlerdir.

Torrijos ve diğ. (2000) peynir üreten tesislerden kaynaklanan atıksuların arıtılması amacıyla 1996 ve 1999 yılları arasında 11 tanesi AKR sistemi olmak üzere 19 adet atıksu arıtma tesisinin maliyetlerini incelemişlerdir. 700 kişiden daha az kapasiteye sahip yerler için AKR sisteminin, finansal açıdan, sürekli beslemeli aktif çamur sistemlerine göre daha avantajlı olduğu bulunmuştur. 200 kişi ile 700 kişi arasında değişen nüfuslar için AKR sistemi önerilmiştir. Tablo 3.4’ de arıtma kapasitelerine bağlı olarak AKR sisteminin ortalama maliyetleri verilmiştir. Tablodaki maliyetler,

inşaat, ekipman, fittings malzeme, borulama ve atıksu, elektrik, temiz su tesisatı, yağmur kanalı, arıtılmış suyun uzaklaştırılması, yönetim giderleri vb. maliyetleri içermektedir. Atıksu arıtma tesisleri ilk yatırım maliyetlerinin büyük süt üreticileri için 0.8 Fransız Kuruşu / litre süt (0.13 US senti) ile küçük süt üreticileri için 3 Fransız kuruşu / litre süt (0.49 US senti) arasında değiştiği belirtilmektedir.

Tablo 3.4 Arıtma Kapasitesine Bağlı Olarak AKR Sisteminin İlk Yatırım Maliyetleri

Arıtma Kapasitesi	Yatırım Maliyetleri
100 – 200 kişi	4.300.- F veya 706.-USD/kişi
200 – 250 kişi	3.400.- F veya 558.-USD/kişi
250 – 300 kişi	2.700.- F veya 443.-USD/kişi
300 – 450 kişi	2.400.- F veya 394.-USD/kişi
450 – 800 kişi	2.000.- F veya 328.-USD/kişi

Araştırmacılar, işletme maliyetinin 300 kişilik bir tesiste üretilen litre süt başına 1-1.2 Fransız Kuruşu (0.16-0.2 US senti) arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Tablo 3.5, 300 kişilik artma ünitesi için işletme maliyetlerini göstermektedir. Sürekli beslemeli tesis ile karşılaştırıldığında AKR sisteminin daha düşük işletme maliyetine sahip olduğu gözlenmiştir. Peynir üreticilerinin AKR arıtma ünitesini kontrol etmesi için haftada 1 ile 2 saat gerekir iken, bu sürenin sürekli beslemeli tesislerde haftada 4 saat ile günde 1 saat arasında değiştiği belirtilmiştir.

Tablo 3.5 300 Kişilik Tesise Ait İşletme Maliyetleri (Torrijos ve diğ., 2000)

Elektrik Tüketimi = 26.000 kWh / yıl	10.400.-FF veya 1.708.-USD/yıl
Personel	6.800-13.500.-FF/yıl veya 1.116-2.217.-USD/yıl
Yedek parçalar	9.000.-FF veya 1.478.-USD/yıl
Yağ, temiz su sağlanması, analizler	2.000.-FF veya 328.-USD/yıl
Çamurun araziye serilmesi	1.400.-FF veya 230.-USD/yıl
TOPLAM	29.600-36.300.-FF/yıl veya 4.860-5.960.-USD/yıl

AKR Sisteminin Maliyeti Konusunda EPA (1998) Tarafından Yapılan Çalışma

Vana, blower, borulama, pompalar, besleme sistemi, kontrol mekanizması, çamur uzaklaştırma ekipmanları ve AKR tankını içeren bir model tesis için EPA (1998) AKR sistemi maliyetini hesaplamıştır. Ortalama giriş değerleri 4800 mg/l BOI₅, 995 mg/l amonyum ve 46 mg/l nitrat-nitrit olup çıkışta ortalama 1600 mg/l BOI₅, 615 mg/l amonyum ve 1.0 mg/l nitrat-nitrit konsantrasyonları elde edilmiştir.

Yatırım ve Arazi Maliyeti:

EPA (1998) AKR sistemi ile ilgili montaj bedelleri dahil yatırım maliyetlerini, satıcı firmalardan sağlamıştır. Tablo 3.6 AKR için hesaplanan toplam yatırım maliyetini göstermektedir. Sonuçlar Şekil 3.1’ de grafik olarak gösterilmiştir.

AKR sisteminin toplam yatırım maliyeti eşitliği,

$$\ln(Y1)=15.707+0.512\ln(X)+0.0022(\ln(X))^2 \quad (3.1)$$

şeklinde ifade edilmektedir.

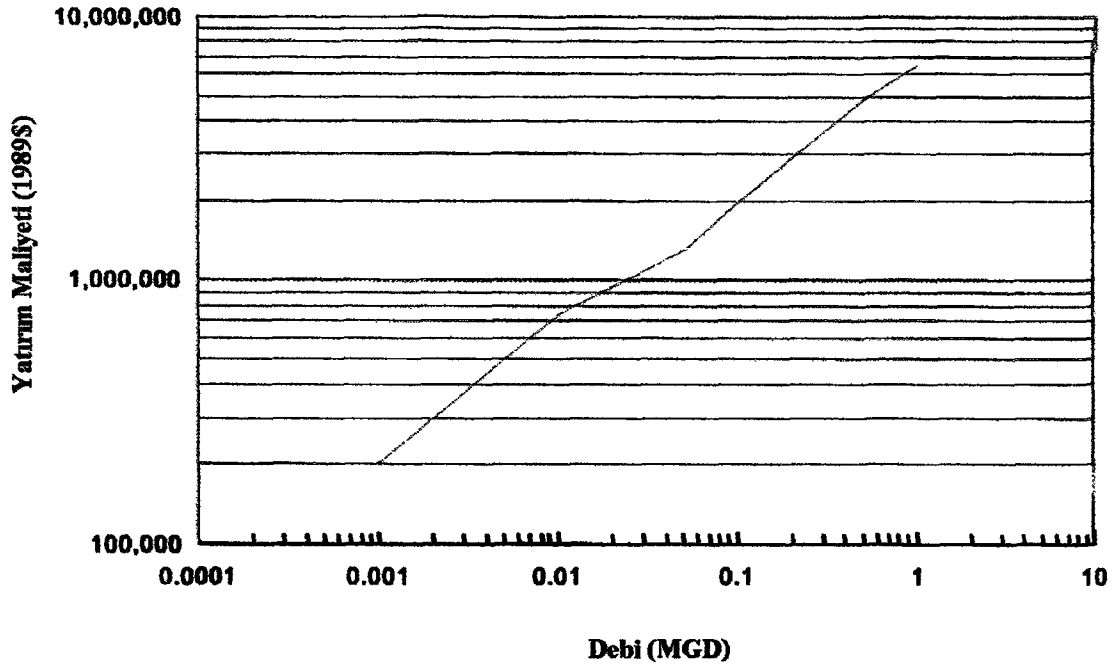
Eşitlikteki;

X: Atıksu debisi (mgd)

Y1: Yatırım Maliyetini (1989 USD) ifade etmektedir.

Tablo 3.6 AKR sistem için toplam yatırım maliyetleri

Atıksu Debisi (mgd)	Atıksu Debisi (m ³ /gün)	Sistem Maliyeti	Montaj	Borulama	Toplam İnşa Maliyeti	Mühendislik ve Danışma	Toplam Yatırım Maliyeti (1993 USD)	Toplam Yatırım Maliyeti (1989 USD)
0.001	3.8	100.000	35.000	54.000	189.000	40.500	229.500	206.500
0.01	38	360.000	126.000	194.400	680.400	145.800	826.200	743.580
0.05	190	635.000	222.250	342.900	1.200.150	257.175	1.457.325	1.311.593
0.10	380	970.000	339.500	523.800	1.833.300	392.850	2.226.150	2.003.535
0.50	1900	2.350.000	822.500	1.269.000	4.441.500	951.750	5.393.250	4.853.925
1.0	3800	3.200.000	1.120.000	1.728.000	6.048.000	1.296.000	7.344.000	6.609.600

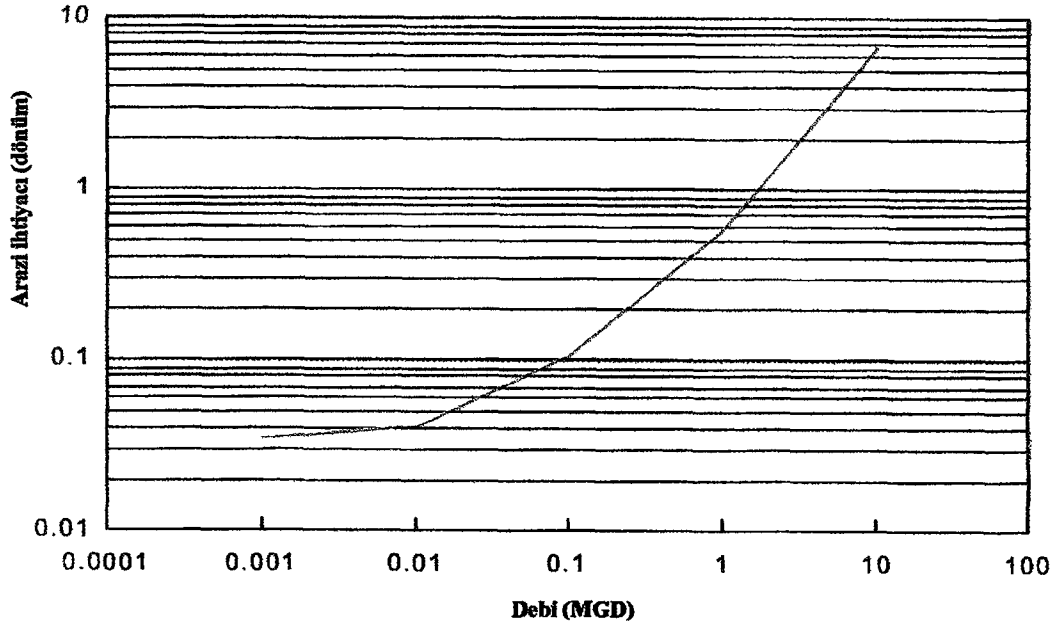


Şekil 3.1 AKR İçin Toplam Yatırım Maliyeti Eğrisi (EPA, 1998)

EPA (1998), arazi ihtiyacını hesaplarken sistem için gerekli toplam arazi ve çevresel birimler (pomplar, ulaşım yolu vb.) için gerekli arazinin toplamını alarak arazi boyutlarını hesaplamıştır. Arazi ihtiyacı eğrisi Şekil 3.2' de gösterilmektedir. AKR sisteminin arazi ihtiyacı aşağıdaki eşitlikle ifade edilmiştir:

$$\ln(Y_3) = -0.531 + 0.906 \ln(X) + 0.072 (\ln(X))^2 \quad (3.2)$$

Eşitlikte, Y_3 : Arazi ihtiyacını (dönüm) ifade etmektedir.



Şekil 3.2. AKR İçin Arazi İhtiyacı Eğrisi (EPA, 1998)

İşletme ve Bakım Maliyetleri:

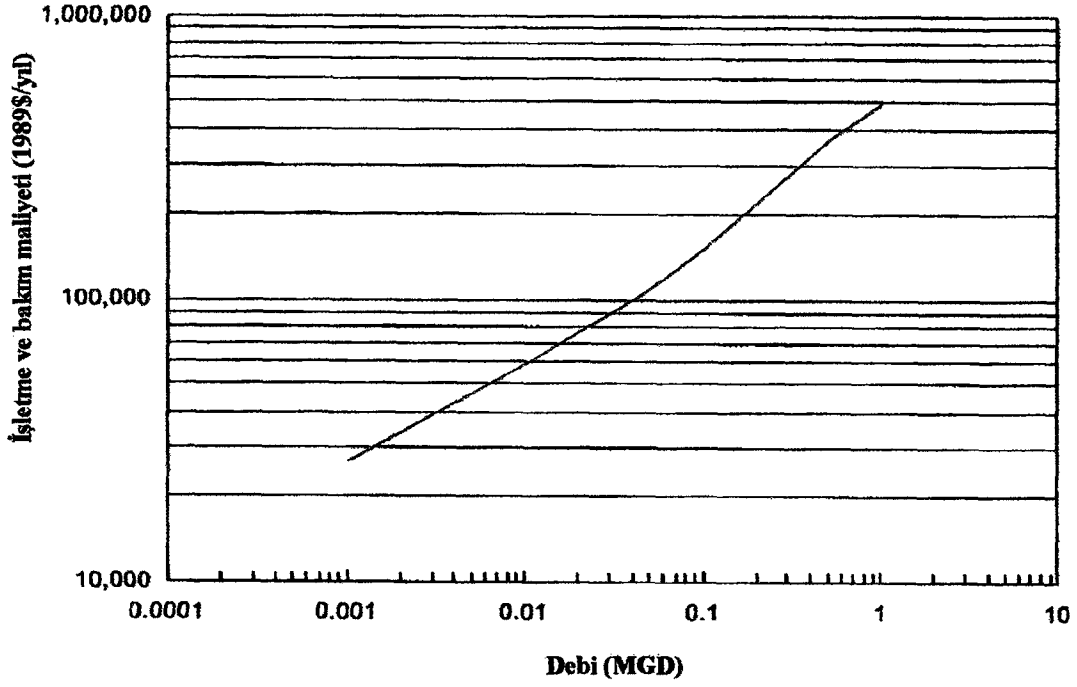
AKR sistem için işletme maliyetleri, elektrik tüketimi, onarım, işgücü, sigorta ve vergi maliyetlerini içermektedir. Günde 4 saat çalışıldığı esas alınarak işgücü ihtiyacı ve Beygir Gücü (BB) bazında enerji ihtiyacı belirlenmiştir. Tablo 3.7, işletme ve bakım maliyetlerini göstermektedir. Maliyet eğrisi ise Şekil 3.3’ te verilmiştir. AKR sistemi için işletme ve bakım maliyeti eşitliği aşağıdaki şekilde verilmiştir:

$$\ln(Y2)=13.139+0.562\ln(X)+0.020(\ln(X))^2 \quad (3.3)$$

Eşitlikte; Y2: İşletme ve bakım maliyetini ifade etmektedir.

Tablo 3.7 AKR sistem için işletme ve bakım maliyetleri

Atıksu Debisi (mgd)	Atıksu Debisi (m ³ /gün)	Güç	İşgücü	Onarım	Vergiler ve Sigorta	Toplam İşletme ve Bakım Maliyeti (1989 USD)
0.001	3.8	65	14.600	8.260	4.130	27.055
0.01	38	392	14.600	29.744	14.872	59.608
0.05	190	1.852	29.200	52.540	26.270	109.862
0.10	380	3.703	29.200	80.140	40.070	153.113
0.50	1900	18.298	58.400	194.156	97.078	367.932
1.0	3800	36.596	58.400	264.384	132.192	491.572



Şekil 3.3 AKR için işletme ve bakım maliyeti eğrisi

Türkiye’de AKR sisteminin maliyetinin araştırılması konusunda bugüne kadar yapılmış bir araştırma bulunmamaktadır. Bu alandaki boşluğu gidermek amacıyla yapılan bu çalışma, bu konuda ilk olacaktır.

3.4. Atıksu Arıtma Tesislerinin Maliyet Unsurlarının Belirlenmesi

Uygulanacak atıksu arıtma prosesine karar verilmesinde, atıksu karakterizasyonu, deşarj standartları, maliyet vb. birçok faktör dikkate alınmaktadır. Su kalite ve atıksu deşarj standartları, prosesin seçiminde belirleyici unsur olup proses analizi ve seçimi atıksu arıtma tesislerinin tasarımlarının en zor aşamalarından biridir. Hem teorik bilgi hem de pratik tecrübe proses alternatiflerinin belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır. Proses analizinin temel elemanları şu aşamalardan oluşmaktadır.

- Proses akım diyagramının geliştirilmesi,
- Proses tasarım kriterlerinin saptanması ve arıtma birimlerinin boyutlandırılması,
- Kütle dengesinin (solids balances) sağlanması,

- Hidrolik profilin oluşturulması,
- Yerleşim planının çıkarılması.

Bunlara ilave olarak çeşitli arıtma tesislerinin tasarımında ve seçiminde asıl önemli husus, özellikle arıtma tesisini yapacak kurum veya kişiler için, maliyet unsurudur. Bu amaçla maliyet tahminleri yapılması gerekir. Maliyet tahminleri çoğunlukla üç ana başlıkta toplanmaktadır:

1. Seçilen yayınlardan veya maliyet eğrilerinden elde edilen ve düşünülen planlama için kullanılacak büyüklük tahmininin yapılması,
2. İlk tasarım aşamasında üreticilerin sözlerinden, yayınlanmış veya geçmiş yıllara ait önerilerden bütçe tahmini çıkarılması,
3. Tamamlanmış projelerden ve elde edilen detaylı verilerden kesin maliyet tahminleri yapılması.

Tahminlerin geçerliliği analizlerin ne kadar detaylı hazırlanıp hazırlanmamasına göre değişmektedir. Bu nedenle, tanımlanmamış kalemler ve beklenmeyen durumlar için oluşacak ek maliyet unsurları toplam maliyetler hesaplanırken göz önüne alınmalıdır.

Standartların çok sıkı olması tesis maliyetini artırırken tesis maliyetini etkileyen diğer önemli parametreler ise arıtma teknolojisinin boyutlarını belirleyici atıksu miktarı ve atıksuyun özellikleridir. Buna göre maliyet analizleri kesin dizayn parametreleri belirlendikten sonra yapılmalıdır.

Atıksu arıtma tesisi maliyetleri, sadece ilk yatırım maliyetini değil bununla birlikte işletme ve bakım maliyetlerini de kapsamaktadır.

Yatırım Maliyetleri:

Tablo 3.8’de EPA (1998) yatırım maliyetlerini hesaplarken kullanılan standart faktörleri belirtmektedir. Ekipman maliyeti, tipik olarak arıtma ünitesinin maliyeti ile teknolojiye bağlı olarak kullanılan yardımcı ekipmanları içermektedir. Ekipman maliyetine ilave olarak diğer yatırım maliyetleri, borulama, kontrol cihazları ve mekanizması, pompalar, montaj, mühendislik, nakliye ve muhtemel giderleri kapsamaktadır.

Tablo 3.8 Standart Yatırım Maliyeti Algoritması (EPA, 1998)

Faktör	Yatırım Maliyeti
Ekipman Maliyeti	Teknoloji-Spesifik Maliyet
Montaj	Ekipman Maliyetinin %25-55'i
Borulama	Ekipman Maliyetinin %31-66'sı
Kontrol Cihazları ve Mekanizması	Ekipman Maliyetinin %6-30'u
Toplam Yatırım Maliyeti	Ekipman+Montaj+Borulama+Enstrüman ve Kontrol Mekanizması
Mühendislik	Toplam Yapım Maliyetinin %15'i
Muhtemel Giderler	Toplam Yapım Maliyetinin %15'i
Toplam İndirekt Maliyet	Mühendislik+Muhtemel Giderler
Toplam Yatırım Maliyeti	Toplam Yapım Maliyeti+Toplam İndirekt Maliyet

İşletme ve Bakım Maliyetleri:

Yıllık işletme ve bakım maliyetlerinin belirlenmesi alternatif arıtma proseslerinin değerlendirilmesinde önemli faktörlerdendir. Onarım, vergi ve sigorta, işçilik, enerji, kimyasal madde (kullanılan teknolojiye göre değişmektedir) ve atık yönetimi (kullanılan teknolojiye göre değişmektedir) yıllık işletme ve bakım maliyetlerini oluşturan unsurlardır. EPA (1998), işletme ve bakım maliyetlerini hesaplarken kullanılan standart faktörler Tablo 3.9' da belirtilmektedir.

Tesisteki enerji tüketimi, ekipmanlar, kontrol mekanizması ve aydınlatma için harcanan enerjiyi kapsamaktadır. EPA (1998), 1.000 galon (3,7854 m³) atıksu için ekipmanlara gerekli elektrik ihtiyacını 0.5 kWh olarak vermektedir. Aynı kuruluş, aydınlatma ve kontrol mekanizması için maliyetin yılda 1.000.-USD ve ekipmanlar için ise 0.08.-USD/kWh olduğunu tahmin etmektedir.

İşletme ve bakım maliyetini oluşturan faktörlerden kimyasal madde tüketimi ve işçilik kullanılan teknolojiye bağlı olarak değişmektedir. Ayrıca işçilik arıtma tesisinin inşa edileceği yerdeki ekonomik şartlara bağlı olarakta değişim göstermektedir.

Bakım ve onarım faktörü içerisinde ekipmanların yağlarının değiştirilmesi, temizliklerinin yapılması gibi düzenli bakımlarının yapılması, numune alma ve analiz masrafları yer almaktadır.

Arıtma tesislerinde mekanik ve elektrik donanımının değiştirilmesi için de 15-20 yıllık kullanım süreleri düşünülebilir.

Tablo 3.9 Standart İşletme ve Bakım Maliyeti Faktörleri (EPA, 1998)

Faktör	İşletme ve Bakım Maliyetleri (1989.-USD/yıl)
Onarım	Toplam Yatırım Maliyetinin %4'ü
Vergiler ve Sigorta	Toplam Yatırım Maliyetinin %2'si
İşçilik	30.300-31.200.-USD/kışı.yıl
Enerji tüketimi	0.08.-USD/kWh
Kimyasallar:	
Kireç	57.-USD/ton
Polimer	1.53.-USD/libre
Sodyum Hidroksit (%100 eriyik)	560.-USD/ton
Sodyum Hidroksit (%50 eriyik)	275.-USD/ton
Sodyum Hipoklorit	0.29.-USD/kg
Sülfirik Asit	80.-USD/ton
Katyonik Polimer	0.61.-USD/kg
Demir Sülfat	0.04.-USD/kg
Sönmüş Kireç	0.018.-USD/kg
Sodyum Sülfat	0.136.-USD/kg
Atık Yönetimi	Teknoloji-Spesifik Maliyet
Toplam İşletme ve Bakım Maliyeti	Onarım+Vergiler ve Sigorta + İşçilik+Enerji Tüketimi+ Kimyasal Madde Tüketimi+Atıklar

3.5. Maliyet İndeksinin Belirlenmesi

Yatırım maliyeti tahminleri yapılırken değerlendirmede göz önüne alınması gerekli husus tüm alternatifleri gözden geçirmek ve gelecekteki maliyet tahminlerini iyi bir şekilde yapmaktır. Gelecekteki maliyetleri tahmin için çoğunlukla ;

1. Tahmini enflasyon hızına dayanan artış,
2. Yayınlanmış maliyet indeksleri

kullanılmaktadır. Atıksu arıtma tesislerinin yatırım maliyetleri değerlendirmelerini ve gelecekteki yatırım maliyeti tahminlerini standart bir baza oturtmak için yatırım maliyet indekslerine ihtiyaç vardır. İndeks sayısı genel anlamı ile değişimlerin ortalamasıdır. İndeks sayısı ilk olarak fiyatlardaki düşme ve artışları ölçmek amacıyla kullanılmıştır. 1838 yılında Porter “fiyatların indeksi” ve Londra Ekonomistleri ise 22 fiyatın toplamını “toplam indeks sayısı” olarak isimlendirerek kullanmışlardır (U. S. Public Health Service, 1963).

Fiyat veya maliyet indeksi sayısı, verilen periyottaki maliyet veya fiyatların toplamının, temel alınan periyottaki maliyet veya fiyatların toplamına bölünmesi ile elde edilen orandır. Yatırım maliyetini oluşturan faktörlerin fiyatlarından etkilenen fiyat indeksi maliyet indeksinden farklıdır. Maliyet indeksi iki farklı periyottaki yatırım maliyetini oluşturan faktörlerin fiyatları ve miktarlarından etkilenmektedir.

$$\text{Yapım Fiyat İndeksi} = \frac{P_{1a} + P_{2a} + P_{3a} + \dots + P_{na}}{P_{1b} + P_{2b} + P_{3b} + \dots + P_{nb}} 100 = \frac{\sum P_a}{\sum P_b} 100 \quad (3.4)$$

$$\begin{aligned} \text{Yapım Maliyet İndeksi} &= \frac{P_{1a} Q_{1a} + P_{2a} Q_{2a} + P_{3a} Q_{3a} + \dots + P_{na} Q_{na}}{P_{1b} Q_{1b} + P_{2b} Q_{2b} + P_{3b} Q_{3b} + \dots + P_{nb} Q_{nb}} 100 \\ &= \frac{\sum P_a Q_a}{\sum P_b Q_b} 100 \end{aligned} \quad (3.5)$$

Eşitliklerdeki;

$P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n$: Yatırım maliyetini oluşturan faktörlerin fiyatları

a : Verilen yapım periyodu

b : Temel alınan yapım periyodu

$Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots + Q_n$: Yatırım maliyetini oluşturan faktörlerin miktarları.

Maliyet indeksi;

a- Çeşitli tarihlerdeki inşaat ve ekipman maliyetlerini tahmin etmek,

b- Daha önceki yıllardaki benzer çalışmalarda hesaplanan maliyet ile şimdiki maliyeti kontrol etmek,

- c- Diğer maliyet verilerinin doğruluğunu kanıtlamak,
- d- Gelecekteki maliyet artışlarını önceden tahmin etmek için kullanılmaktadır.

Çeşitli tarihlerde yapılan arıtma tesisleri maliyetlerini karşılaştırmak ancak kesin maliyet analizlerine dayalı maliyet indekslerinin kullanılması ile mümkün olacaktır.

Maliyet indeksi geliştirilirken dikkat edilmesi gereken husus, indekste önemli derece azalma veya artma olduğunda bu durumun üç veya beş yıldan fazla bir periyot için ayarlanan veya tahmin edilen maliyetlerde büyük uyumsuzluklara neden olabilmesidir.

A.B.D.'de atıksu arıtma tesislerinde çoğunlukla "The Engineering News-Record Construction Cost Index" (ENR Construction Index) ve Public Health Service tarafından tespit edilen "Sewage Treatment Plant Construction Cost Index" (PHS-STP Index) maliyet indeksleri kullanılmaktadır.

Türkiye'de çeşitli kuruluşlar tarafından yayınlanan ve Bayındırlık Bakanlığı tarafından yıllık olarak tespit edilen eskalasyon katsayısı kullanılmaktadır. Bayındırlık Bakanlığı eskalasyon katsayısının belirlenme esasları farklı olduğundan bu katsayıların arıtma sektöründe kullanılması bir takım sıkıntılara yol açmakta ve yüklenici ile işveren arasındaki anlaşmazlıklar sonucu iş uzamakta, maliyet artmaktadır. Arıtma sektöründe kullanılabilecek maliyet indeksi ile ilgili ilk çalışma Tuna (1995) tarafından yapılmıştır. Arıtma proseslerinin farklı karakterde olmasından dolayı her bir proses (stabilizasyon havuzu ve uzun havalandırmalı aktif çamur sistemi) için ayrı indeks belirlenmiştir. Tuna ve diğ. (1999)' nin çalışmasında maliyet indeksleri, 1989 yılı için indeks 100 alındığında 1998 yılında stabilizasyon havuzunda 12 972, uzun havalandırmalı aktif çamurda 9 856 olarak bulunmuştur. Bu rakamlar 10 yıllık bir süreçte stabilizasyon havuzu maliyetinin uzun havalandırmalı aktif çamur maliyetinden 1,316 kat (% 31,6) daha fazla olduğunu göstermektedir. Bu sonuç her arıtma sistemi için ayrı indeks geliştirmenin önemini göstermektedir. Bu noktadan hareketle bu çalışmada Ardışık Kesikli Reaktör (AKR) sistemi için ayrı bir indeks geliştirilmiştir.

Atıksu arıtma maliyetlerinin maliyetleri ülkeden ülkeye farklılıklar göstermektedir. Maliyet indeksi geliştirilirken mümkün olduğunca bölgesel maliyet farklılıklarını

yansıtmasına dikkat edilmelidir. A.B.D. 'nde kullanılan her iki indeks için 20 bölgeye ait maliyetler verilmiştir.

Bu çalışmanın dördüncü bölümünde de AKR prosesine sahip 500 m³/gün kapasiteli bir tesis için maliyet analizleri yapılarak Türkiye şartlarını yansıtacak maliyet indeksi geliştirilmiştir.

3.6. Maliyet İndeksi Geliştirme Esasları

AKR sistemi için maliyet indeksi belirlenirken aşağıda verilen formüllerden yararlanılmıştır (Tuna, 1995).

Atıksu arıtma sistemleri için maliyet artış yüzdesi:

$$P = \frac{k_1 r_1 + k_2 r_2 + \dots + k_n r_n}{k_1 + k_2 + \dots + k_n} \quad (3.6)$$

ifadesinden hesaplanabilir.

İfadede geçen;

P: Maliyet artış yüzdesini

$k_1 + k_2 + \dots + k_n$: 1., 2.,n kalemlerinin toplam maliyet içindeki yüzdesini (etkime yüzdesini)

$r_1 + r_2 + \dots + r_n$: 1., 2.,n kalemlerinin fiyat artış yüzdesini göstermektedir.

Etkime yüzdeleri (k katsayıları) indeksi geliştirilen prosesler için işletmeye alınma safhasına kadar yapılan nihai maliyetler (kesin hesaplar) analiz edilerek aşağıdaki formülden tespit edilmiştir.

$$k_i = \frac{M_i}{\sum_{i=1}^n M_i} 100 \quad (3.7)$$

M_i : i. Kalemin nihai maliyeti

Fiyat artış yüzdeleri ise bir maliyet kaleminin alt bileşenlerinin fiyatlarındaki artışları da ağırlıkları nispetinde yansıtacak şekilde aşağıdaki bağıntıdan bulunabilir.

$$r = \sum_{i=1}^n \left(\frac{y_i - y_{i-1}}{y_i} \right) \left(\frac{F_i}{\sum_{i=1}^n F} \right) 100 \quad (3.8)$$

Burada,

r : Fiyat artış yüzdesi,

y_i : Alt bileşenin birim fiyatı,

y_{i-1} : Alt bileşenin bir önceki yıldaki birim fiyatı,

F_i : i. alt bileşenin tutarı ($F = \text{miktar} \times \text{birim fiyat}$).

İncelenen arıtma tesisi için yıllık fiyat değişimini ifade eden geçiş katsayıları,

$$G_k = 1 + \frac{P}{100} \quad (3.9)$$

bağıntısından bulunabilir.

Atıksu arıtma tesisleri maliyet indeksi (I) ise,

$$I_i = I_{i-1} (G_k)_i \quad (3.10)$$

formülünden hesaplanmaktadır.

4. ARDIŞIK KESİKLİ REAKTÖR (AKR) SİSTEMLERİ İÇİN MALİYET ANALİZLERİ VE MALİYET İNDEKSİ GELİŞTİRİLMESİ

4.1 Maliyet Hesabında Dikkate Alınan Genel Esaslar

AKR prosesi ile ilgili gerek laboratuvar gerekse tam ölçekli olarak çalışmaların son on yılda yoğunlaşmasına ve yurtdışında AKR prosesi ile çalışan çok sayıda tam ölçekli tesis bulunmasına rağmen Türkiye’de bu proses esas alınarak kurulmuş ve işletilen arıtma tesisi sayısı sınırlıdır. Türkiye’de AKR teknolojisi ile kurulmuş tam ölçekli tesislerin azlığı yanında özellikle kamusal ve özel kuruluşlardan elde edilen dokümanların bilimsel çalışmalarda kullanılacak şekilde belli bir düzen içinde olmaması değerlendirmeyi güçleştirmektedir. Diğer taraftan tesislerle ilgili kesin hesaplara ulaşılmasında büyük zorluklar yaşanmasına yol açmıştır. Ulaşılamayan bilgiler, o konuda uzman kişilerle birlikte çalışılarak değerlendirmeye katılmıştır.

Bu çalışmada AKR teknolojisi ile çalışan 140 m³/gün, 200 m³/gün, 500 m³/gün ve 600 m³/gün kapasiteye sahip 4 ayrı tam ölçekli tesis için keşifler çıkarılmış olup bu tesislerin maliyet analizleri yapılmıştır. İndeksi belirlemek ve çalışmayı bilimsel bir baz çerçevesinde yürütmek amacıyla çalışma süresince belirli bir debi (500 m³/gün) esas alınmıştır. Bu çalışma çerçevesinde keşifleri incelenen tesislere ait kirlilik yükleri sırasıyla 420 kg KOI/gün, 340 kg KOI/gün, 600 kg KOI/gün ve 720 kg KOI/gün şeklinde olup tekstil endüstrisinden kaynaklanan atıksuların arıtıldığı her tesiste terfi haznesi, nötralizasyon haznesi, iki adet havalandırma havuzu ve çamur haznesi bulunmaktadır.

Bu çalışmaya esas alınan tam ölçekli tesislerin akım şemaları Şekil 4.1’ de gösterilmektedir. Ham atıksu, önce terfi haznesine alınır ve bu hazneden bir pompa aracılığıyla sabit bir debi ile tesise beslenir. Tesislerin hepsinde pH sorunu

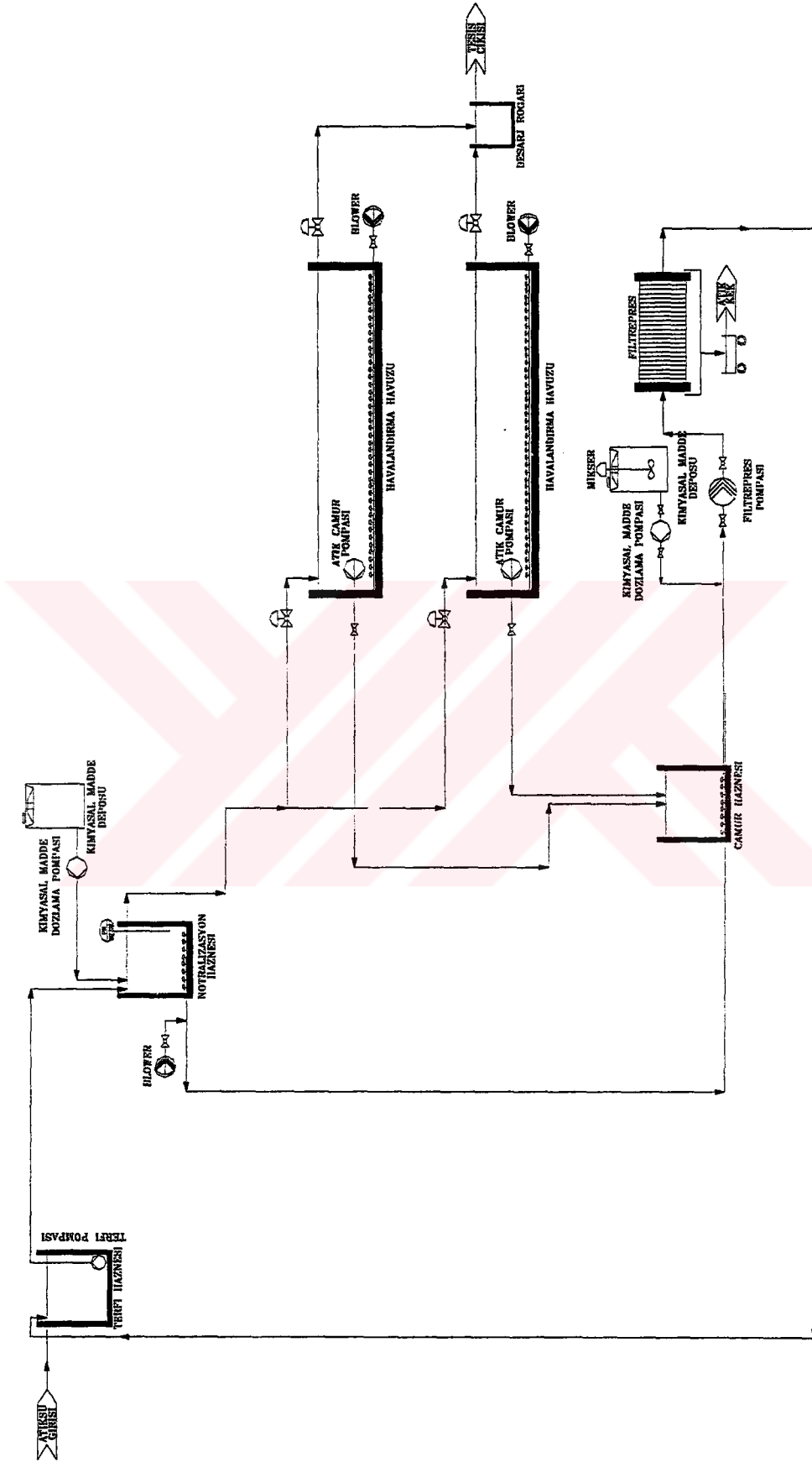
bulunmaktadır. Atıksu, biyolojik arıtmaya tabi tutulmadan önce pH' ının nötr hale getirilmesi için nötralizasyon haznesine alınır. Bu haznede pH metrenin kontrolü altında gerekli kimyasal madde ilave edilerek pH nötr değerde tutulur ve atıksu içindeki kirlilik kaynağı çözünmüş karbonun biyolojik olarak arıtılması için havalandırma havuzuna alınır. Bu havuzlarda çözünmüş karbon aerobik bakteriler yardımı ile oksitlenerek yeni bakteri hücrelerine dönüştürülür. Bu işlem için gerekli oksijen blower ve difüzör sistemi ile sağlanır. Sistemde üreyen fazla çamur atık çamur pompası ile çamur haznesine basılır. Çamurun kolay sıkışabilmesi için gerekli kimyasal madde (polielektrolit) bir dozaj pompası ile çamura dozlanır. Çamur haznesindeki atık çamur, susuzlaştırmak amacıyla filtrepres besleme pompası ile filtreprese alınır. Bu üniteye sıkıştırılarak su içeriği düşürülen çamur, katı atık olarak uzaklaştırılacak formdadır.

Tesislerle ilgili maliyet analizi yapılırken son 3 yıla ait Türkiye'deki serbest piyasa fiyatları kullanılmış olup söz konusu tesislerin 1998, 1999 ve 2000 yıllarındaki ilk yatırım maliyetleri ile işletme ve bakım maliyetleri buna bağlı olarak toplam proje maliyetleri hesaplanmıştır. Çamur susuzlaştırma sisteminin maliyeti toplam yatırım maliyetini önemli ölçüde etkilediğinden bu etkileme oranını tespit etmek amacı ile tesislerdeki çamur susuzlaştırma sisteminin maliyeti ile tesis genel maliyeti ayrı olarak incelenmiş olup çamur susuzlaştırma sisteminin fiyata etkisi değerlendirilmiştir.

Genel olarak Türkiye'deki inşaat sektöründeki birim fiyatların tespitinde bölgesel farklılıklarının dikkate alınmaması ve bölgesel farklılıkların ihmal edilmesinin neticeyi pek etkilemeyeceği kabul edilerek bu çalışmada Türkiye'de bölgesel farklılıklarının birim fiyatlara etkisi olmadığı kabul edilmiştir.

Hesaplanan toplam proje maliyetlerine müteahhitlik karı, vergiler, sigorta, ham atıksuyun toplanılması, tesise enerji getirilmesi, arıtılmış suyun uzaklaştırılması, tesise temiz su getirilmesi ve arazi bedeli dahil değildir.

Çalışmanın sonunda Türk lirasındaki hızlı değer kaybından dolayı toplam proje maliyetleri ABD Doları cinsinden ifade edilmiştir.



Şekil 4.1 İncelenen tesislere ait akım şeması

4.2 Maliyet Kalemlerinin Belirlenmesi

Tesislerin toplam proje maliyetleri hesaplanırken, ilk yatırım maliyeti ve işletme-bakım maliyetleri olmak üzere 2 ana başlık altında değerlendirilmiştir. İlk yatırım maliyeti kendi içerisinde inşaat kalemi, borulama kalemi, elektrik kalemi, ekipman kalemi, nakliye kalemi ve montaj işçilik kalemi olarak 5 kalem altında incelenirken, işletme ve bakım maliyetleri ise kimyasal madde maliyeti, enerji maliyeti, personel maliyeti ve bakım-onarım maliyeti olarak 4 kalemde incelenmiştir.

1. İlk Yatırım Maliyeti

- a) İnşaat İmalat Kalemleri
- b) Borulama İmalat Kalemleri
- c) Elektrik İmalat Kalemleri
- d) Ekipman İmalat Kalemleri
- e) Nakliye Kalemi
- f) Montaj İşçilik Kalemi

2. İşletme ve Bakım Maliyeti

- a) Kimyasal Madde İhtiyacı
- b) Enerji Tüketimi
- c) Personel
- d) Bakım-Onarım

4.3 Maliyet Bileşenlerinin Hesaplanması

Her bir kalem için kesin keşifler çıkarılmış olup her bir kalemin değerlendirme esasları detaylı bir şekilde aşağıda verilmiştir.

4.3.1 İlk Yatırım Maliyeti

a) İnşaat İmalat Kalemleri

İncelemeye konu olan 140 m³/gün ve 200 m³/gün kapasiteye sahip tesislerde tanklar (havalandırma havuzu, nötralizasyon tankı ve çamur tankı) çelik konstrüksiyon olarak inşaa edilmiştir. Söz konusu tesislerde kullanılan ekipmanlar için herhangi bir idari bina yapılmadığı için idari binanın maliyeti bu tesislerin inşaat maliyetlerini hesaplamalarına dahil edilmemiştir. Düşük debili tesislerde ekipmanlar genelde fabrikanın belirli bir kısmına yerleştirilmektedir. Bu tesislerdeki betonarme olan terfi haznesinin inşaat maliyeti ise hesaplara katılmıştır.

Bu çalışma çerçevesinde incelenen 500 m³/gün ve 600 m³/gün kapasiteye sahip ardışık kesikli reaktör teknolojisi ile işletilen atıksu arıtma tesisleri ise betonarme olarak inşa edilmiştir. Bu tesislerde tesiste kullanılan ekipmanlar (blower vs.), lavabo, elektrik panoları ve çamur susuzlaştırma sisteminin ekipmanları idari bina içerisine yerleştirilmiştir. Çamur susuzlaştırma sisteminin idari binanın boyutlarını büyütme dışında inşaat maliyetini etkileyecek bir kalem olmadığından çamur susuzlaştırma sisteminin maliyeti hesaplanırken inşaat kalemi olarak toplam inşaat kaleminin %10'u olduğu kabul edilerek değerlendirmeye alınmıştır.

500 m³/gün kapasiteye sahip tesis içinde gerekli toplam miktarlar hesaplanmış, bu miktarlar 1998 yılı birim fiyatları, bu yıllardaki tutarları ve inşaat imalat toplamına oranları ile birlikte Tablo 4.1' de verilmektedir. Bu tesise ait 1998-1999 yılları arasındaki fiyat artış yüzdesi ile maliyet indeksi hesabında kullanılacak inşaat kalemlerine ait ağırlıklı fiyat artış yüzdeleri de Tablo 4.2' de ve 1999-2000 yılları arasındaki fiyat artış yüzdesi ile ağırlıklı fiyat artış yüzdeleri de Tablo 4.3' de verilmektedir. Fiyat artış yüzdesi ile etkiye yüzdesi çarpılarak her bir kalem için

ağırlıklı fiyat artış yüzdesi hesaplanmıştır. Etkime yüzdesi, her bir kalem tutarının inşaat imalat toplamına oranıdır. Toplam maliyet artış yüzdesi hesabında kullanılacak inşaat kalemlerine ait fiyat artış yüzdesi, inşaat ana kalemleri ağırlıklı fiyat artış yüzdelерinin toplamı olarak alınmıştır.

Ayrıca tesislerdeki haznelerin malzemesinin çelik konstrüksiyon olması halindeki inşaat kalemlerinin nasıl değiştiğini görmek amacıyla 140 m³/gün kapasiteye sahip tesis için hesaplanan gerekli miktarlar, bu miktarlara ait 1998 yılı birim fiyatları ve bu yıldaki tutarları Tablo E.1’ de verilmektedir.

Tablo 4.1 İnşaat imalat kalemleri listesi (1998 Yılı)

	Açıklama	Birim	Miktar	1998 yılı Birim Fiyatı	Tutar (TL)	İnşaat İmalat Toplamına Oran
1	Grobeton (BS14)	m3	29	10.237.756	296.894.924	3,74
2	Betonarme Beton (BS18)	m3	275	10.587.756	2.911.632.900	36,73
3	İnşaat Demiri (SII III)	t	27	103.307.125	2.789.292.375	35,18
4	Hafriyat	m3	905	358.208	324.178.240	4,09
5	Kalıp	m2	975	1.339.875	1.306.378.125	16,48
6	CTP	m2	30	1.787.818	53.634.540	0,68
7	Kapı (180 cm x 90 cm)	AD	7	10.970.083	76.790.581	0,97
8	Kapı (110 cm x 40 cm)	AD	2	2.657.339	5.314.678	0,07
9	Kapı (110 x 105 cm)	AD	4	6.975.514	27.902.056	0,35
10	Kapı (440 cm x 105 cm)	AD	1	27.902.056	27.902.056	0,35
11	Su tutucu bant	m	150	720.000	108.000.000	1,36
		1998 Yılı İnşaat İmalat Toplamı :			7.927.920.475	100

Tablo 4.2 İnşaat imalat kalemlerinin 1998-1999 yılları arasındaki fiyat artış yüzdeleri ve ağırlıklı fiyat artış miktarları

	Açıklama	1998-1999 Arası Birim Fiyat Farkı	Fiyat Artış Yüzdesi	İnşaat İmalat Toplamına Etkime Yüzdesi	Ağırlıklı Fiyat Yüzdesi
1	Grobeton (BS14)	5.136.627	50,17	3,74	1,88
2	Betonarme Beton (BS18)	5.286.627	49,93	36,73	18,34
3	İnşaat Demiri (SII III)	37.058.500	35,87	35,18	12,62
4	Hafriyat	161.103	44,97	4,09	1,84
5	Kalıp	845.343	63,09	16,48	10,40
6	CTP	986.009	55,15	0,68	0,37
7	Kapı (180 cm x 90 cm)	8.427.897	76,83	0,97	0,74
8	Kapı (110 cm x 40 cm)	1.998.136	75,19	0,07	0,05
9	Kapı (110 x 105 cm)	5.245.108	75,19	0,35	0,26
10	Kapı (440 cm x 105 cm)	20.980.432	75,19	0,35	0,26
11	Su tutucu bant	500.000	69,44	1,36	0,95
		1998-1999 Yılı Ağırlıklı Fiyat Artış Yüzdesi :			47,72

Tablo 4.3 İnşaat imalat kalemlerinin 1999-2000 yılları arasındaki fiyat artış yüzdeleri ve ağırlıklı fiyat artış miktarları

	Açıklama	1999-2000 Arası Birim Fiyat Farkı	Fiyat Artış Yüzdesi	İnşaat İmalat Toplamına Etkiye Yüzdesi	Ağırlıklı Fiyat Yüzdesi
1	Grobeton (BS14)	9.178.197	59,70	3,81	2,27
2	Betonarme Beton (BS18)	9.478.197	59,71	37,28	22,26
3	İnşaat Demiri (SII III)	95.744.625	68,21	32,36	22,07
4	Hafriyat	461.065	88,78	4,01	3,56
5	Kaıp	1.063.972	48,69	18,19	8,86
6	CTP	1.802.987	65,00	0,71	0,46
7	Kapı (180 cm x 90 cm)	9.035.494	46,58	1,16	0,54
8	Kapı (110 cm x 40 cm)	2.234.897	48,01	0,08	0,04
9	Kapı (110 x 105 cm)	5.866.605	48,01	0,42	0,20
10	Kapı (440 cm x 105 cm)	23.466.421	48,01	0,42	0,20
11	Su tutucu bant	650.000	53,28	1,56	0,83
		1999-2000 Yılı Ağırlıklı Fiyat Artış Yüzdesi :			61,30

b) Borulama İmalat Kalemleri

Bu çalışma çerçevesinde değerlendirilen 140 m³/gün, 200 m³/gün, 500 m³/gün ve 600 m³/gün kapasiteye sahip AKR tesislerinin borulama imalat kalemleri, tesis genel borulaması ve çamur susuzlaştırma sisteminin (filtre pres grubu) borulaması olarak 2 ayrı bölümde incelenmiştir. Her tesis için "Borulama İmalat Kalemleri Listeleri" hazırlanmıştır. Borulama imalat kalemleri her bölüm içerisinde borular, vanalar, bağlantı elemanları ve diğer genel malzemeler olmak üzere 4'er grupta incelenmiştir.

Ardışık kesikli reaktör teknolojisine sahip tesislerin maliyet indeksi hesaplanırken baz alınan 500 m³/gün kapasiteye sahip tesis içinde gerekli toplam miktarlar hesaplanmış, bu miktarlar 1998 birim fiyatları, bu yıldaki tutarları ve borulama imalat toplamına oranları ile birlikte Tablo 4.4' de verilmiştir.

Tablo 4.4 Borulama imalat kalemleri listesi (1998 Yılı)

	Açıklama	Birim	Miktar	1998 yılı Birim Fiyatı	Tutar (TL)	Borulama İmalat Toplamına Oran
	BORULAR					
1	1/2 mm KÇ boru	M	12	299.200	3.590.400	0,28
2	50 mm KÇ boru	M	27	733.700	19.809.900	1,53
3	100 mm KÇ boru	M	46	1.742.000	80.132.000	6,20
4	150 mm KÇ boru	M	6	2.876.000	17.256.000	1,33
5	200 mm KÇ boru	M	8	2.967.500	23.740.000	1,84

6	40 mm PVC boru	M	40	237.000	9.480.000	0,73
7	50 mm PVC boru	M	24	354.000	8.496.000	0,66
8	75 mm PVC boru	M	54	822.900	44.436.600	3,44
9	1/2" galvaniz boru	M	18	261.600	4.708.800	0,36
10	2" mm galvaniz boru	M	6	993.200	5.959.200	0,46
				TOPLAM :	217.608.900	16,83
	VANALAR					
1	1/2" mm küresel vana	AD	2	835.000	1.670.000	0,13
2	40 mm küresel vana	AD	2	4.170.000	8.340.000	0,64
3	50 mm küresel vana	AD	1	7.475.000	7.475.000	0,58
4	65 mm küresel vana	AD	4	12.000.000	48.000.000	3,71
5	100 mm kelebek vana	AD	1	17.931.600	17.931.600	1,39
6	40 mm çalpara çekvalf	AD	3	2.500.000	7.500.000	0,58
7	100 mm tilting çekvalf	AD	1	14.793.570	14.793.570	1,14
8	200 mm pnömatik vana	AD	2	101.858.960	203.717.919	15,75
9	150 mm pnömatik vana	AD	2	88.626.933	177.253.866	13,71
				TOPLAM :	486.681.955	37,63
	BAĞLANTI ELEMANLARI					
1	1/2" mm ND 16 Flanş	AD	6	130.000	780.000	0,06
2	40 mm ND 16 Flanş	AD	2	1.782.000	3.564.000	0,28
3	65 mm ND 16 Flanş	AD	4	2.916.000	11.664.000	0,90
4	100 mm ND 16 Flanş	AD	4	4.438.800	17.755.200	1,37
5	150 mm ND 16 Flanş	AD	4	7.128.000	28.512.000	2,20
6	200 mm ND 16 Flanş	AD	4	9.045.000	36.180.000	2,80
7	1/2 mm KÇ 90 dirsek	AD	10	80.850	808.500	0,06
8	40 mm KÇ 90 dirsek	AD	2	518.490	1.036.980	0,08
9	50 mm KÇ 90 dirsek	AD	18	624.330	11.237.940	0,87
10	100 mm KÇ 90 dirsek	AD	14	2.002.140	28.029.960	2,17
11	150 mm KÇ 90 dirsek	AD	2	7.144.200	14.288.400	1,10
12	200 mm KÇ 90 dirsek	AD	2	13.944.000	27.888.000	2,16
13	40-50 mm KÇ redüksiyon	AD	1	1.076.900	1.076.900	0,08
14	65-100 mm KÇ redüksiyon	AD	2	3.960.000	7.920.000	0,61
15	200 mm KÇ Kep	AD	2	2.700.000	5.400.000	0,42
16	50 mm KÇ kep	AD	1	762.000	762.000	0,06
17	100 mm KÇ kep	AD	3	1.207.000	3.621.000	0,28
18	1/2 manşon	AD	2	55.000	110.000	0,01
19	65 mm manşon	AD	2	835.000	1.670.000	0,13
20	50 mm nipel	AD	1	475.000	475.000	0,04
21	1/2" mm klingrit conta	AD	3	35.000	105.000	0,01
22	65 mm klingrit conta	AD	4	120.000	480.000	0,04
23	100 mm klingrit conta	AD	1	180.000	180.000	0,01
24	40 mm klingrit conta	AD	2	95.760	191.520	0,01
25	40 mm hortum adaptörü	AD	6	285.000	1.710.000	0,13
26	65 mm hortum adaptörü	AD	2	490.000	980.000	0,08
27	75 mm PVC Flanş+cole	AD	4	3.350.000	13.400.000	1,04
28	50 mm PVC Flanş+cole	AD	2	2.250.000	4.500.000	0,35
29	32 mm iç paso adaptör	AD	40	115.000	4.600.000	0,36
30	40 mm PVC 90 dirsek	AD	40	166.000	6.640.000	0,51
31	50 mm PVC 90 dirsek	AD	12	375.000	4.500.000	0,35
32	75 mm PVC 90 dirsek	AD	4	875.000	3.500.000	0,27
33	40 mm PVC kör tapa	AD	40	205.440	8.217.600	0,64
34	75 mm PVC Te	AD	36	783.000	28.188.000	2,18
35	40 mm PVC Te	AD	40	215.000	8.600.000	0,67
36	50 mm PVC Te	AD	6	243.000	1.458.000	0,11
37	75-40 mm PVC redüksiyon	AD	40	712.000	28.480.000	2,20
				TOPLAM :	318.510.000	24,63
	DİĞER MALZEMELER					
1	40 mm hortum kelepçesi	AD	6	75.000	450.000	0,03
2	65 mm hortum kelepçesi	AD	4	120.000	480.000	0,04
3	4 mm galvaniz bakla zincir	M	14	350.000	4.900.000	0,38
4	Zincir kilidi	AD	9	125.000	1.125.000	0,09
5	1/2 Ubuıt	AD	11	31.000	341.000	0,03
6	50 mm konik rekor	AD	1	1.800.000	1.800.000	0,14
7	M10 çelik dübel	AD	355	75.250	26.713.750	2,07
8	M12 çelik dübel	AD	4	95.000	380.000	0,03

9	M16 çelik dübel	AD	4	115.000	460.000	0,04
10	M10 rot	M	2	225.000	450.000	0,03
11	M8 çelik dübel	AD	26	37.500	975.000	0,08
12	M8x30 civata	AD	4	25.500	102.000	0,01
13	M20x150 civata+somun	AD	16	380.000	6.080.000	0,47
14	M12x50 civata+somun	AD	12	92.000	1.104.000	0,09
15	M16x60 civata+somun	AD	12	78.250	939.000	0,07
16	M16x70 civata+somun	AD	16	85.000	1.360.000	0,11
17	M20x140 civata+somun	AD	8	250.000	2.000.000	0,15
18	M16x130 civata+somun	AD	8	150.000	1.200.000	0,09
19	M6x70 paslanmaz vidası	AD	330	175.000	57.750.000	4,47
20	1/2" mm doğalgaz boru kel.	AD	12	27.000	324.000	0,03
21	40 mm doğalgaz boru kel.	AD	6	165.000	990.000	0,08
22	50 mm doğalgaz boru kel.	AD	16	185.000	2.960.000	0,23
23	100 mm doğalgaz boru kel.	AD	10	390.000	3.900.000	0,30
24	40 mm paslanmaz kelepçe	AD	80	221.156	17.692.512	1,37
25	75 mm paslanmaz kelepçe	AD	24	257.020	6.168.470	0,48
26	M8 rot	M	3	175.000	525.000	0,04
27	1/2" mm tek tarafı dişli boru	AD	4	210.000	840.000	0,06
28	40 mm tek tarafı dişli boru	AD	10	600.000	6.000.000	0,46
29	50 mm tek tarafı dişli boru	AD	2	750.000	1.500.000	0,12
30	65 mm tek tarafı dişli boru	AD	8	800.000	6.400.000	0,49
31	Tangit	KG	2	5.350.000	10.700.000	0,83
32	200 kum su zımparası	TAB	5	225.000	1.125.000	0,09
33	Teflon bant	AD	32	75.000	2.400.000	0,19
34	40 mm bezli lastik hortum	M	10	1.695.000	16.950.000	1,31
35	65 mm bezli lastik hortum	M	1	2.100.000	2.100.000	0,16
36	1/2" pnömatik regüleri	AD	1	17.200.000	17.200.000	1,33
	Şartlandırıcı					
				TOPLAM :	206.384.732	15,96
				TESİS BORULAMASI TOPLAMI :	1.229.185.587	95

ÇAMUR GRUBU

	Açıklama	Birim	Miktar	1998 yılı Birim Fiyatı	Tutar (TL)	Borulama İmalat Toplamına Oran
	BORULAR					
1	50 mm KC boru	M	12	733.700	8.804.400	0,68
2	1/2 PP boru	M	8	292.000	2.336.000	0,18
3	1/2 galvaniz boru	M	4	261.600	1.046.400	0,08
			TOPLAM :		12.186.800	0,94
	VANALAR					
1	50 mm küresel vana	AD	2	7.475.000	14.950.000	1,16
2	1/2 küresel vana	AD	1	1.150.000	1.150.000	0,09
3	1/2 PP küresel vana	AD	1	2.222.000	2.222.000	0,17
			TOPLAM :		18.322.000	1,42
	BAĞLANTI ELEMANLARI					
1	32 mm ND16 Flanş	AD	3	950.000	2.850.000	0,22
2	50 mm KÇ 90 dirsek	AD	10	624.330	6.243.300	0,48
3	32-50 mm KC redüksiyon	AD	3	979.000	2.937.000	0,23
4	1" manşon	AD	1	95.700	95.700	0,01
5	1/2 manşon	AD	1	55.000	55.000	0,00
6	65 mm manşon	AD	1	835.000	835.000	0,06
7	32 mm klingrit conta	AD	3	75.600	226.800	0,02
8	1/2 nipel	AD	1	45.000	45.000	0,00
9	50 mm nipel	AD	2	475.000	950.000	0,07
10	50 mm konik rekor	AD	2	1.800.000	3.600.000	0,28
11	1/2 PP iç dişli rekor	AD	2	354.000	708.000	0,05
12	1/2 PP dış dişli adaptör	AD	1	320.000	320.000	0,02
13	1"-1/2" PP redüksiyon	AD	1	70.000	70.000	0,01
14	1/2 PP kaynaklı rekor	AD	1	636.000	636.000	0,05
15	1/2 PP dirsek	AD	5	45.000	225.000	0,02

				TOPLAM :	19.796.800	1,53
	DİĞER MALZEMELER					
1	50 mm doğalgaz boru kel.	AD	10	185.000	1.850.000	0,14
2	1/2 PP boru kelepçesi	AD	6	27.000	162.000	0,01
3	50 mm tek tarafı dişli boru	AD	4	750.000	3.000.000	0,23
4	M16x60 civata+somun	AD	12	78.250	939.000	0,07
5	M6x30 civata+somun	AD	4	15.000	60.000	0,00
6	M8 çelik dübel	AD	10	37.500	375.000	0,03
7	M8 rot	M	2	175.000	350.000	0,03
8	1/2" U-bult	AD	2	31.000	62.000	0,00
9	0-16 bar manometre	AD	1	2.150.000	2.150.000	0,17
10	5-16 bar druck şalter	AD	1	4.750.000	4.750.000	0,37
				TOPLAM :	13.698.000	1,06
	ÇAMUR SUSUZLAŞTIRMA GRUBU BORULAMASI TOPLAMI :				64.003.600	5
	1998 YILI BORULAMA İMALAT TOPLAMI :				1.293.189.187	100

Bu tesise ait maliyet indeksi hesabında kullanılacak borulama kalemlerine ait 1998-1999 yılları arasındaki birim fiyat farkları, fiyat artış yüzdeleri, borulama imalat toplamına etkime yüzdeleri (Tablo 4.4' den), kendi grubu içerisindeki etkime yüzdeleri ve kendi grubu içindeki ağırlıklı fiyat artış yüzdeleri de Tablo E.2' de, 1999-2000 yılları arasındaki birim fiyat farkları, fiyat artış yüzdeleri, borulama imalat toplamına etkime yüzdeleri kendi grubu içerisindeki etkime yüzdeleri ve kendi grubu içindeki ağırlıklı fiyat artış yüzdeleri de Tablo E.3' de gösterilmiştir. Fiyat artış yüzdesi ile kendi grubu içerisindeki etkime yüzdesi çarpılarak her bir kalem için ağırlıklı fiyat artış yüzdesi hesaplanmıştır. Kendi grubu içerisindeki ağırlıklı fiyat artış yüzdelerinin toplamı o gruba ait fiyat artış yüzdesini vermektedir. Fiyat artış yüzdeleri ile borulama imalat toplamına etkime yüzdelerinin her grup için toplamı çarpılarak "ağırlıklı etkime miktarları bulunmuş ve 1998-1999 yılı için Tablo 4.5' de, 1999-2000 yılı için Tablo 4.6' da gösterilmiştir. Ağırlıklı etkime miktarlarının toplamı etkime yüzdeleri toplamına (bu değer 100'dür) bölünmesi ile toplam maliyet artış yüzdesi hesabında kullanılan borulama kalemine ait fiyat artış yüzdesi hesaplanmıştır.

Tablo 4.5 Borulama imalat kalemlerinin ağırlıklı etkiye miktarları ve 1998-1999 yılı ağırlıklı fiyat artış yüzdeleri

	Açıklama	Etkime Yüzdesi	Fiyat Artış Yüzdesi	Ağırlıklı Etkime Miktarı
1	Tesis Borulaması			
	Borular	16,83	22,89	385,24
	Vanalar	37,63	48,69	1.832,20
	Bağlantı Elemanları	24,63	28,21	694,81
	Diğer Malzemeler	15,96	43,63	696,33
2	Çamur Susuzlaştırma Grubu			
	Borular	0,94	24,94	23,44
	Vanalar	1,42	22,07	31,34
	Bağlantı Elemanları	1,53	131,86	201,75
	Diğer Malzemeler	1,06	25,62	27,16
	1998-1999 Yılı Ağırlıklı Fiyat Artış Yüzdesi			38,92

Tablo 4.6 Borulama imalat kalemlerinin ağırlıklı etkiye miktarları ve 1999-2000 yılı ağırlıklı fiyat artış yüzdeleri

	Açıklama	Etkime Yüzdesi	Fiyat Artış Yüzdesi	Ağırlıklı Etkime Miktarı
1	Tesis Borulaması			
	Borular	14,89	98,71	1.469,79
	Vanalar	40,28	33,24	1.338,91
	Bağlantı Elemanları	22,73	74,21	1.686,79
	Diğer Malzemeler	16,5	44,37	732,11
2	Çamur Susuzlaştırma Grubu			
	Borular	0,85	76,35	64,90
	Vanalar	1,24	26,98	33,46
	Bağlantı Elemanları	2,55	21,53	54,90
	Diğer Malzemeler	0,96	35,82	34,39
	1999-2000 Yılı Ağırlıklı Fiyat Artış Yüzdesi			54,15

c) Elektrik İmalat Kalemleri

Elektrik imalat kalemleri, borulama kaleminde olduğu gibi tesis genel elektrik işleri ve çamur susuzlaştırma sisteminin (filtrepres grubu) elektrik işleri olarak 2 bölümde değerlendirilmiştir. Her tesis için “Elektrik İmalat Kalemleri Listeleri” hazırlanmıştır ve bu imalat kalemleri her bölüm içerisinde kablolar, pano ve elektrik malzemeleri ve

kontrol cihazları olmak üzere 4 ana grupta incelenmiştir. Toplam maliyet artış yüzdesi hesabında kullanılacak elektrik kalemine ait fiyat artış yüzdesi hesaplanırken inşaat ve borulama imalat kalemlerinde kullanılan metot uygulanmıştır.

Ardışık kesikli reaktör teknolojisine sahip tesislerin maliyet indeksi hesaplanırken baz alınan 500 m³/gün kapasiteye sahip tesis içinde gerekli toplam miktarlar hesaplanmış, bu miktarlar 1998 birim fiyatları, bu yıldaki tutarları ve elektrik imalat toplamına oranları ile birlikte Tablo 4.7' de verilmiştir.

Tablo 4.7 Elektik imalat kalemleri listesi (1998 Yılı)

	Açıklama	Birim	Miktar	1998 yılı Birim Fiyatı	Tutar (.-TL)	Elektrik İmalat Toplamına Oranı
KABLOLAR						
1	Besleme hattı 4x2.5 mm2 NYY	M	150	218.750	32.812.500	2,05
2	Besleme hattı 3x1.5 mm2 NYY	M	80	138.000	11.040.000	0,69
3	Besleme hattı 4x1.5 mm2 NYY	M	72	164.922	11.874.384	0,74
4	Besleme hattı 14x1.5 mm2 NYY	M	88	1.020.435	89.798.280	5,60
5	Besleme hattı 2x0.75 mm2 Blendajlı	M	30	125.000	3.750.000	0,23
6	3x1.5 mm2 antigron kablo	M	55	165.984	9.129.120	0,57
7	7'lik galvaniz tava+kapak	AD	10	1.335.000	13.350.000	0,83
8	7'lik galvaniz tava kelepçesi	AD	20	145.000	2.900.000	0,18
9	10'luk galvaniz tava+kapak	AD	15	1.420.000	21.300.000	1,33
10	10'luk galvaniz tava kelepçesi	AD	30	145.000	4.350.000	0,27
11	20'lik galvaniz tava + kapak	AD	17	2.170.000	36.890.000	2,30
12	20'lik galvaniz tava kelepçesi	AD	34	145.000	4.930.000	0,31
13	20'lik tava askı ayağı	AD	10	795.000	7.950.000	0,50
14	7'lik tava askı ayağı	AD	5	625.000	3.125.000	0,20
15	Tava ek parçası	AD	50	250.000	12.500.000	0,78
16	Tava bağlantı civatası+somun	AD	300	15.000	4.500.000	0,28
17	Kablo klipsi	AD	800	8.500	6.800.000	0,42
				TOPLAM :	276.999.284	17
PANO VE ELEKTRİK MALZEMELERİ						
1	30x40 polyester pano	AD	1	8.000.000	8.000.000	0,50
2	40x60 polyester pano	AD	2	13.500.000	27.000.000	1,69
3	Pano	AD	1	125.261.700	125.261.700	7,82
4	Mimik	AD	1	175.097.000	175.097.000	10,93
5	3TF40/10 Kontaktör	AD	4	5.948.640	23.794.560	1,49
6	3TF42/17 Kontaktör	AD	2	9.072.000	18.144.000	1,13
7	3TF40/17 Kontaktör	AD	6	8.340.000	50.040.000	3,12
8	380/220/24 VAC 300VA Trafo	AD	1	12.000.000	12.000.000	0,75
	1x10A pako şalter	AD	6	621.000	3.726.000	0,23
9	1-1,6 Termik Röle	AD	1	8.490.000	8.490.000	0,53
10	10-16 Termik Röle	AD	1	8.490.000	8.490.000	0,53
11	1,6-2,5 Termik Röle	AD	2	8.490.000	16.980.000	1,06
12	2,5-4A Termik Röle	AD	1	8.490.000	8.490.000	0,53
13	6.3x10A Termik Röle	AD	1	8.490.000	8.490.000	0,53
14	1x10A Kutup Değiştirici	AD	10	1.010.000	10.100.000	0,63
15	Zaman rölesi	AD	4	13.805.000	55.220.000	3,45
16	Finder röle	AD	20	4.250.000	85.000.000	5,30
17	3x6A W Otomat	AD	4	5.330.000	21.320.000	1,33
18	3x16A W Otomat	AD	1	5.330.000	5.330.000	0,33
19	3x20A W Otomat	AD	1	5.330.000	5.330.000	0,33

20	1x6A W Otomat	AD	1	1.250.000	1.250.000	0,08
21	2x16A W Otomat	AD	1	2.850.000	2.850.000	0,18
22	2x10A W Otomat	AD	2	2.850.000	5.700.000	0,36
23	1x10A W Otomat	AD	5	1.250.000	6.250.000	0,39
24	1x16A W Otomat	AD	1	1.250.000	1.250.000	0,08
25	M8 kendinden çekmeli çelik dübel	AD	100	37.500	3.750.000	0,23
26	110x180 buat	AD	2	1.200.000	2.400.000	0,15
27	110x110 buat	AD	5	760.000	3.800.000	0,24
28	22 buat rekoru	AD	35	85.600	2.996.000	0,19
29	Voltmetre ve komitatör	AD	1	18.400.000	18.400.000	1,15
30	Buton	AD	2	1.800.000	3.600.000	0,22
31	Anastör	AD	1	6.500.000	6.500.000	0,41
32	Led diyotlar	AD	1	8.500.000	8.500.000	0,53
33	Alarm ve çalışma kartı	AD	1	18.000.000	18.000.000	1,12
34	Köprü diyot	AD	1	1.500.000	1.500.000	0,09
35	Faz lambası	AD	3	750.000	2.250.000	0,14
36	Alarm kornası	AD	1	7.000.000	7.000.000	0,44
39	Ray klemens	AD	44	126.940	5.585.360	0,35
40	Ray klemens	AD	48	87.500	4.200.000	0,26
41	Ray klemens	AD	14	260.000	3.640.000	0,23
42	Sarf malzeme	AD	1	25.000.000	25.000.000	1,56
43	125 W balanslı armatür	AD	3	5.625.375	16.876.125	1,05
44	Etaş armatür	AD	4	6.112.875	24.451.500	1,53
45	Anahtar	AD	5	473.025	2.365.125	0,15
46	Priz	AD	2	545.615	1.091.230	0,07
47	Otomat kutusu	AD	1	398.720	398.720	0,02
				TOPLAM :	855.907.320	53
	KONTROL CİHAZLARI					
1	Seviye Flatörü	AD	11	5.678.340	62.461.740	3,90
2	PH metre	AD	1	208.240.000	208.240.000	13,00
				TOPLAM :	270.701.740	17
	TESİS GENEL ELEKTRİK İMALAT TOPLAMI :				1.403.608.344	88
	ÇAMUR GRUBU					
	Açıklama	Birim	Miktar	1998 yılı Birim Fiyatı	Tutar (-TL)	Elektrik İmalat Toplamına Oranı
	KABLOLAR					
1	Besleme hattı 3x1.5 mm2 NYN	AD	30	138.000	4.140.000	0,26
2	Besleme hattı 4x1.5 mm2 NYN	AD	35	164.922	5.772.270	0,36
3	7'lik galvaniz tava+kapak	AD	30	1.335.000	40.050.000	2,50
4	7'lik galvaniz tava kelepçesi	AD	60	145.000	8.700.000	0,54
5	7'lik tava askı ayağı	AD	10	625.000	6.250.000	0,39
6	Tava ek parçası	AD	25	250.000	6.250.000	0,39
7	Tava bağlantı civatası+somun	AD	100	15.000	1.500.000	0,09
8	Kablo klipsi	AD	200	8.500	1.700.000	0,11
				TOPLAM :	74.362.270	5
	ELEKTRİK MALZEMELERİ					
1	30x40 polyester pano	AD	1	8.000.000	8.000.000	0,50
2	3TF40/17 Kontaktör	AD	3	8.340.000	25.020.000	1,56
3	2,5-4A Termik Röle	AD	2	8.490.000	16.980.000	1,06
4	1x1.6A Termik Röle	AD	1	8.490.000	8.490.000	0,53
5	1x10A Kutup Değiştirici	AD	2	1.010.000	2.020.000	0,13
6	Finder röle	AD	5	4.250.000	21.250.000	1,33
7	3x6A W Otomat	AD	1	5.330.000	5.330.000	0,33
8	3x10A W Otomat	AD	2	5.330.000	10.660.000	0,67
9	3x16A W Otomat	AD	1	5.330.000	5.330.000	0,33
10	3x16 pako şalter	AD	1	621.000	621.000	0,04
11	Faz lambası	AD	3	750.000	2.250.000	0,14

12	1x25A pako şalter	AD	1	621.000	621.000	0,04
13	Ray klemens	AD	20	260.000	5.200.000	0,32
14	Buton	AD	2	1.800.000	3.600.000	0,22
15	110x180 buat	AD	1	1.200.000	1.200.000	0,07
16	110x110 buat	AD	1	760.000	760.000	0,05
17	22 buat rekoru	AD	15	85.600	1.284.000	0,08
				TOPLAM :	118.616.000	7
	KONTROL CİHAZLARI					
1	Seviye Flatörü	AD	1	5.678.340	5.678.340	0,35
				TOPLAM :	5.678.340	0,35
	CAMUR SUSUZLAŞTIRMA GRUBU ELEKTRİK İMALAT TOPLAMI :				198.656.610	12
	1998 YILI ELEKTRİK İMALAT TOPLAMI :				1.602.264.954	100

Bu tesise ait maliyet indeksi hesabında kullanılacak elektrik imalat kalemlerine ait 1998-1999 yılları arasındaki birim fiyat farkları, fiyat artış yüzdeleri, elektrik imalat toplamına etkiye yüzdeleri (Tablo 4.7' den), kendi grubu içerisindeki etkiye yüzdeleri ve kendi grubu içindeki ağırlıklı fiyat artış yüzdeleri de Tablo E.4' de, 1999-2000 yılları arasındaki birim fiyat farkları, fiyat artış yüzdeleri, elektrik imalat toplamına etkiye yüzdeleri kendi grubu içerisindeki etkiye yüzdeleri ve kendi grubu içindeki ağırlıklı fiyat artış yüzdeleri de Tablo E.5' de gösterilmiştir. Fiyat artış yüzdesi ile kendi grubu içerisindeki etkiye yüzdesi çarpılarak her bir kalem için ağırlıklı fiyat artış yüzdesi hesaplanmıştır. Kendi grubu içerisindeki ağırlıklı fiyat artış yüzdelerinin toplamı o gruba ait fiyat artış yüzdesini vermektedir. Fiyat artış yüzdeleri ile elektrik imalat toplamına etkiye yüzdelerinin her grup için toplamı çarpılarak "ağırlıklı etkiye miktarları bulunmuş, 1998-1999 yılı için Tablo 4.8 ve 1999-2000 yılı için Tablo 4.9' da gösterilmiştir. Ağırlıklı etkiye miktarlarının toplamı etkiye yüzdeleri toplamına bölünmesi ile toplam maliyet artış yüzdesi hesabında kullanılan elektrik kalemine ait fiyat artış yüzdesi hesaplanmıştır.

Tablo 4.8 Elektrik imalat kalemlerinin ağırlıklı etkiye miktarları ve 1998-1999 yılı ağırlıklı fiyat artış yüzdeleri

	Açıklama	Etkime Yüzdesi	Fiyat Artış Yüzdesi	Ağırlıklı Etkime Miktarı
1	Tesis Borulaması			
	Kablolar	17,29	50,93	880,58
	Pano ve elektrik malzemeleri	53,42	39,62	2.116,50
	Kontrol Cihazları	16,89	39,41	665,63
2	Çamur Susuzlaştırma Grubu			
	Kablolar	4,64	57,02	264,57
	Pano ve elektrik malzemeleri	7,4	24,73	183,00
	Kontrol Cihazları	0,35	49,89	17,46
	1998-1999 Yılı Ağırlıklı Fiyat Artış Yüzdesi			41,28

Tablo 4.9 Elektrik imalat kalemlerinin ağırlıklı etkiye miktarları ve 1999-2000 yılı ağırlıklı fiyat artış yüzdeleri

	Açıklama	Etkime Yüzdesi	Fiyat Artış Yüzdesi	Ağırlıklı Etkime Miktarı
1	Tesis Borulaması			
	Kablolar	18,47	65,16	1.203,51
	Pano ve elektrik malzemeleri	52,79	58,81	3.104,58
	Kontrol Cihazları	16,67	26,71	445,26
2	Çamur Susuzlaştırma Grubu			
	Kablolar	5,16	103,2	532,51
	Pano ve elektrik malzemeleri	6,54	82,3	538,24
	Kontrol Cihazları	0,38	34,87	13,25
	1999-2000 Yılı Ağırlıklı Fiyat Artış Yüzdesi			58,37

d) Ekipman İmalat Kalemleri

Her tesise ait ekipmanlar, tesis genel ve tesislerdeki çamur susuzlaştırma sisteminin (filtrepres grubu) ekipmanları olarak 2 bölüm içerisinde değerlendirilerek her bir tesis için “Ekipman İmalat Kalemleri Listeleri” hazırlanmıştır.

500 m³/gün kapasiteye sahip tesisin ekipman kalemine ait 1998 yılı maliyet analizleri Tablo 4.10’ da verilmiştir. Maliyet indeksi hesabında esas aldığımız 500 m³/gün debiye sahip tesis için ekipman kalemlerine ait 1998-1999 yılları arasındaki birim fiyat farkları, fiyat artış yüzdeleri, ekipman imalat toplamına etkiye yüzdeleri (Tablo 4.10’ dan),

kendi grubu içerisindeki etkiye yüzdeleri ve kendi grubu içindeki ağırlıklı fiyat artış yüzdeleri de Tablo 4.11’ de gösterilmiştir. Aynı şekilde 1999-2000 yılı için Tablo 4.12’ de gösterilmiştir. Fiyat artış yüzdesi ile kendi grubu içerisindeki etkiye yüzdesi çarpılarak her bir kalem için ağırlıklı fiyat artış yüzdesi hesaplanmıştır. Kendi grubu içerisindeki ağırlıklı fiyat artış yüzdelерinin toplamı o gruba ait fiyat artış yüzdesini vermektedir. Fiyat artış yüzdeleri ile ekipman imalat toplamına etkiye yüzdelерinin her grup için toplamı çarpılarak “ağırlıklı etkiye miktarları bulunmuş, 1998-1999 yılı için Tablo 4.13’ de ve 1999-2000 yılı için Tablo 4.14’ de gösterilmiştir. Ağırlıklı etkiye miktarlarının toplamının etkiye yüzdeleri toplamına yani 100’e bölünmesi ile toplam maliyet artış yüzdesi hesabında kullanılan ekipman kalemine ait fiyat artış yüzdesi hesaplanmıştır.

Tablo 4.10 Ekipman imalat kalemleri listesi (1998 Yılı)

	Açıklama	Birim	Miktar	1998 yılı Birim Fiyatı	Tutar (TL)	Ekipman İmalat Toplamına Oran
1	Terfi pompası	AD	1	357.884.850	357.884.850	6,80
2	Nötr. Karıştırıcısı	AD	1	261.961.630	261.961.630	4,98
3	Blower	AD	2	719.630.400	1.439.260.800	27,34
4	Diffüzör	AD	40	14.943.000	597.720.000	11,36
5	Atık çamur pompası	AD	2	53.200.000	106.400.000	2,02
6	Asit doz. pompası	AD	1	196.840.000	196.840.000	3,74
7	Asit tankı	AD	1	342.320.000	342.320.000	6,50
8	Kompresör	AD	1	48.000.000	48.000.000	0,91
	TESİS EKİPMAN TOPLAMI :				3.350.387.280	63,65
ÇAMUR GRUBU						
	Açıklama	Birim	Miktar	1998 yılı Birim Fiyatı	Tutar (TL)	Ekipman İmalat Toplamına Oran
1	Poli çözelti tankı	AD	1	16.940.000	16.940.000	0,32
2	Poli karıştırıcısı	AD	1	132.992.700	132.992.700	2,53
3	Poli doz. Pompası	AD	1	138.320.000	138.320.000	2,63
4	F.p.+ F.pres besleme pompası	AD	1	1.625.000.000	1.625.000.000	30,87
	ÇAMUR SUSUZLAŞTIRMA GRUBU EKİPMANI TOPLAMI :				1.913.252.700	36,35
	1998 YILI EKİPMAN İMALAT TOPLAMI :				5.263.639.980	100

Tablo 4.11 Ekipman imalat kalemlerinin 1998-1999 yılları arasındaki fiyat artış yüzdeleri ve ağırlıklı fiyat artış miktarları

	Açıklama	1998-1999 yılı Birim Fiyat Farkı	Fiyat Artış Yüzdesi	Ekipman Toplamına Etkime Yüzdesi	Tesis Ekipmanları Grubu İçindeki Etkime Yüzdesi	Tesis Ekipmanları Grubu Ağırlıklı Fiyat Artış Yüzdesi
1	Terfi pompası	178.552.040	49,89	6,80	10,68	5,33
2	Nötr. Karıştırıcısı	127.016.764	48,49	4,98	7,82	3,79
3	Blower	376.510.560	52,32	27,34	42,96	22,48
4	Difüzör	7.455.200	49,89	11,36	17,84	8,90
5	Atık çamur pompası	26.417.330	49,66	2,02	3,18	1,58
6	Asit doz. Pompası	96.904.850	49,23	3,74	5,88	2,89
7	Asit tankı	47.080.000	13,75	6,50	10,22	1,41
8	Kompresör	9.000.000	18,75	0,91	1,43	0,27
				63,65	100,00	46,64
	Açıklama	1998-1999 yılı Birim Fiyat Farkı	Fiyat Artış Yüzdesi	Ekipman Toplamına Etkime Yüzdesi	Tesis Ekipmanları Grubu İçindeki Etkime Yüzdesi	Tesis Ekipmanları Grubu Ağırlıklı Fiyat Artış Yüzdesi
1	Poli çözelti tankı	2.200.000	12,99	0,32	0,89	0,11
2	Poli karıştırıcısı	66.351.280	49,89	2,53	6,95	3,47
3	Poli doz. pompası	68.095.300	49,23	2,63	7,23	3,56
4	F.p.+ F.pres besleme pompası	876.734.410	53,95	30,87	84,93	45,82
				36,35	100,00	52,97

Tablo 4.12 Ekipman imalat kalemlerinin 1999-2000 yılları arasındaki fiyat artış yüzdeleri ve ağırlıklı fiyat artış miktarları

	Açıklama	1999-2000 yılı Birim Fiyat Farkı	Fiyat Artış Yüzdesi	Ekipman Toplamına Etkime Yüzdesi	Tesis Ekipmanları Grubu İçindeki Etkime Yüzdesi	Tesis Ekipmanları Grubu Ağırlıklı Fiyat Artış Yüzdesi
1	Terfi pompası	187.039.920	34,87	6,84	10,92	3,81
2	Nötr. Karıştırıcısı	142.116.106	36,54	4,96	7,92	2,89
3	Blower	453.624.192	41,38	27,96	44,62	18,47
4	Difüzör	7.809.600	34,87	11,43	18,24	6,36
5	Atık çamur pompası	27.760.590	34,87	2,03	3,24	1,13
6	Asit doz. pompası	102.421.550	34,87	3,75	5,98	2,08
7	Asit tankı	32.340.000	8,31	4,97	7,93	0,66
8	Kompresör	18.000.000	31,58	0,73	1,16	0,37
				62,67	100,00	35,76
	Açıklama	1999-2000 yılı Birim Fiyat Farkı	Fiyat Artış Yüzdesi	Ekipman Toplamına Etkime Yüzdesi	Tesis Ekipmanları Grubu İçindeki Etkime Yüzdesi	Tesis Ekipmanları Grubu Ağırlıklı Fiyat Artış Yüzdesi
1	Poli çözelti tankı	3.960.000	20,69	0,24	0,65	0,14
2	Poli karıştırıcısı	69.505.440	34,87	2,54	6,81	2,37
3	Poli doz. pompası	71.971.900	34,87	2,63	7,05	2,46
4	F.p.+ F.pres besleme pompası	1.162.753.110	46,48	31,91	85,48	39,73
				37,33	100,00	44,70

Tablo 4.13 Ekipman imalat kalemlerinin 1998-1999 yılı ağırlıklı fiyat yüzdesi

Açıklama	Etkime Yüzdesi	Fiyat Artış Yüzdesi	Ağırlıklı Etkime Miktarı
Tesis Ekipmanları	63,65	46,64	2.968,64
Çamur Susuzlaştırma Grubu	36,35	52,97	1.925,46
1998-1999 Yılı Ağırlıklı Fiyat Artış Yüzdesi			48,94

Tablo 4.14 Ekipman imalat kalemlerinin 1999-2000 yılı ağırlıklı fiyat yüzdesi

Açıklama	Etkime Yüzdesi	Fiyat Artış Yüzdesi	Ağırlıklı Etkime Miktarı
Tesis Ekipmanları	62,67	35,76	2.241,08
Çamur Susuzlaştırma Grubu	37,33	44,7	1.668,65
1998-1999 Yılı Ağırlıklı Fiyat Artış Yüzdesi			39,10

e) Nakliye Kalemi

Toplam maliyet artış yüzdesi hesabında kullanılacak nakliye kalemine ilişkin artış yüzdesi motorindeki fiyat değişimleri dikkate alınarak hesaplanmıştır. Tablo 4.15’ de 1998, 1999 ve 2000 yıllarındaki motorin birim fiyatları görülmektedir. Bu fiyatlardan hareketle nakliye kalemi artış yüzdesi, motorin fiyatında bir önceki yıla göre meydana gelen artıştan hesaplanarak yıllara göre artış yüzdeleri Tablo 4.16’ da verilmiştir.

Borulama ve elektrik malzemeleri, ekipmanlar ve inşaat için gerekli nakliye bedeli olarak piyasadan alınan bilgilere göre toplam borulama, elektrik, ekipman ve inşaat imalat kalemlerinin maliyet toplamalarının %5’i kabul edilerek hesaba dahil edilmiştir.

Tablo 4.15 1998, 1999 ve 2000 yılı motorin fiyatları

Açıklama	1998 Yılı Birim Fiyatı	1999 Yılı Birim Fiyatı	2000 Yılı Birim Fiyatı
Motorin	108.445	292.500	378.634

Tablo 4.16 Yıllara göre nakliye artış yüzdeleri

Yıllar	Nakliye Artış Yüzdeleri
1998-1999	169,72
1999-2000	29,45

f) Montaj İşçilik Kalemı

Tablo 4.17' de 500 m³/gün kapasiteli tesisin 1998 yılı montaj işçilik maliyeti ve montaj işçilik toplamına oranı, Tablo 4.18' de 1998-1999 yılları arasındaki fiyat artış yüzdeleri, etkime yüzdeleri ile ağırlıklı fiyat artış yüzdeleri ve 1999-2000 yılları arasındaki fiyat artış yüzdeleri, etkime yüzdeleri ve ağırlıklı fiyat artış yüzdeleri de Tablo 4.19' da verilmektedir. Ağırlıklı artış yüzdeleri, etkime yüzdeleri ile fiyat artış yüzdelerinin çarpılması ile hesaplanmaktadır. Toplam maliyet artış yüzdesi hesabında kullanılacak montaj işçilik fiyat artış yüzdesi, montaj işçilik kalemlerine ait ağırlıklı fiyat artış yüzdelerinin toplamı olarak alınmıştır.

Tablo 4.17 Montaj işçilik kalemleri listesi (1998 Yılı)

	Açıklama	Miktar	1998 yılı Birim Fiyatı	Tutar (TL)	İşçilik İmalat Toplamına Oranı
1	İNŞAAT İŞÇİLİĞİ				
	Beton işçiliği	275	450.000	123.750.000	6,34
	Grobeton işçiliği	29	700.000	20.300.000	1,04
	Demir işçiliği	27	29.422.188	794.399.076	40,73
	Su tutucu bant işçiliği	150	250.000	37.500.000	1,92
	Kalp işçiliği	975	487.324	475.140.900	24,36
	CTP işçiliği	30	5.977.200	179.316.000	9,19
2	BORULAMA İŞÇİLİĞİ			170.000.000	8,72
3	ELEKTRİK İŞÇİLİĞİ			150.000.000	7,69
	1998 YILI İŞÇİLİK MALİYETİ :			1.950.405.976	100

Tablo 4.18 Montaj işçilik kalemlerinin 1998-1999 yılları arasındaki fiyat artış yüzdeleri ve ağırlıklı fiyat artış miktarları

	Açıklama	1998-1999 yılı Birim Fiyat Farkı (TL)	Fiyat Artış Yüzdesi	İşçilik Maliyet Toplamına Etkime Yüzdesi	Ağırlıklı Fiyat Artış Yüzdesi
1	İNŞAAT İŞÇİLİĞİ				
	Beton işçiliği	253.125	56,25	6,34	3,57
	Grobeton işçiliği	393.750	56,25	1,04	0,59
	Demir işçiliği	16.226.782	55,15	40,73	22,46
	Su tutucu bant işçiliği	140.625	56,25	1,92	1,08
	Kalıp işçiliği	268.767	55,15	24,36	13,44
	CTP işçiliği	2.982.080	49,89	9,19	4,59
2	BORULAMA İŞÇİLİĞİ	-	64,71	8,72	5,64
3	ELEKTRİK İŞÇİLİĞİ	-	40,00	7,69	3,08
		1998-1999 Yılı Ağırlıklı Fiyat Artış Yüzdesi			54,44

Tablo 4.19 Montaj işçilik kalemlerinin 1999-2000 yılları arasındaki fiyat artış yüzdeleri ve ağırlıklı fiyat artış miktarları

	Açıklama	1999-2000 yılı Birim Fiyat Farkı (TL)	Fiyat Artış Yüzdesi	İşçilik Maliyet Toplamına Etkime Yüzdesi	Ağırlıklı Fiyat Artış Yüzdesi
1	İNŞAAT İŞÇİLİĞİ				
	Beton işçiliği	449.539	63,93	6,42	4,10
	Grobeton işçiliği	699.283	63,93	1,05	0,67
	Demir işçiliği	29.671.830	65,00	40,92	26,60
	Su tutucu bant işçiliği	249.744	63,93	1,95	1,24
	Kalıp işçiliği	491.459	65,00	24,47	15,91
	CTP işçiliği	3.123.840	34,87	8,92	3,11
2	BORULAMA İŞÇİLİĞİ	-	42,86	9,30	3,98
3	ELEKTRİK İŞÇİLİĞİ	-	42,86	6,97	2,99
		1999-2000 Yılı Ağırlıklı Fiyat Artış Yüzdesi			58,61

Tablo 4.20' de çalışmaya esas teşkil eden tesislerin 1998, 1999 ve 2000 yılı tesis genel ve çamur susuzlaştırma sistemi ile toplam ilk yatırım maliyetleri gösterilmektedir. İnşaat, elektrik ve borulama imalat kalemlerine şantiyelerde beklenmeyen olası durumlar (malzemenin eksik gelmesi, kırılması, kaybolması vb.) düşünülerek bu kalemlerin fiyatlarına %10 muhtelif giderler eklenmiştir.

Tablo 4.20 Çalışmaya esas alınan tesislerin 1998, 1999 ve 2000 yılındaki yatırım maliyetleri

Yıllar	1998 Yılı	1999 Yılı	2000 Yılı
140 m3/gün			
Tesis Genel (-TL)	10.002.150.794	14.621.775.795	20.913.541.666
Çamur Susuzlaştırma Sistemi (-TL)	2.777.521.396	4.261.383.186	6.234.301.507
Toplam Yatırım Maliyeti (-TL)	12.779.672.190	18.883.158.981	27.147.843.173
200 m3/gün			
Tesis Genel (-TL)	8.605.365.435	12.495.848.925	17.866.147.264
Çamur Susuzlaştırma Sistemi (-TL)	2.375.074.540	3.639.803.843	5.304.797.906
Toplam Yatırım Maliyeti (-TL)	10.980.439.974	16.135.652.768	23.170.945.169
500 m3/gün			
Tesis Genel (-TL)	16.457.702.048	24.150.066.339	37.285.146.447
Çamur Susuzlaştırma Sistemi (-TL)	3.520.523.589	5.309.270.220	8.098.996.667
Toplam Yatırım Maliyeti (-TL)	19.978.225.636	29.459.336.559	45.384.143.113
600 m3/gün			
Tesis Genel (-TL)	20.707.413.827	30.324.747.724	46.050.225.974
Çamur Susuzlaştırma Sistemi (-TL)	4.157.192.971	6.301.471.805	9.573.328.622
Toplam Yatırım Maliyeti (-TL)	24.864.606.798	36.626.219.529	55.623.554.596

4.3.2 İşletme ve Bakım Maliyeti

Satın alma, işgücü vb. faktörler bilinmediği için ve tesis işletmecileri tarafından düzenli kayıtlar tutulmadığı için atıksu arıtma tesislerinin işletilmesinin maliyetinin belirlenmesinde zorluklar yaşanmıştır. Çalışmaya esas alınan AKR teknolojisi ile işletilen tesislerde işletme ve bakım maliyetleri 4 ana başlık altında değerlendirilmiştir.

- Yıllık kimyasal madde ihtiyacı
- Yıllık enerji tüketimi
- Personel
- Bakım ve onarım

a) Kimyasal Madde İhtiyacı

Tesislerde kullanılan kimyasal maddelerin DAP (diamonyum fosfat), üre, asit veya kostik (sektöre göre değişir) ve polielektrolit (çamur susuzlaştırma sisteminde kullanılmaktadır.) olduğu tespit edilmiştir. Yıllık işletme ve bakım maliyetine, yıllık hesaplanan kimyasal madde miktarları ile serbest piyasadan alınan birim fiyatlarının çarpılması ile elde edilen yıllık kimyasal madde tüketimi tutarı ilave edilmiştir.

Ayrıca kirliliğin tesis dizayn ederken esas alınan değerlerden düşük gelmesi halinde tesis, kirlilik miktarını artıran şeker, melas veya kan ile beslenebilir. Başka bir yolda başka bir tesisten aşı bakterisi alınabilir. Ancak çalışmaya esas alınan tesislerde böyle bir durumla karşılaşmadığı için bunların maliyetleri değerlendirilmeye katılmamıştır. İlk yatırım maliyeti ile toplam işletme-bakım maliyetleri düşünüldüğünde bu maliyetler ihmal edilebilecek seviyededir.

b) Enerji Tüketimi

Tablo 4.21’ de tesislerin kurulu güç ve günlük sarfiyatları verilmektedir. Günlük sarfiyatlar tesislerin 365 gün çalıştığı kabulü ile yıllık enerji tüketimine dönüştürülmüş, elektrik birim fiyatlarının çarpılması ile bu çalışmaya konu olan her bir tesisin yıllık enerji tüketimleri hesaplanarak yıllık işletme ve bakım maliyetlerine ilave edilmiştir.

Tablo 4.21 Tesislerin kurulu güç ve günlük sarfiyatları

Debi	Kurulu Güç	Günlük Sarfiyat
140 m3/gün	46,87	454,072
200 m3/gün	43,57	422,952
500 m3/gün	50,77	507,592
600 m3/gün	61,82	575,832

c) Personel

Tesisin işletilmesinde görev alacak personelin maliyeti çalıştığı firmanın ekonomik şartlarına bağlı olarak değişmektedir. Ardışık kesikli reaktör prosesi ile işletilen tesislerde 1 personelin tesisin başında olması yeterlidir. Buna karşılık olası durumlar için bir kişi daha tesis hakkında bilgilendirilmelidir. Tesis işletilmesinden sorumlu kişi

günlük olarak tesis takip f6y6n6 doldurmalıdır. Her g6n g6nl6k toplam debi, tesisteki flat6r gruplarının kontrol6, reakt6rdeki bakteri konsantrasyonu, giriş ve 6ıkış vanalarının kontrol6, 66kme, bekleme vb. zamanlarının ayarlarının kontrol6, 6ıkış suyunda renk ve flok kacağı olup olmadığının kontrol6, havuzlarda karışım olup olmadığının kontrol6, ekipmanların yağlarının kontrol6, havalandırıcı olarak blower kullanılmış ise hava filtresinin kontrol6, 6amur haznesinde koku kontrol6, kimyasal maddelerin g6nl6k kullanım ve stok durumunun kontrol6 vb. şeyleri kontrol etmelidir. Bu işlerden sorumlu kişi i6in 2000 yılında aylık olarak ortalama yaklaşık 200.000.000.-TL/ay verildiğinin kabul6 ile yıllık bir personelin maliyeti 2.400.000.000.-TL/yıl olarak toplam yıllık işletme ve bakım maliyetine katılmıştır. 1998 ve 1999 yılı i6erisinde bir personelin aylık 6creti enflasyon baz alınarak hesaplanmıştır.

d) Bakım ve Onarım

Ekipmanların yağlarının, blowerların hava filtresinin, pH metrelerin probunun değiştirilmesi gibi ekipmanların d6zenli bakımlarının yapılması, numune alma ve analiz masrafları tesisin işletme ve bakım maliyetleri arasında sayılabilir. Tesislerde mekanik ve elektrik donanımının değiştirilmesi i6in 15 yıllık kullanım s6releri kabul edilerek dizayn edilmişlerdir. Toplam işletme ve bakım masrafları hesaplanırken bundan 6nce yapılan 6alışmalarda en fazla maliyetin enerji ve kimyasal madde kalemlerine ait olduğu ifadesinin ışığında bakım-onarım maliyetlerinin ihmal edilmesinin hatalı olmayacağı g6r6ř6ne ulaşılmıştır. Bunun yanında yıllık analiz masrafı toplam işletme ve bakım maliyetlerine katılmıştır.

Ele alınan tesislerde yıllık olarak hesaplanan işletme ve bakım maliyeti, ABD Doları bazında %10 faiz oranı kabul6 ve 15 yıllık kullanım s6resi dikkate alınarak hesaplanmıştır. Hesaplanan işletme ve bakım maliyetleri Tablo 4.22'de g6sterilmektedir. Yukarıda ele alınan gruplar dışında toplam maliyetin %1'ini aşmamak kaydı ile muhtelif masraflar da toplam işletme ve bakım maliyetine katılmıştır.

Tablo 4.22 Çalışmaya esas alınan tesislerin toplam işletme ve bakım maliyetleri

Debi	
140 m3/gün	80.531.178.949
200 m3/gün	76.964.556.345
500 m3/gün	107.285.597.102
600 m3/gün	117.879.599.284

4.3.3 Toplam Proje Maliyeti

Her bir tesis için hesaplanan ilk yatırım maliyeti, toplam işletme ve bakım maliyeti ile toplam proje maliyeti Tablo 4.23’ de verilmektedir. Toplam proje maliyetleri Türk lirasındaki hızlı değer kaybından dolayı ABD Doları cinsinden de ifade edilmiştir.

Tablo 4.23 İncelenen tesislerin toplam proje maliyetleri

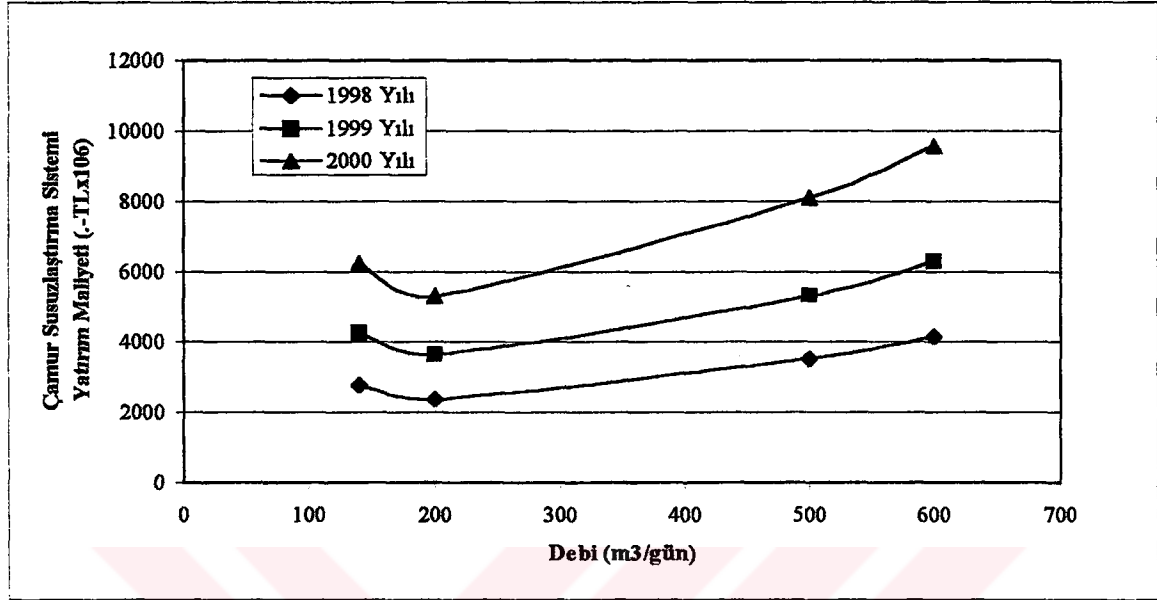
Yıllar	1998 Yılı	1999 Yılı	2000 Yılı
140 m3/gün (420 kg KOI/gün)			
Yatırım Maliyeti	12.779.672.190	18.883.158.981	27.147.843.173
İşletme ve Bakım Maliyeti	80.531.178.949	80.531.178.949	80.531.178.949
Toplam Proje Maliyeti (-TL)	93.310.851.139	99.414.337.930	107.679.022.122
Toplam Proje Maliyeti (-USD)	348.930	232.140	171.656
200 m3/gün (340 kg KOI/gün)			
Yatırım Maliyeti	10.980.439.974	16.135.652.768	23.170.945.169
İşletme ve Bakım Maliyeti	76.964.556.345	76.964.556.345	76.964.556.345
Toplam Proje Maliyeti (-TL)	87.944.996.319	93.100.209.113	100.135.501.514
Toplam Proje Maliyeti (-USD)	328.865	217.396	159.631
500 m3/gün (600 kg KOI/gün)			
Yatırım Maliyeti	19.978.225.636	29.459.336.559	45.384.143.113
İşletme ve Bakım Maliyeti	107.285.597.102	107.285.597.102	107.285.597.102
Toplam Proje Maliyeti (-TL)	127.263.822.738	136.744.933.661	152.669.740.215
Toplam Proje Maliyeti (-USD)	475.895	319.310	243.378
600 m3/gün (720 kg KOI/gün)			
Yatırım Maliyeti	24.864.606.798	36.626.219.529	55.623.554.596
İşletme ve Bakım Maliyeti	117.879.599.284	117.879.599.284	117.879.599.284
Toplam Proje Maliyeti (-TL)	142.744.206.082	154.505.818.813	173.503.153.880
Toplam Proje Maliyeti (-USD)	533.783	360.783	276.590

4.4 Maliyet Kalemlerinin Değerlendirilmesi

Bu çalışmada incelenen tesislere ait çamur susuzlaştırma sisteminin ilk yatırım maliyetinin debiye göre değişim grafiği Şekil 4.2’de, tesislerin genel (çamur susuzlaştırma sistemi hariç) yatırım maliyetinin debiye göre değişimi Şekil 4.3’de tesislerin toplam yatırım maliyetlerinin debiye bağlı olarak değişim grafiği ise ve Şekil 4.4’de görülmektedir.

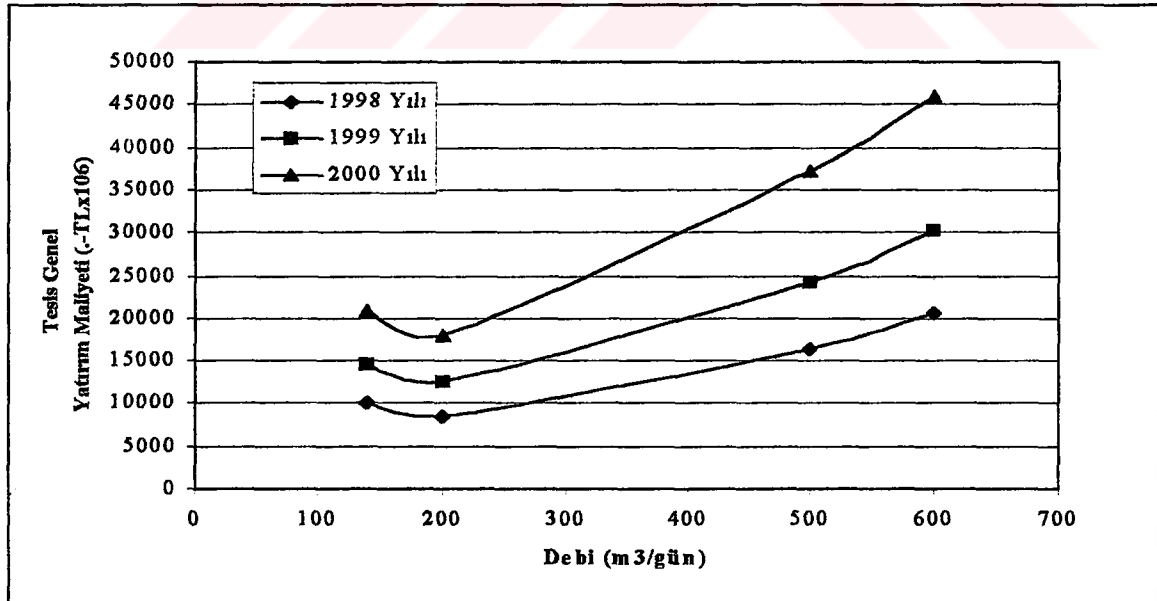
Debiye göre değişim grafikleri incelendiğinde görüleceği üzere 200 m³/gün kapasiteye sahip AKR sisteminin tesis genel, çamur susuzlaştırma ve toplam yatırım maliyetleri, 140 m³/gün kapasiteli AKR tesisin yatırım maliyeti ile karşılaştırıldığında daha düşüktür. Bilindiği gibi atıksu arıtma tesislerinin boyutlandırılmasında iki önemli parametre rol oynamaktadır. Bunlardan biri atıksu debisi ve diğeri ise tesise gelen kirlilik yüküdür. 140 m³/gün’lük (420 kg KOI/gün) tesisin kirlilik yükünün diğer tesise göre (200 m³/gün-340 kg KOI/gün) fazla olması, 140 m³/gün atıksu miktarı için tesis boyutlarının büyük ve kullanılan ekipman kapasitelerinin fazla olmasına, dolayısıyla yatırım maliyetlerinin yüksek çıkmasına yol açtığı görülmektedir. Endüstriyel atıksu arıtma tesislerinin yatırım maliyetlerinin sadece atıksu debisine değil, bununla birlikte kirlilik yükünden de etkilendiği sonucuna bağlı olarak çalışmanın bundan sonraki kısımlarında kirlilik yükü baz alınarak da değerlendirme yapılmıştır. Şekil 4.5’ de çalışmada incelenen tesislere ait çamur susuzlaştırma sisteminin yatırım maliyetinin kirlilik yüküne göre değişim grafiği, Şekil 4.6’ da tesislerin genel (çamur susuzlaştırma sistemi hariç) yatırım maliyetinin kirlilik yüküne göre değişimi ve Şekil 4.7’ de ise tesislerin toplam yatırım maliyetlerinin kirlilik yüküne bağlı olarak değişim grafiği görülmektedir.

Debi (m3/gün)	140	200	500	600
1998 Yılı	2.777.521.396	2.375.074.540	3.520.523.589	4.157.192.971
1999 Yılı	4.261.383.186	3.639.803.843	5.309.270.220	6.301.471.805
2000 Yılı	6.234.301.507	5.304.797.906	8.098.996.667	9.573.328.622



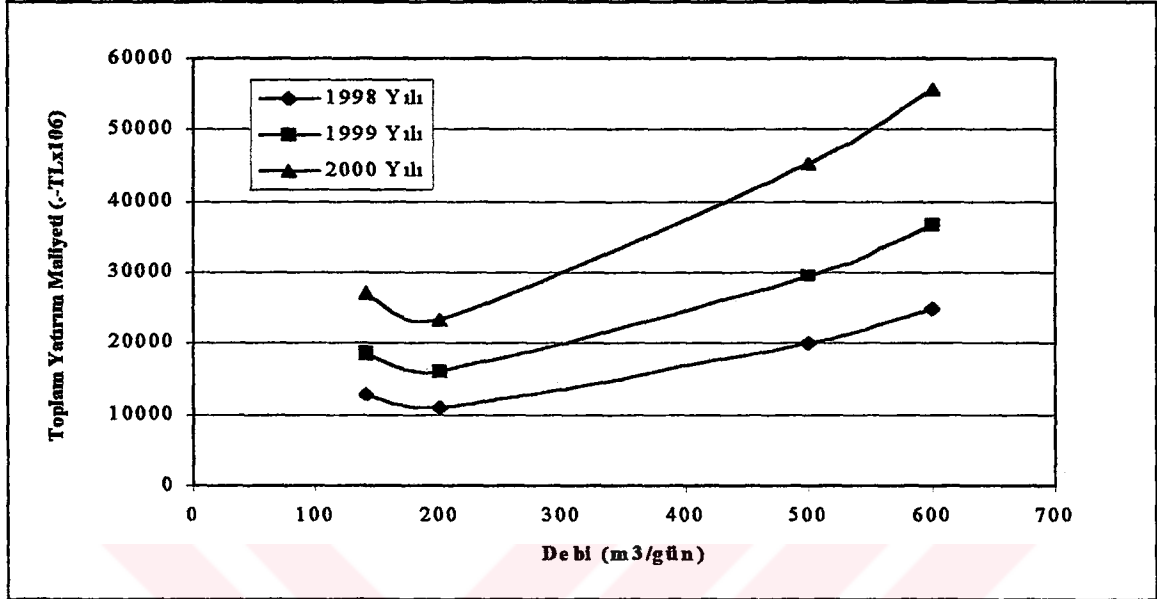
Şekil 4.2 İncelenen tesislerin çamur susuzlaştırma sistemleri ilk yatırım maliyetlerinin debiye göre değişimi

Debi (m3/gün)	140	200	500	600
1998 Yılı	10.002.150.794	8.605.365.435	16.457.702.048	20.707.413.827
1999 Yılı	14.621.775.795	12.495.848.925	24.150.066.339	30.324.747.724
2000 Yılı	20.913.541.666	17.866.147.264	37.285.146.447	46.050.225.974



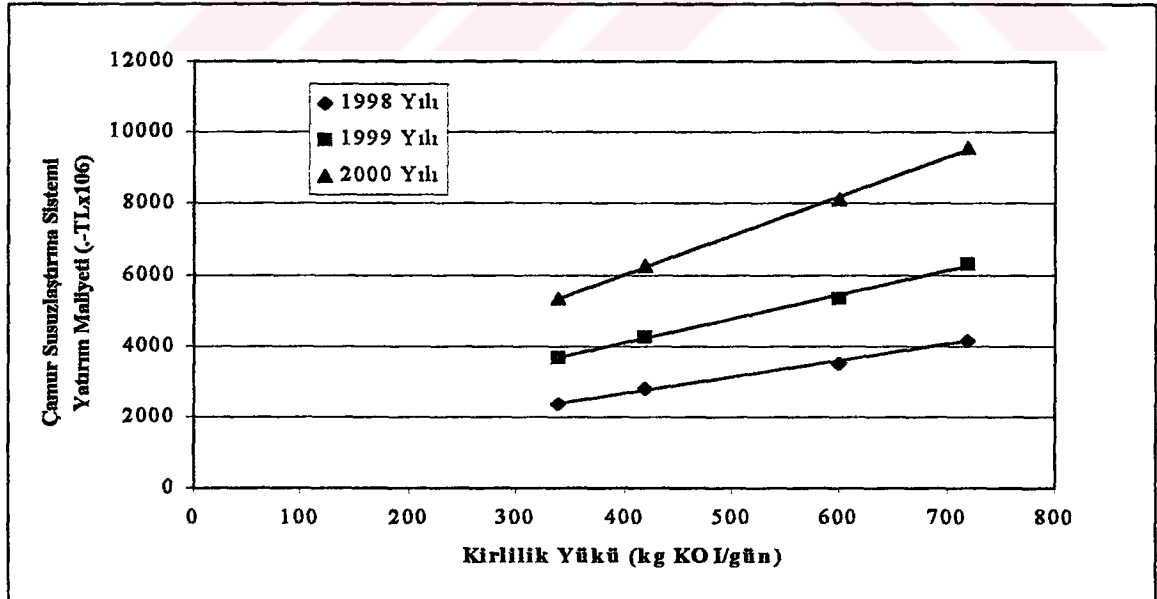
Şekil 4.3 İncelenen tesislerin tesis genel ilk yatırım maliyetlerinin debiye göre değişimi

Debi (m ³ /gün)	140	200	500	600
1998 Yılı	12.779.672.190	10.980.439.974	19.978.225.636	24.864.606.798
1999 Yılı	18.883.158.981	16.135.652.768	29.459.336.559	36.626.219.529
2000 Yılı	27.147.843.173	23.170.945.169	45.384.143.113	55.623.554.596



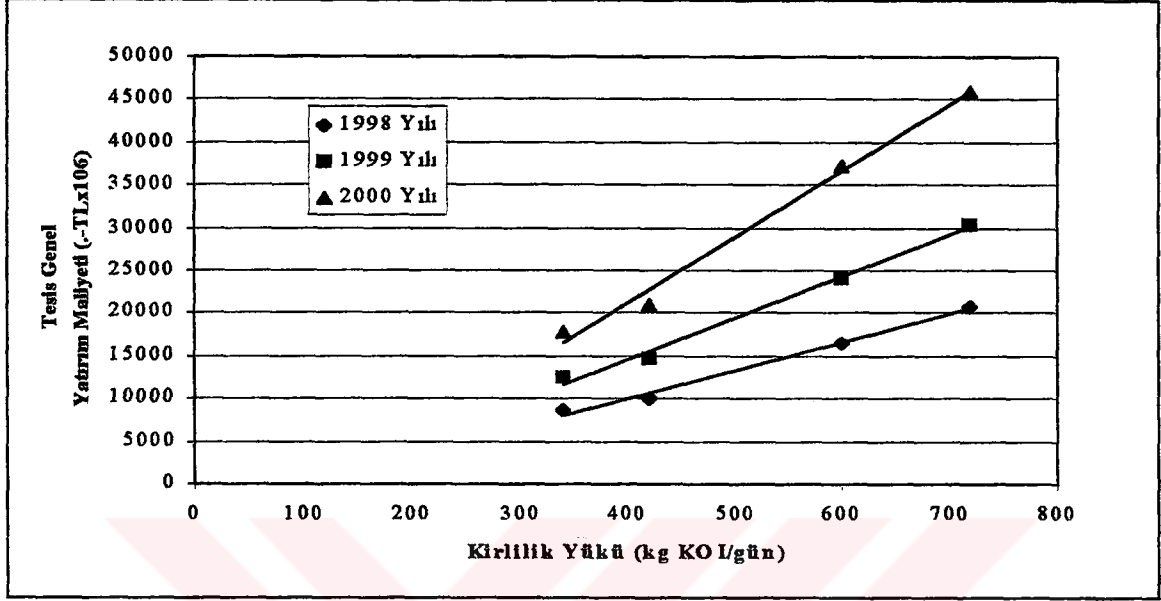
Şekil 4.4 İncelenen tesislerin toplam ilk yatırım maliyetlerinin debiye göre değişimi

Kirlilik Yükü	340	420	600	720
1998 Yılı	2.375.074.540	2.777.521.396	3.520.523.589	4.157.192.971
1999 Yılı	3.639.803.843	4.261.383.186	5.309.270.220	6.301.471.805
2000 Yılı	5.304.797.906	6.234.301.507	8.098.996.667	9.573.328.622



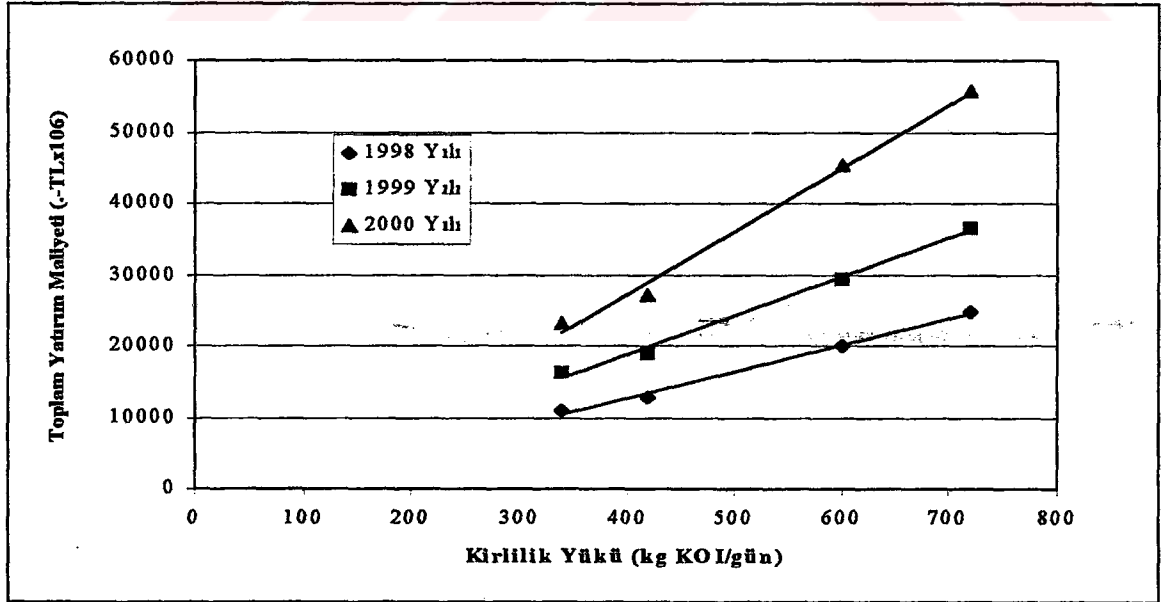
Şekil 4.5 İncelenen tesislerin çamur susuzlaştırma sistemlerinin ilk yatırım maliyetlerinin kirlilik yüküne göre değişimi

Kirlilik Yüğü	340	420	600	720
1998 Yılı	8.605.365.435	10.002.150.794	16.457.702.048	20.707.413.827
1999 Yılı	12.495.848.925	14.621.775.795	24.150.066.339	30.324.747.724
2000 Yılı	17.866.147.264	20.913.541.666	37.285.146.447	46.050.225.974



Şekil 4.6 İncelenen tesislerin tesis genel ilk yatırım maliyetlerinin kirlilik yüküne göre değişimi

Kirlilik Yüğü	340	420	600	720
1998 Yılı	10.980.439.974	12.779.672.190	19.978.225.636	24.864.606.798
1999 Yılı	16.135.652.768	18.883.158.981	29.459.336.559	36.626.219.529
2000 Yılı	23.170.945.169	27.147.843.173	45.384.143.113	55.623.554.596



Şekil 4.7 İncelenen tesislerin toplam yatırım maliyetlerinin kirlilik yüküne göre değişimi

Kirlilik yüküne göre çizilen tesis genel yatırım maliyetleri, çamur susuzlaştırma sistemi yatırım maliyetleri ve toplam ilk yatırım maliyetlerinin 1998, 1999 ve 2000 yılları için doğrusal bir artış gösterdiği görülmektedir. 140 m³/gün ve 200 m³/gün AKR tesislerin 1998-1999 yılları ile 1999-2000 yılları arasındaki yatırım maliyetlerindeki artış seviyeleri yakın iken, diğer AKR tesislerinde 1999-2000 yıllarındaki yatırım maliyetleri artışlarının 1998-1999 yılları arasındaki artıştan daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu yüksek artışın inşaat imalat kalemlerindeki fiyat artışlarından kaynaklandığı şeklinde yorumlanmaktadır.

Ayrıca atıksu arıtma tesislerindeki haznelerin çelik konstrüksiyon veya betonarme olarak yapılması da maliyeti büyük ölçüde etkilemektedir. Şekillerden de anlaşılacağı üzere çelik konstrüksiyon olarak yapılan tesislerin maliyetleri betonarme olarak yapılanlara göre daha az olmaktadır. Özellikle küçük kapasiteli tesislerde tankların çelik konstrüksiyon olarak yapılması daha avantajlıdır.

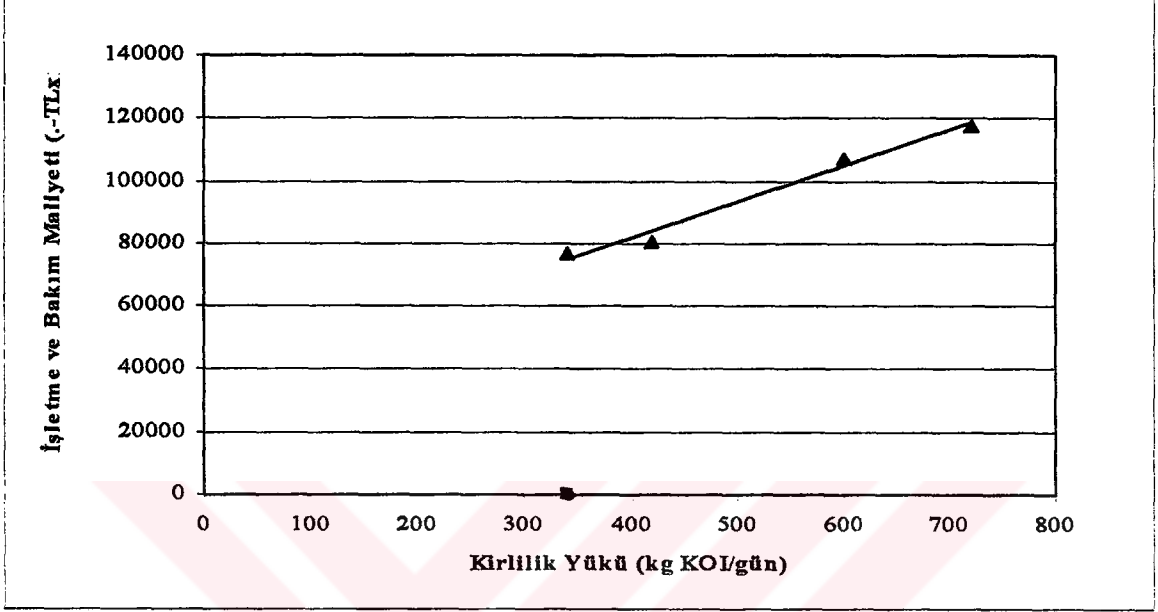
İncelenen tesislerde çamur susuzlaştırma sistemi olarak filtre pres grubu kullanılmaktadır. Çamur susuzlaştırma sistemi yatırım maliyeti, toplam yatırım maliyeti içerisinde ortalama olarak %20 gibi bir orana sahip olup, toplam yatırım maliyeti içerisinde önemli bir yer teşkil etmektedir.

Maliyetler üzerinde önemli husus özellikle atıksu arıtma tesisi yaptıran firmalar ile müteahhit firmaların atıksu arıtma gerekliliğine yaklaşımlarıdır. Kullanılan malzeme ve ekipmanların kalitesi, yerli veya yabancı imalat kullanılması, dizaynın doğru yapılması, ekipman kapasitelerinin doğru tespit edilmesi vb. birçok faktörler maliyetler üzerinde etkili olmaktadır.

Bu çalışma çerçevesinde incelenen AKR tesislerinde yıllık işletme ve bakım maliyeti içerisinde enerji tüketimi kadar kimyasal madde tüketiminin de önemli yer teşkil ettiği gözlenmiştir. Enerji tüketiminde en büyük pay havalandırma sistemine ait olup (blower ve difüzör sistemi) klasik sistemde havalandırıcıların 24 saat çalıştırılmasına rağmen AKR sistemlerde bu sürenin daha az olması enerji tüketimi ve dolayısıyla işletme ve bakım maliyetinin klasik aktif çamur sistemlerine göre daha az olmasını sağlamaktadır.

Şekil 4.8’ de toplam işletme ve bakım maliyetinin kirlilik yüküne bağlı olarak değişimi gösterilmektedir.

Kirlilik Yüğü	340	420	600	720
Maliyet	76.964.556.345	80.531.178.949	107.285.597.102	117.879.599.284

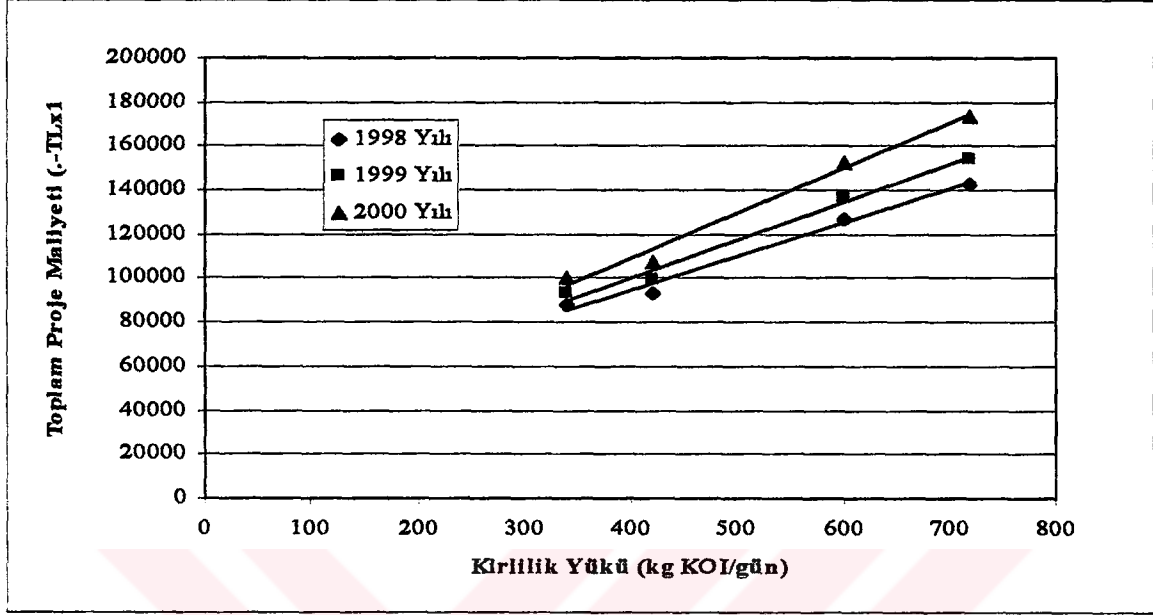


Şekil 4.8 Toplam işletme ve bakım maliyetlerinin kirlilik yüküne göre değişimi

Şekil 4.8’ den görüleceği gibi toplam işletme ve bakım maliyetleri kirlilik yüküne göre doğrusal bir şekilde artmaktadır.

Şekil 4.9’ da kirlilik yüküne göre 1998, 1999 ve 2000 yılları için toplam proje maliyetlerinin değişimi görülmektedir. 1999-2000 yılları arasındaki artışın yatırım maliyetine bağlı olarak daha fazla olduğu görülmektedir. 1998, 1999 ve 2000 yılı toplam proje maliyetleri kirlilik yüküne bağlı olarak doğrusal olarak artmaktadır.

Kirlilik Yüklü	340	420	600	720
1998 Yılı	87.944.996.319	93.310.851.139	127.263.822.738	142.744.206.082
1999 Yılı	93.100.209.113	99.414.337.930	136.744.933.661	154.505.818.813
2000 Yılı	100.135.501.514	107.679.022.122	152.669.740.215	173.503.153.880

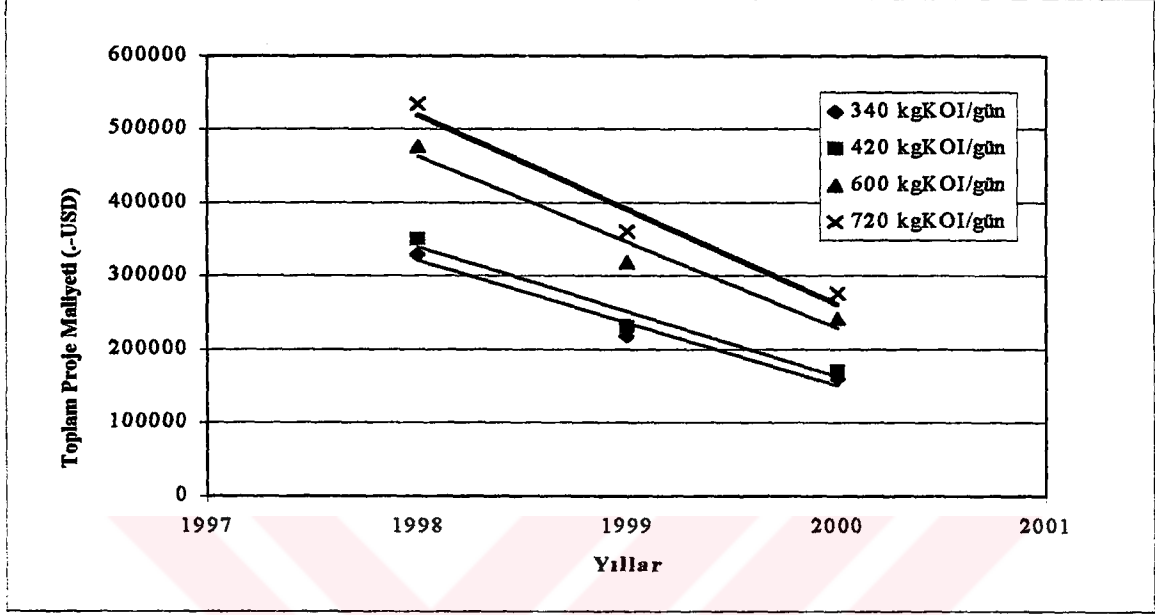


Şekil 4.9 Toplam proje maliyetlerinin kirlilik yüküne göre değişimi

Türkiye’de inşa edilmiş AKR sistemlerin maliyetlerinin Türk Lirası bazında değişimlerini görebilmek için buraya kadar çizilen grafiklerde ve yapılan değerlendirmede Türk Lirası değerleri kullanılmıştır. Ancak döviz kurlarındaki artışa göre Türk Lirasındaki dalgalanmaları dikkate alarak bu çalışmada elde edilen sonuçların ileri ki çalışmalarda da anlam ifade edebilmesi için, toplam proje maliyetleri 15 Temmuz tarihlerindeki kur esas alınarak Amerikan Birleşik Devletleri Dolarına (USD) çevrilmiştir. Çalışmanın bundan sonraki kısmında maliyetler USD olarak ifade edilmektedir.

Şekil 4.10’ da toplam proje maliyetlerinin yıllara göre değişimi gösterilmektedir. Bu grafikte Şekil 4.9’ dekinin tersine toplam proje maliyetleri USD olarak verildiğinde yıllara göre bir azalma meydana geldiği görülmektedir. Bu azalmanın nedeni Türkiye’deki fiyat artışlarının döviz kurlarındaki değişime nazaran daha düşük olmasına bağlanmaktadır. 1998-1999 yılları arasında USD değişim oranı % 60 iken, AKR sistemlerinin ağırlıklı fiyat artış yüzdesi % 52.75 oranında olmuştur.

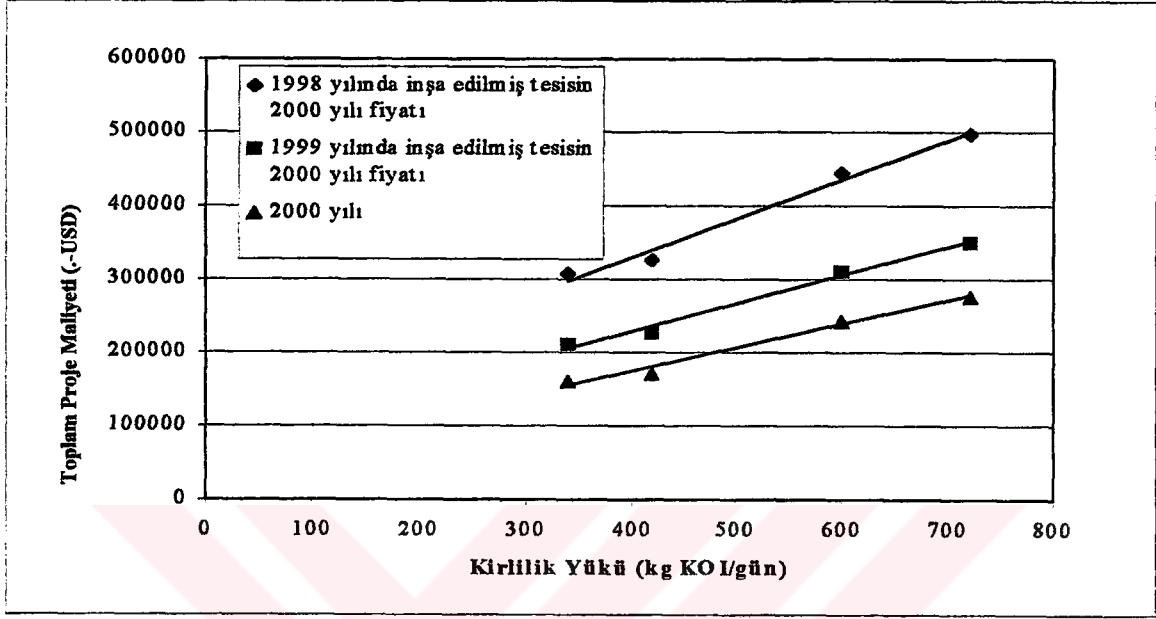
Yıllar	1.998	1.999	2.000
340 kg KOI/gün	328.865	217.396	159.631
420 kg KOI/gün	348.930	232.140	171.656
600 kg KOI/gün	475.895	319.310	243.378
720 kg KOI/gün	533.783	360.783	276.590



Şekil 4.10 Toplam proje maliyetlerinin yıllara bağlı değişimi

Ayrıca hesaplanan 1998 ve 1999 yılında inşa edilmiş tesislerin toplam proje maliyetleri deflatör katsayısı ile çarpılarak bu maliyetler 2000 yılı maliyetlerine dönüştürülmüştür. Bulunan 2000 yılı toplam proje maliyetlerinin kirlilik yüküne göre değişimini gösteren grafik çizilmiştir (Şekil 4.11). Bu şekilden de anlaşılabacağı üzere 1998 yılında inşa edilmiş olan tesislerin maliyeti 2000 yılında daha fazla olmaktadır. Buna bağlı olarak, endüstriyel atıksu arıtma tesisleri maliyetlerinin gün geçtikçe optimize edilerek daha düşük maliyetlerde inşa edilmeye başlanıldığı sonucuna ulaşılmıştır. Bu azalmanın tesislerde kullanılan yerli imalat miktarının ve serbest piyasadaki rekabetin her geçen gün artmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Kirlilik Yüğü	340	420	600	720
1998 Yılında İnş Edilmiş Tesisin 2000 Yılı Fiyatı (USD)	306.960	325.689	444.197	498.229
1998 Yılında İnş Edilmiş Tesisin 2000 Yılı Fiyatı (USD)	211.492	225.836	310.638	350.985
2000 Yılı (USD)	159.631	171.656	243.378	276.590



Şekil 4.11 2000 yılı toplam proje maliyetlerinin kirlilik yüküne göre değişimi

Yapılan maliyet analizlerinde de görüleceği gibi toplam işletme ve bakım maliyetleri, toplam proje maliyetlerini önemli oranda etkilemektedir. Özellikle sistem seçimi yapılırken, diğer faktörler (deşarj standartları vb.) yanında sadece ilk yatırım maliyeti değil, tesisin kullanım süresi göz önüne alınarak toplam işletme ve bakım maliyetleri dikkate alınmalıdır.

Türkiye’de yapılmış maliyet çalışmalarında yüksek kapasitelerle çalışılması ve araştırmalarda genelde evsel atıksuların esas alınmasından dolayı burada tekstil endüstrisi AKR atıksu arıtma tesislerinin maliyetleri ile karşılaştırılması doğru bulunmamıştır. Ülkemizde AKR sisteminin maliyeti ile ilgili herhangi bir çalışma bulunmaması da bu çalışmada hesaplanan maliyetlerinin başka datalarla karşılaştırılması olanağını ortadan kaldırmıştır. Yurtdışında yapılmış maliyet araştırmalarında AKR sisteminin diğer sistemlere nazaran daha düşük maliyetlere sahip olduğu tespit edilmiştir. Ancak bu çalışmalarda farklı sektörlerin dikkate alınması, maliyet hesaplanırken hangi kalemlerin dikkate alındığının açık olmaması ve farklı bir ülkenin

şartlarını yansıtmaması bakımından maliyet karşılaştırılması yapılmamıştır. Ancak dikkat edildiğinde mertebe olarak Türkiye’ de AKR sistemlerinin daha ucuza mal edildiği gözlenmiştir.

4.5 Maliyet İndeksinin Geliştirilmesi

Ülkemizde AKR teknolojisi baz alınarak tam ölçekli işletilen tesislerin sayısı oldukça azdır. Ülkemiz için yeni bir teknoloji olması bakımından inşa edilen tesislerin yapım tarihleri pek eskiye gitmemektedir. Bu çalışma çerçevesinde incelediğimiz tesislerin yapım tarihlerinden en eskisinin 1998 yılında olması bakımından indeks başlangıç tarihi 1998 yılı alınmıştır. İndeks belirlenirken 1998 yılının indeksi 100 olarak kabul edilmiştir.

Bu çalışma sonucunda Türkiye şartlarında ardışık kesikli reaktörler için maliyet ifadesi aşağıdaki şekilde elde edilmiştir. Formüldeki katsayılar belirtilen kalemlerin toplam ilk yatırım maliyeti içerisindeki etkime yüzdeleri göstermektedir.

$$M = 0.44X + 0.07W + 0.09Z + 0.26V + 0.04Y + 0.10P \quad (4.1)$$

Formülde belirtilen harfler;

- M : Toplam ilk yatırım maliyetini
- X : İnşaat kalemleri maliyetini
- W : Borulama kalemleri maliyetini
- Z : Elektrik kalemleri maliyetini
- V : Mekanik ekipman kalemleri maliyetini
- Y : Nakliye kalemleri maliyetini
- P : Montaj İşçilik kalemi maliyetini

simgelemektedir. Buna göre Türkiye şartlarında ardışık kesikli reaktör teknolojisi işletilen tesislerin toplam ilk yatırım maliyetinin %44 ile inşaat kalemleri maliyeti en fazla payı almaktadır. Bunu %26-%27 ile ekipman kalemi takip etmektedir.

Tablo 4.24’ de ardışık kesikli reaktörlerin 1998-1999 yılları arasındaki toplam maliyet artış yüzdesi verilmektedir. Bu tabloda belirtilen fiyat artış yüzdeleri, bölüm 4.2.’de

detaylı olarak verilen maliyet kalemlerinin analizleri sonucu elde edilen değerlerdir. 1999-2000 yılları arasındaki toplam fiyat artış yüzdesi de Tablo 4.25’ de belirtilmektedir. Bu tablolarda verilen etkime yüzdeleri ile fiyat artış yüzdeleri çarpılarak ağırlıklı etkime miktarları hesaplanmıştır. Ağırlıklı etkime miktarlarının toplamı, etkime yüzdeleri toplamına (yani 100’e) bölünerek o yıla ait toplam ilk yatırım maliyeti fiyat artış yüzdesi tespit edilmiştir. Geçiş katsayıları Bölüm 3’te verilen Denklem (3.9) ‘dan hesaplanmış ve yıllara bağlı artış yüzdeleri ile birlikte Tablo 4.26’ da verilmiştir. Yine Bölüm 3’ teki Denklem 3.10’dan maliyet indeksleri hesaplanmış olup 2000 yılına kadar ki maliyet indeks değerleri Tablo 4.27’de verilmiştir.

Tablo 4.24 AKR sistemler için 1998-1999 yılı toplam maliyet artış yüzdesi

	Toplam Maliyeti Etkileyen Kalemler	Etkime Yüzdeleri	Fiyat Artış Yüzdesi	Ağırlıklı Etkime Miktarı
1	İnşaat Kalemi	44	47,72	2.083
2	Borulama Kalemi	7	38,92	277
3	Elektrik Kalemi	9	41,28	364
4	Ekipman Kalemi	26	48,94	1.289
5	Nakliye Kalemi	4	169,72	729
6	Montaj İşçilik Kalemi	10	54,44	531
	1998-1999 Yılı İlk Yatırım Maliyet Artış Yüzdesi :			52,75

Tablo 4.25 AKR sistemler için 1999-2000 yılı toplam maliyet artış yüzdesi

	Toplam Maliyeti Etkileyen Kalemler	Etkime Yüzdeleri	Fiyat Artış Yüzdesi	Ağırlıklı Etkime Miktarı
1	İnşaat	44	61,30	2.681
2	Borulama	7	54,15	363
3	Elektrik	8	58,37	493
4	Ekipman	27	39,10	1.041
5	Nakliye	4	29,45	126
6	İşçilik	10	58,61	599
	1999-2000 Yılı İlk Yatırım Maliyet Artış Yüzdesi :			53,03

Tablo 4.26 AKR sistemleri toplam maliyet artış yüzdeleri

Yıllar	Artış Yüzdesi	Geçiş Katsayısı
1998-1999 Yılı	52,75	1,53
1999-2000 Yılı	53,03	1,53

Tablo 4.27 AKR sistemleri maliyet indeks değerleri

Yıllar	İndeks Sayısı
1998 Yılı	100,00
1999 Yılı	152,75
2000 Yılı	233,74

4.6 Maliyet İndeksi ve Bileşenlerinin Değerlendirilmesi

Daha öncede belirtildiği gibi Türkiye'deki AKR sistemlerinin azlığı, verilere ulaşılmada yaşanan problemlerden dolayı ve bu çalışma çerçevesinde esas alınan tesislerin yapım tarihleri pek geriye gitmediğinden 1998 yılı esas alınmış ve 1998 yılındaki indeks 100 olarak kabul edilmiştir. Çalışmada tamamen serbest piyasa birim fiyatları kullanılmıştır. Maliyet analizlerinde kullanılan birim fiyatlar söz konusu kalemlerin temin edildiği firmaların liste fiyatlarıdır. Her firmanın özellikle ticari ilişkilerine bağlı olarak iskonto oranları ve ödeme koşulları farklı olmakta ve bu da ilk yatırım maliyetini etkilemektedir.

Yapılan çalışma sonucunda 1999 yılı indeksi 152.75 ve 2000 yılı indeksi 233.74 olarak tespit edilmiştir. Şekil 4.12' de AKR sistemler için hesaplanan indekslerin yıllara göre değişimi görölmektedir. İndeks değişimi yıllara bağlı olarak geometrik bir artış göstermektedir.

Tablo 4.24 ve Tablo 4.25 incelendiği zaman 1998-2000 yılları arasında nakliye kaleminin en yüksek fiyat artış yüzdesine sahip olduğu görölmektedir. 1998-1999 yılları arasında nakliye kaleminden sonra montaj işçilik, ekipman ve inşaat kalemlerinin fiyat artışları yüksek olmuştur. 1999-2000 yılları arasında en yüksek fiyat artışının inşaat kaleminde olduğu gözlenmiş ve bunu montaj işçilik, elektrik ve borulama kalemlerindeki fiyat artışları izlemiştir. 1998-1999 yılları arasındaki fiyat artışlarına göre 1999-2000 yılları arasındaki nakliye ve ekipman kalemlerinin artış yüzdellerinde düşme görölmüştür. Ekipman ve nakliye kalemlerindeki bu düşme, ekipman kaleminde yerli imalat ile serbest piyasa rekabetinin artmasına ve nakliye kaleminde de Türkiye'nin petrol ihtiyacının büyük bir kısmını yabancı ölkelerden temin etmesi, dünya petrol

yansımaya bağlanmaktadır. Montaj işçilik kalemi kalıp işçiliği, beton işçiliği vb. inşaat işçilikleri ile borulama, elektrik, ekipman montaj işçilikleri kapsamaktadır. Montaj işçiliğinde fiyat artışlarının yüksek olmasının, inşaat işçilikleri birim fiyatlarına gelen artıstan kaynaklandığı düşünülmektedir.

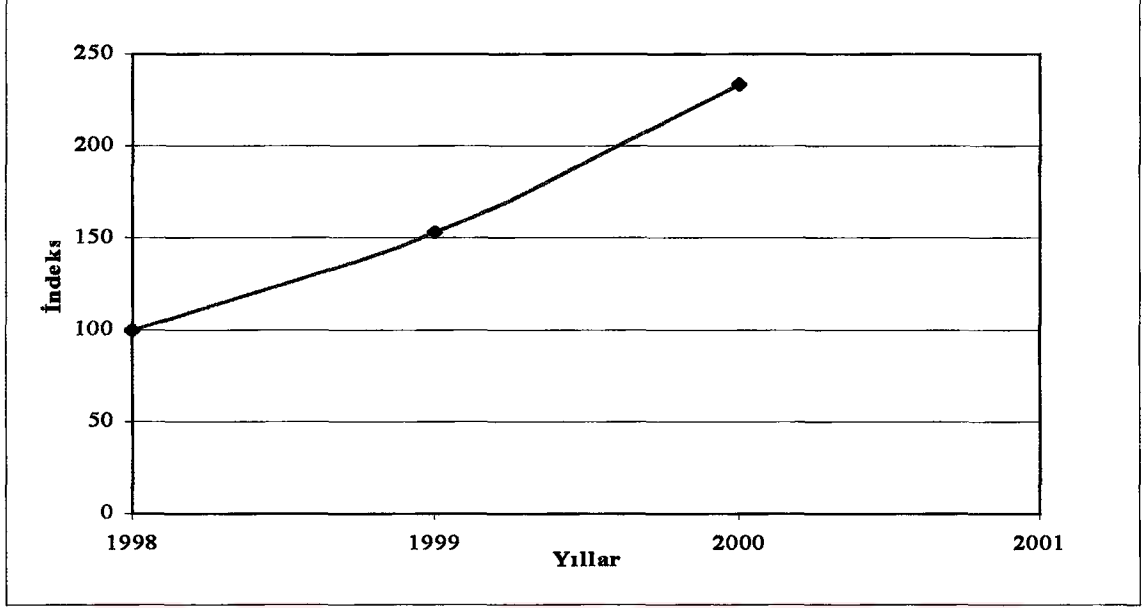
Maliyet indeksi hesabındaki bileşenlerinde maliyet indeksleri belirlenmiş ve Tablo 4.28’ ta verilmiştir. Şekil 4.13’ de ise AKR sisteminin maliyet bileşenlerindeki fiyat değişimleri mukayeseli bir şekilde görülmek üzere aynı eksenle çizilmiştir. 1999 ve 2000 yılında nakliye indeksi bileşenler arasında en yüksek değerde olup bunu montaj işçilik indeksi takip etmiştir. En düşük indekse ise borulama bileşeni sahiptir. 2000 yılında da en yüksek indekse nakliye kalemi sahip olup, bunu yine montaj işçilik indeksi takip etmiştir. 2000 yılında ekipman indeksi en düşük değere sahip olmuştur.

Şekil 4.13 incelendiğinde görüldüğü gibi fiyat değişimleri genelde geometrik bir artış göstermektedir. Ancak nakliye ve ekipman bileşenlerindeki fiyat artışlarına bağlı olarak değişim hızları 2000 yılında azalmış ve dolayısıyla nakliye ve ekipman indeks eğrisinde geometrik bir değişim gözlenememiştir. Diğer bileşenlerin değişim hızlarının aynı olduğu görülmüştür.

Tablo 4.28 Maliyet bileşenlerinin indeks değerleri

Yıllar	1998	1999	2000
AKR Sis. İndeksi	100	152,75	233,75
İnşaat İndeksi	100	147,72	238,27
Borulama İndeksi	100	138,92	214,15
Elektrik İndeksi	100	141,28	223,75
Ekipman İndeksi	100	148,94	207,18
Nakliye İndeksi	100	269,72	349,15
Montaj İşçilik İndeksi	100	154,44	244,96

Yıllar	1998	1999	2000
Maliyet İndeksi	100	152,75	233,74



Şekil 4.12 AKR Sistemi İçin Maliyet İndeksi Değişim Grafiği

Atıksu arıtma tesisi maliyetleri ülkeden ülkeye büyük farklılıklar arz etmektedir. Bu bakımdan A.B.D.' de atıksu arıtma tesislerinde kullanılan ENR Construction Index ve Sewage Treatment Plant Construction Cost Index maliyet indekslerinin Türkiye şartlarında tespit edilmiş indekslerle karşılaştırılması doğru bulunmadığından değerlendirmeye katılmamıştır.

Tuna ve Kınacı (1999), stabilizasyon havuzları ve uzun havalandırmalı aktif çamur sistemleri için 1989 yılındaki indeksini 100 alarak 1998 yılına kadar ki indeksleri belirlemişlerdir. Bu çalışma sonucunda nakliye indeksinin en yüksek, borulama ve ekipman indekslerinin ise en düşük olduğu görülmüştür. Ekipman kaleminin değişim hızının son yıllarda azaldığı, buna karşılık inşaat, nakliye, elektrik ve borulama kalemlerindeki değişim hızının ise aynen korunduğunu tespit etmişlerdir. Görüldüğü gibi AKR sistemleri için yaptığımız bu çalışmada diğer çalışma ile benzer sonuçlar elde edilmiştir. Bu iki çalışmada belirlenen benzerlik Türkiye'deki ekonomik şartları çok iyi bir şekilde yansıtmaktadır.

Tuna ve Kınacı (1999) Stabilizasyon havuzları için;

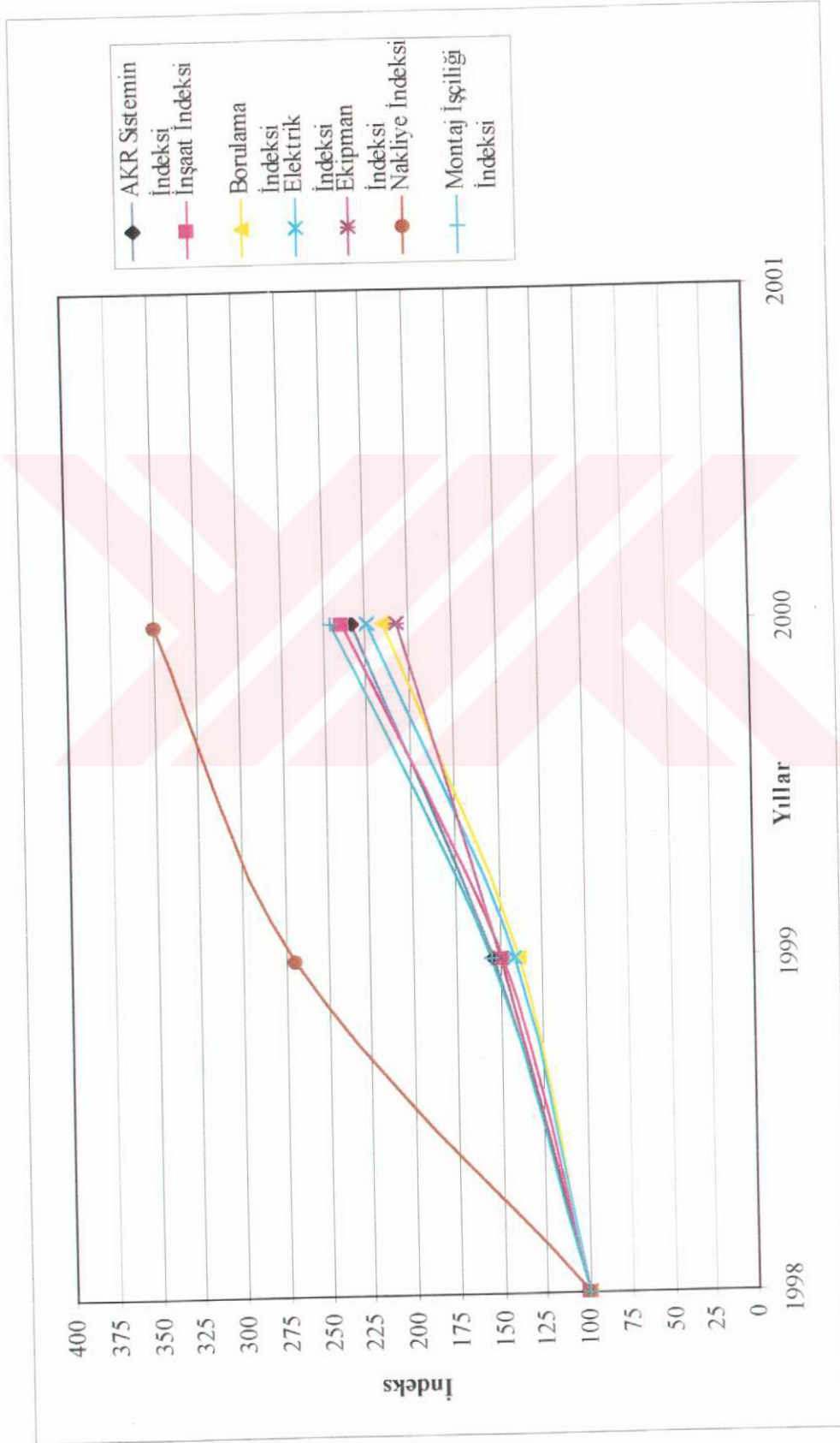
$$M=0.54X+0.10Y+0.10Z+0.08W+0.10V+0.08U \quad (4.2.)$$

Uzun havalandırmalı aktif çamur sistemleri için;

$$M=0.38X+0.05Y+0.08Z+0.06W+0.35V+0.08U \quad (4.3.)$$

maliyet indeksi ifadelerini geliştirmişlerdir. Bu ifadelerde görüldüğü gibi stabilizasyon havuzlarının ilk yatırım maliyeti içerisinde %54 ve uzun havalandırmalı aktif çamur sistemlerinin ilk yatırım maliyeti içerisinde %38 payı ile inşaat kalemi en yüksek maliyete sahip olurken, AKR sistemlerinde de % 44 payı ile en yüksek paya inşaat kalemi sahip olmuştur. Bu da atıksu arıtma tesislerinin maliyetlerinde inşaat kaleminin ne kadar fazla yer teşkil ettiğini göstermektedir.

Maliyet ifadelerinde M toplam maliyeti; X, Y, Z, W, V, U sırasıyla inşaat, nakliye, elektrik, borulama, ekipman ve muhtelif kalemlerinin maliyetlerini simgelemektedir.



Şekil 4.13 Maliyet bileşenleri indekslerinin değişim grafiği

5. AKR SİSTEMLERİ İÇİN “DEBİ – MALİYET” ve “KİRLİLİK – MALİYET” İLİŞKİLERİ

Bu bölümde bu çalışma çerçevesinde detaylı keşifleri çıkarılarak maliyet analizleri yapılan AKR tesislerinin hesaplanan ilk yatırım maliyetleri, toplam işletme ve bakım maliyetleri, toplam proje maliyetleri ile debi arasındaki ilişkileri araştırılmıştır. Dördüncü bölümde yapılmış olan maliyet analizlerine göre 200 m³/gün kapasiteli tesisin maliyetleri 140 m³/gün kapasiteli tesisten daha düşük çıkmıştır. Endüstriyel atıksu arıtma tesislerinde maliyetlerin sadece debi ile değil, kirlilik yüküne göre de değiştiği sonucuna göre ayrıca bu bölümde ilk yatırım maliyetleri, toplam işletme ve bakım maliyetleri ve toplam proje maliyetlerinin kirlilik yüküne göre değişimleri de incelenmiştir.

5.1. “Debi - İlk Yatırım Maliyeti” ve “Kirlilik Yüğü - İlk Yatırım Maliyeti” Münasebetleri

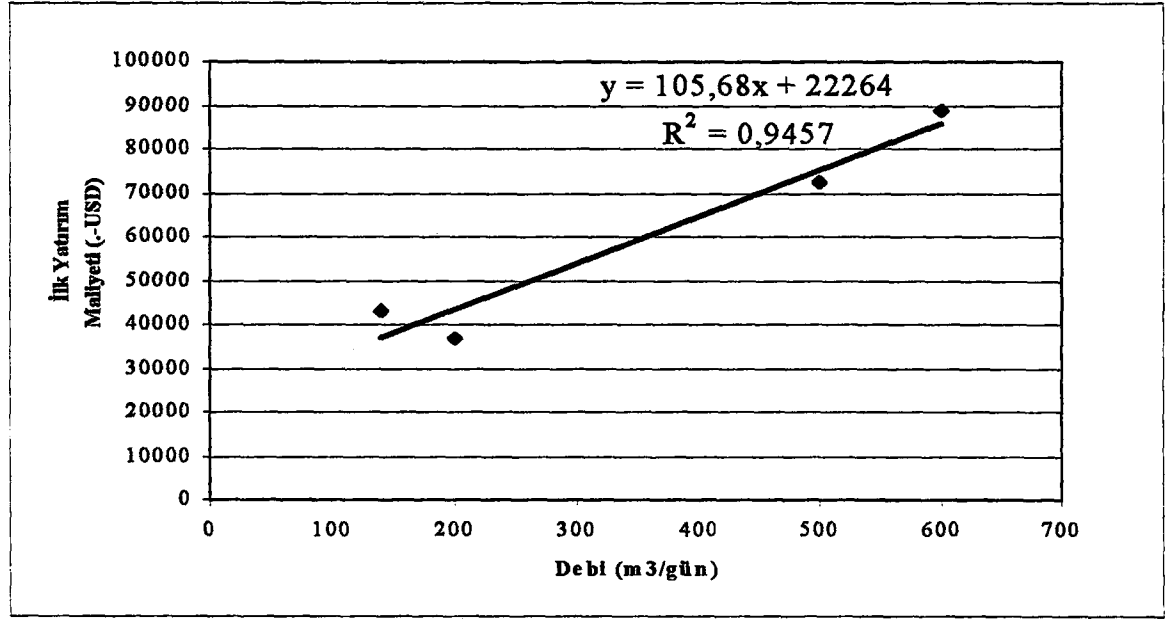
Çalışmaya esas alınan 4 adet AKR tesisi için dördüncü bölümde detaylı bir şekilde maliyet analizleri verilen inşaat, borulama, elektrik, ekipman, nakliye ve montaj işçilik kalemlerinin toplamı olan ilk yatırım maliyetlerinin debiye göre değişim grafiğı çizilmiş ve Şekil 5.1’ de gösterilmiştir. Şekil 5.2’ de ise “kirlilik yüğü-ilk yatırım maliyeti” münasebetlerini gösteren grafik verilmiştir.

“Debi-ilk yatırım maliyeti” ve “kirlilik yüğü-ilk yatırım maliyeti” münasebetleri bir doğru olarak gösterilmektedir. Her doğrunun denklemi grafik üzerinde verilmektedir. Doğruların denklemi;

$$M=a.Q+b \quad (5.1)$$

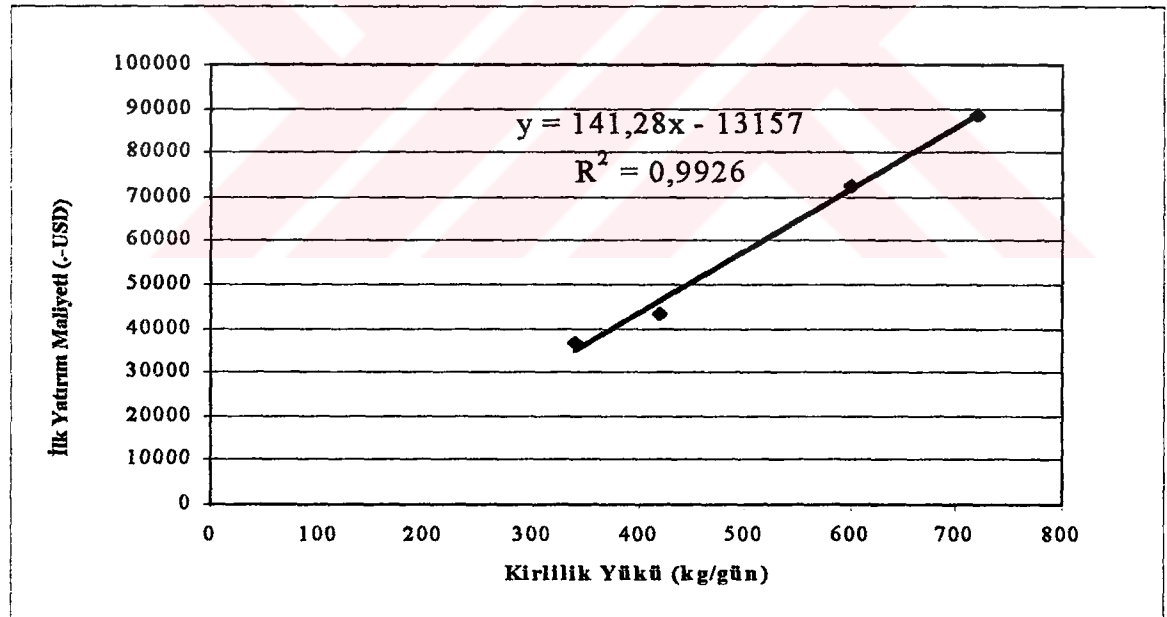
şeklinde ifade edilmektedir. Grafikler üzerinde belirtilen doğruların korelasyon katsayılarının 0.95 ile 1.00 arasında olması bu iki parametre arasında oldukça yüksek bir münasebet olduğunu göstermektedir.

Debi (m ³ /gün)	140	200	500	600
Maliyet	43.278	36.938	72.349	88.672



Şekil 5.1 AKR sistemleri için “debi - ilk yatırım maliyeti” değişim grafiği

Kirlilik Yüğü (kg/gün)	340	420	600	720
Maliyet	36.938	43.278	72.349	88.672



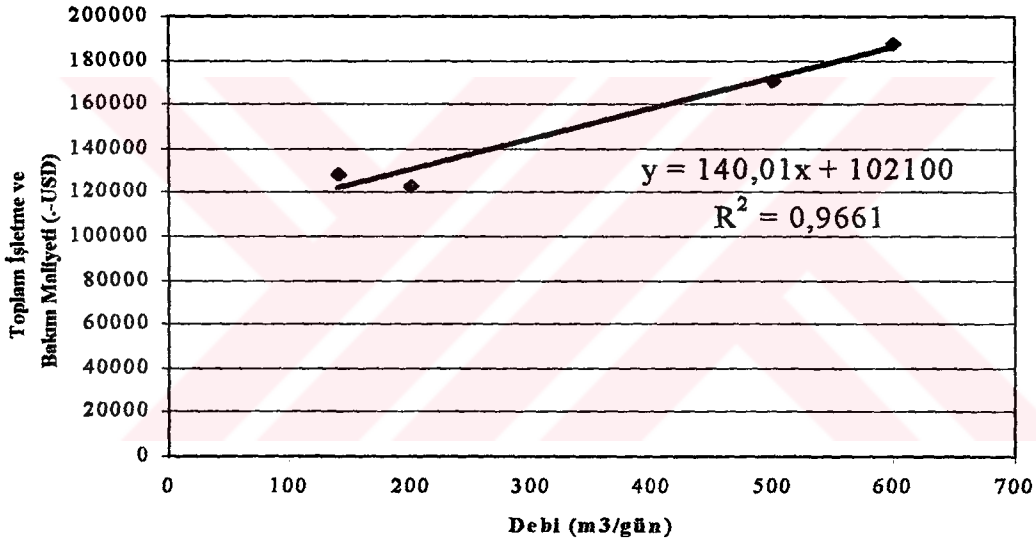
Şekil 5.2 AKR sistemleri için “kirlilik yükü-ilk yatırım maliyeti” değişim grafiği

5.2. “Debi - Toplam İşletme ve Bakım Maliyeti” ve “Kirlilik Yükü - Toplam İşletme ve Bakım Maliyeti” Münasebetleri

“Debi-ilk yatırım maliyeti” münasebetinde olduğu gibi “debi-toplam işletme ve bakım maliyeti” münasebeti Şekil 5.3’ de ve “kirlilik yükü-toplam işletme ve bakım maliyeti” münasebeti Şekil 5.4’ de grafik olarak gösterilmiştir.

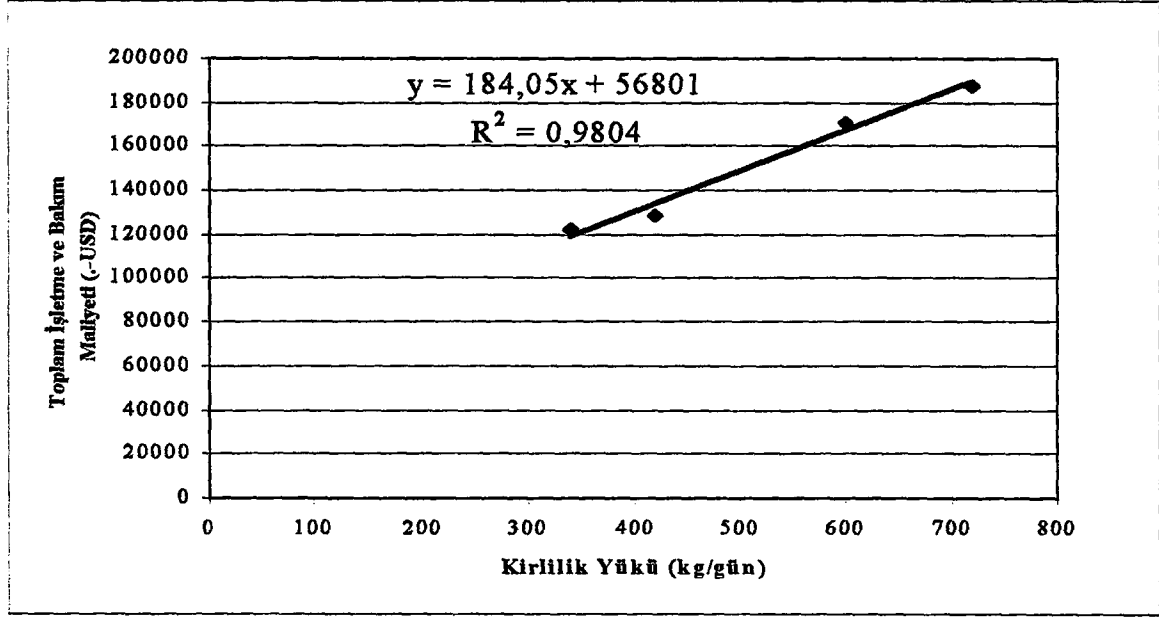
“Debi-toplam işletme ve bakım maliyeti” ile “kirlilik yükü-toplam işletme ve bakım maliyeti” münasebetleri bir doğru olarak ve her doğrunun denklemi grafik üzerinde gösterilmektedir.

Debi (m ³ /gün)	140	200	500	600
Maliyet	126.379	122.693	171.029	187.918



Şekil 5.3 AKR sistemleri için “debi – toplam işletme ve bakım maliyeti” değişim grafiği

Kirlilik Yüğü (kg/gün)	340	420	600	720
Maliyet	122.693	128.379	171.029	187.918

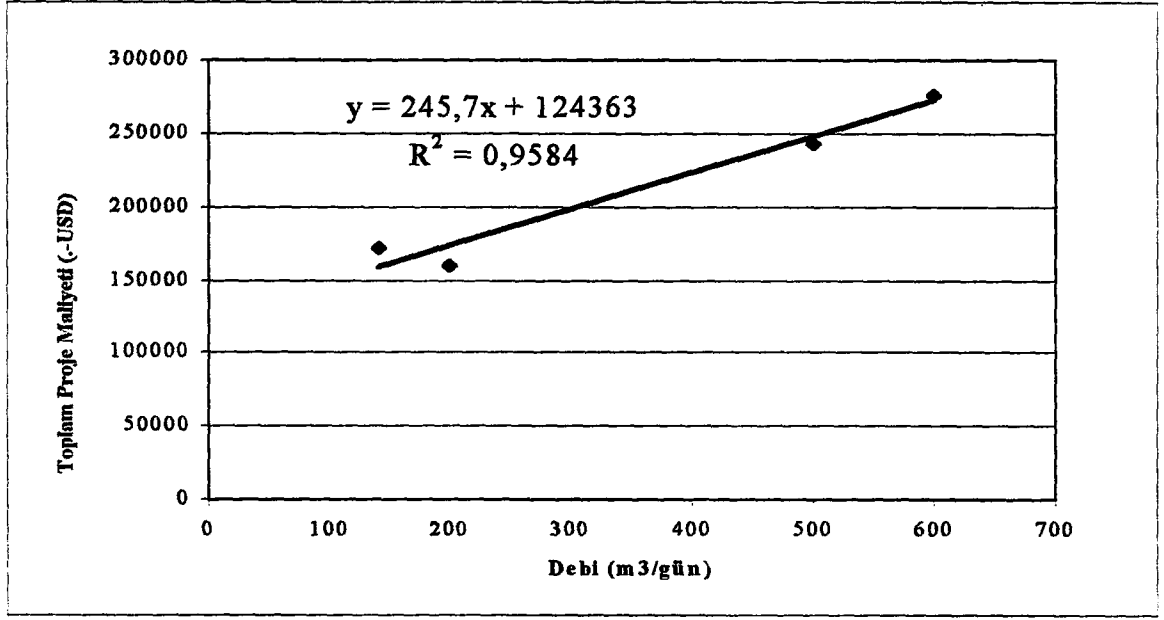


Şekil 5.4 AKR sistemleri için “kirlilik yüğü – toplam işletme ve bakım maliyeti” değişim grafiğı

5.3. “Debi –“Toplam Proje Maliyeti “ ve “Kirlilik Yüğü – Toplam Proje Maliyeti” Münasebetleri

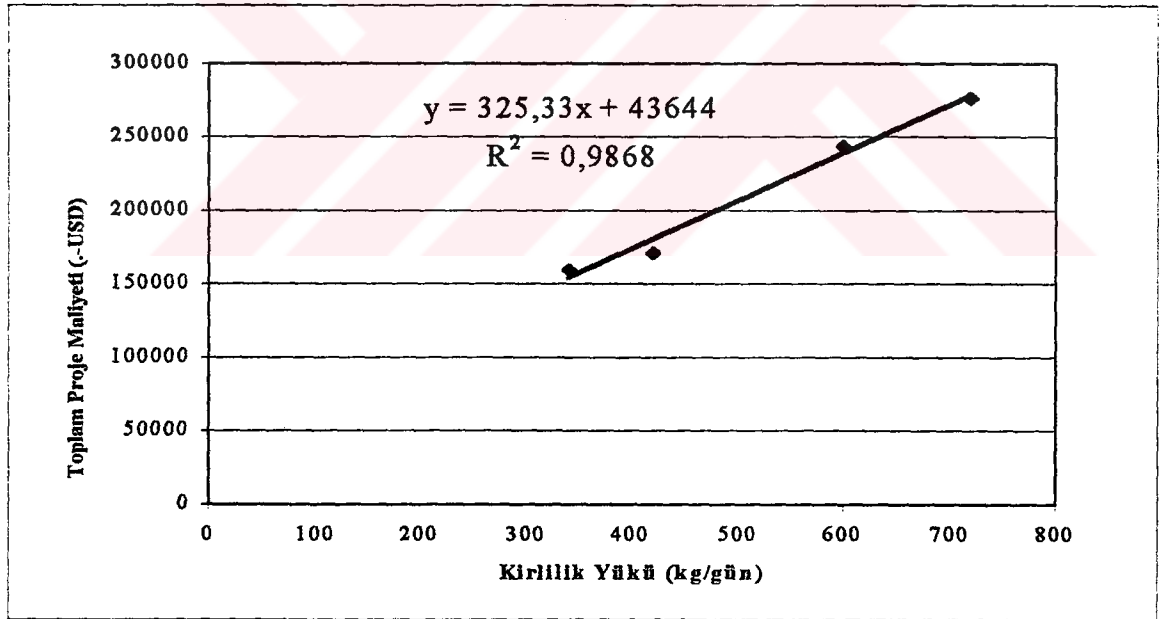
Hesaplanan ilk yatırım maliyetleri ile toplam işletme ve bakım maliyetlerinin toplamı ile elde edilen toplam proje maliyetleri ile debi ve kirlilik yüğü arasındaki münasebetler de incelenmiştir. Şekil 5.5’ de “debi-toplam proje maliyeti” ve Şekil 5.6’ de “kirlilik yüğü-toplam proje maliyeti” münasebetlerini gösteren grafikler verilmektedir. Bu grafiklerde de aradaki münasebetler bir doğru olarak gösterilmiş ve her doğrunun denklemi de grafik üzerinde verilmiştir.

Debi (m3/gün)	140	200	500	600
Maliyet	171.656	159.631	243.378	276.590



Şekil 5.5 AKR sistemleri için “debi – toplam proje maliyeti” değişim grafiği

Kirlilik Yüklü (kg/gün)	340	420	600	720
Maliyet	159.631	171.656	243.378	276.590



Şekil 5.6 AKR sistemleri için “kirlilik yükü – toplam proje maliyeti” değişim grafiği

5.4 “Debi – Maliyet” ve “Kirlilik Yükü – Maliyet” Münasebetlerinin Değerlendirilmesi

Toplam yatırım maliyeti, toplam işletme ve bakım maliyeti ile toplam proje maliyetlerini çizilen maliyet grafiklerinden tespit etmek mümkündür. Ayrıca aynı maliyetleri grafikler üzerinde gösterilen ve aşağıda dökümü verilen Tablo 5.1’deki parametrik denklemlerle de hesaplamak mümkündür. Bu denklemler sonucu elde edilen değerler, özellikle sistemin planlama safhasında kullanılabilecek şekilde hassas sonuçlar vermektedir.

Tablo 5.1 Elde edilen maliyet bağıntıları

Debi-Maliyet Münasebetleri	
Toplam Yatırım Maliyeti	$y=105,68x+22264$ ($R^2=0,9457$)
Toplam İşletme ve Bakım Maliyeti	$y=140,01x+102100$ ($R^2=0,9661$)
Toplam Proje Maliyeti	$y=245,7x+124363$ ($R^2=0,9584$)
Kirlilik Yükü-Maliyet Münasebetleri	
Toplam Yatırım Maliyeti	$y=141,28x-13,157$ ($R^2=0,9926$)
Toplam İşletme ve Bakım Maliyeti	$y=184,05x+56801$ ($R^2=0,9804$)
Toplam Proje Maliyeti	$y=325,33x+43644$ ($R^2=0,9868$)

Bu bölümde verilen grafikler ve Tablo 5.1.’de belirtilen denklemler incelendiği zaman görülebileceği gibi “kirlilik yükü-maliyet” arasında, “debi-maliyet” arasındaki münasebete nazaran daha yüksek korelasyon bulunmuştur. “Debi-toplam proje maliyeti” arasındaki bağıntılarda korelasyon katsayısı 0,9584 iken “kirlilik yükü-toplam proje maliyet” arasında korelasyon katsayısı 0,9868 olarak bulunmuştur.

EPA (1998)’de ABD için maliyet bağıntıları üstel olarak verilmesine karşın Türkiye’de inşa edilen 4 AKR tesisi esas alınarak gerçekleştirilen bu çalışmada maliyet bağıntıları lineer özellik göstermektedir. EPA (1998)’de ABD için geliştirilen bağıntılar Tablo 5.2’de gösterilmektedir.

Bu çalışmada “debi-maliyet” ve “kirlilik yükü-maliyet” ilişkilerinin lineer olmasına karşılık ABD için yapılan araştırmada üstel bir fonksiyon elde edilmesinin, bu çalışmada sınırlı veri kullanılmasından ve maliyetlerin ülkeden ülkeye farklılık arz etmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Ülkemizde Tuna (1995) tarafından yapılan çalışmada da evsel atıksuların arıtılması maksadıyla tasarlanan 14 ayrı atıksu arıtma sistemi için Türkiye şartları dikkate alınarak debi-toplam proje maliyeti, debi-toplam işletme ve bakım maliyeti, debi-birim hacimdeki atıksuyun arıtılma maliyeti ve debi-arazi ihtiyacı münasebetlerini gösteren maliyet bağıntılarının da $M=aQ^b$ şeklinde üstel karaktere sahip olduğu görülmektedir. Bu ifade de M maliyeti, Q ise atıksu debisini simgelemektedir. Türkiye’de AKR sistem ile ilgili uygulamalar arttıkça bu çalışmada elde edilen bağıntının ne kadar sağlıklı olduğunu sınamak mümkün olacaktır.

Tablo 5.2 EPA (1998) de ABD İçin Verilen AKR Sistemi Maliyet Bağıntıları

Maliyet	Bağıntılar
Toplam yatırım maliyeti	$\ln(Y1)=15.707+0.512\ln(X)+0.0022(\ln(X))^2$
İşletme ve bakım maliyeti	$\ln(Y2)=13.139+0.562\ln(X)+0.020(\ln(X))^2$

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Türkiye’de inşa edilip işletmeye alınmış tam ölçekli 4 adet ardışık kesikli reaktör (AKR) sisteminin maliyet analizlerinin yapıldığı ve baz alınan 500 m³/gün debi için AKR maliyet indeksinin geliştirildiği bu çalışmada aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

1. Bu çalışmada, endüstriyel atıksu arıtımında kullanılan 140 m³/gün (420 kg KOI/gün), 200 m³/gün (340 kg KOI/gün), 500 m³/gün (600 kg KOI/gün), 600 m³/gün (720 kg KOI/gün), debi ve kirlilik yüküne sahip tesislere ait maliyet değerleri kullanılmıştır.
2. 200 m³/gün kapasiteli tesisin toplam proje maliyetinin, proje hesap debisi daha küçük olan 140 m³/gün (420 kg KOI/gün) kapasiteli tesisin toplam proje maliyetinden daha az olduğu tespit edilmiştir. Bunun neden kaynaklandığı araştırıldığında, daha büyük debili (200 m³/gün) arıtma tesisinin kirlilik yükünün (340 kg KOI/gün), daha küçük debili (140 m³/gün) arıtma tesisinin kirlilik yükünden (420 kg KOI/gün) daha az olduğu görülmüştür. Bu sonuç, maliyet analizlerinde kirlilik yükünün en az atıksu debisi kadar önemli olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla maliyet analizlerinde sadece atıksu debisinin değil, kirlilik yükünün de önemli bir faktör olduğunun dikkate alınması gerekmektedir.
3. Bu çalışma çerçevesinde detaylı bir şekilde maliyet analizleri yapılan 4 tesiste de çamur susuzlaştırma sistemi ile tesis genel yatırım maliyeti ayrı olarak hesaplanmıştır. Toplam yatırım maliyetinde %20 gibi önemli bir paya sahip olduğu tespit edilen çamur grubu sisteminin maliyeti bundan sonra yapılacak maliyet çalışmalarında dikkate alınmalıdır. Bu çalışmada filtre pres grubu kullanılmış olup, maliyet optimizasyonu sağlamak amacıyla diğer çamur susuzlaştırma sistemleri ile maliyet karşılaştırması yapılmalıdır.
4. Türkiye’de tam ölçekli tesislerden bilgi dönüşü sağlanmalı ve bu bilgiler bilimsel çalışmaya temel oluşturacak şekilde düzenlenmelidir.

5. Yapılan maliyet analizlerine bağılı olarak toplam yatırım maliyetinde önemli bir paya sahip olan inşaat kalemi maliyetini düşürmek için, küçük debili tesislerde haznelerin çelik konstrüksiyon yapılması tavsiye edilmektedir.
6. Yurtdışında yapılmış çalışmalar incelendiğinde AKR sistemi proje maliyetinin, klasik aktif çamur sistemine göre daha az olduğu görülmektedir. Ülkemizde AKR tesislerinin yapılmasını teşvik etmek ve firma yöneticilerine AKR sistemine sahip tesislerin maliyeti hakkında fikir vermek amacıyla bundan sonra yapılacak maliyet analizi çalışmasında aynı yükleme şartlarında işletilen klasik aktif çamur sistemi ile maliyet mukayesesi yapılabilir. Ayrıca yapılacak maliyet araştırmalarında bölgesel farklılıklar dikkate alınarak bu çalışmada ihmal edilen bölgesel farklılıkların toplam maliyete etkisi kesin olarak belirlenebilir.
7. 1998 yılı indeksi 100 kabul edilerek 1999 yılı için maliyet indeksi 152,75 ve 2000 yılı için 233,74 bulunmuştur. 1999 ve 2000 yıllarında maliyet bileşenlerinden nakliye kaleminin indeksi en yüksek değeri alırken ikinci yüksek değer ise montaj işçilik kalemine ait olmuştur. Buna karşılık en düşük maliyet indeksli kalemler borulama, ekipman ve elektrik olarak bulunmuştur.
8. Türkiye'deki AKR tesislerin azlığı ve tesislerle ilgili verilerin düzenli olmaması sebebiyle 1998 yılından itibaren son üç yıl için maliyet analizleri yapılarak maliyet indeksi geliştirilmiştir. Bu çalışmanın bir öncü çalışma kabul edilerek bundan sonraki yıllar içinde maliyet indeksinin değişimi gözlenmelidir. Bu çalışmada geliştirilen metodoloji kullanılarak, sadece o yıla ait veriler girilmek kaydıyla daha sonraki yıllar için indeksler bulunabilir.
9. AKR sisteminin maliyeti üzerine yapılacak sonraki incelemelerde çevrim ve faz sürelerinin değişmesi ile farklı çıkış standartlarının dikkate alınmasının maliyeti ne ölçüde etkilediği araştırılabilir. Ayrıca aynı hidrolik yükler için evsel ve endüstriyel atıksular dikkate alınarak maliyet hesabı yapılması, kirlilik yükü ve debinin maliyeti ne ölçüde değiştirdiği de incelenebilir.
10. Literatürde yapılmış çalışmalardan AKR sisteminin genellikle küçük ölçekli tesislere uygulandığı, görülmektedir. Atıksu debisi artıkça tank sayısının, buna bağılı olarak hidrolik bekletme süresinin, sistem elemanlarının büyüklüğünün,

gerekli alanın ve diğer maliyet bileşenlerinin artması, ayrıca sistemin işletilmesinin daha fazla dikkat gerektirmesi gibi sebepler AKR sistemlerinin büyük yerleşimler için uygulanabilirliğini sınırlamaktadır. Ancak AKR sisteminin uygulanabilirliği ile ilgili bugüne kadar bir üst sınır verilmemiştir. Teknolojik ve ekonomik etkenler dikkate alınarak AKR sistemlerinin uygulanabileceği üst debi sınırları için merteye belirlenmesinin, enteresan bir araştırma konusu olacağı düşünülmektedir. Büyük ölçekli tesislerde klasik aktif çamur sistemlerinin AKR sistemleri ile hem teknik ve hem de mali açıdan avantaj ve dezavantajlarının belirlenmesi, somut verilerle, araştırılabilir.

11. Bu çalışmada AKR sistemleri için ayrıca “debi – maliyet” ve “kirlilik yükü – maliyet” ilişkileri önce grafik olarak gösterilmiş, daha sonra bu parametreler arasında matematik bağıntılar geliştirilmiştir. Literatürdeki yaygın üstel maliyet bağıntısı yerine bu çalışmada geliştirilen bağıntıların lineer karakterli olduğu görülmüştür. Bunun sınırlı sayıda veri ile çalışılmasından ve biraz da Türkiye’ye özgü şartlardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Abufayed, A.A. and Schroeder, E.D.,** 1986. Performance of SBR/Denitrification with a Primary Sludge Carbon Source, *Journal WPCF*, Vol. 58, No. 5, pp. 387-875.
- Akunna, J.C. and Jefferies, C.,** 1999. Performance of Family-Size SBR and RBC Units Treating Sewage at Various Operating Conditions, *IAWQ 4th Specialised Conference on Small Wastewater Treatment Plants*, Stratford-upon-Avon, UK, April 18-21.
- Andreadakis, A.D., Kandilli, G., Mamais, D. and Noussi, A.,** 1995. Treatment of Septage Using Single and Two Stage Activated Sludge Batch Reactor Systems., *Water Science and Technology*, Vol. 32, No. 9-10, pp. 95-104.
- Andreottola, G., Bortone, G. and Tilche, A.,** 1997. Experimental Validation of a Simulation and Design Model for Nitrogen Removal in Sequencing Batch Reactors, Vol. 35, No. 1, pp. 113-120.
- Arora, M.L., Barth, E.F., Umphres, M.B.,** 1985. Techonology Evoluotion of Sequencing Batch Reactors., *Journal WPCF*, Vol. 57, No. 8, pp. 867-875.
- Artan, N., Wilderer, P., Orhon, D., Morgenroth, E. and Özgür, N.,** 2000. The Mechanism and Design of Sequencing Batch Reactor Systems for Nutrient Removal-The State of the Art, *2nd International Symposium on Sequencing Batch Reactor Technology*, Narbonne, FRANCE, July 10-12.
- Balmér, P.,** 2000. Operation Costs and Consumption of Resources at Nordic Nutrient Removal Plants, *Water Science and Technology*, Vol. 41, No. 9, pp. 273-279.

- Başığmezler, B.**, 1998. Deri Endüstrisi Atıksularının Ardışık Kesikli Reaktörlerle Arıtılması, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Brenner, A., Chozick, R. And Irvine, R.L.**, 1992. Treatment of High Strength, Mixed Phenolic Waste in a Sequencing Batch Reactors., *Water Science and Technology*, Vol. 64, No. 2, pp. 128-133.
- Çalık, Z.**, 1997. Atıksu Arıtma Tesisleri İçin İşgücü Planlaması, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Chen, C.H., Horng, R.Y., Juang, S.S., Tzou, W.Y., Hsin-Shao, You, H.S. and Cheng, S.S.**, 1997. A Successful Case Study of Fine Chemical Plant Wastewater Treatment, *Water Science and Technology*, Vol. 35, No. 1, pp. 87-94.
- Chin, K.K.**, 1989. Post Treatment of Anaerobic Effluent Using Sequencing Batch Reactors., *Water Science and Technology*, Vol. 21, pp. 23-28.
- Choi, E., Oa, S.W. and Lee, J.J.**, 1997. Nightsoil Treatment Plant Converted into a Sequencing Batch Reactor to Improve Removal of Pollutants and Nutrients, *Water Science and Technology*, Vol. 35, No. 1, pp. 233-240.
- Cimşit, Y.**, 1986. Ardışık Kesikli Reaktörlerle Kuvvetli Atıksuların Arıtım Esasları, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Cybis, L.F. and Horan, N.J.**, 1997. Protozoan and Metazoan Populations in Sequencing Batch Reactors Operated for Nitrification and/or Denitrification., *Water Science and Technology*, Vol. 35, No. 1, pp. 81-86.
- Çelebi, E.**, 1999. Su Getirme ve Atıksu Uzaklaştırma Hizmetlerine Özel Sektör Katılımı, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Çitil, E.**, 1995. Evsel Atıksu Arıtma Tesislerinin Optimum Tasarımı, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Dagot, C., Sommanawan, N., Casellas, M., Baudu, M. and Anderson, R.**, 2000. Design, Performance and Simulation of a Package Sewage Treatment Plants Using Intermittent Extended Aeration Plant in Tropical

Climate, 2nd *International Symposium on Sequencing Batch Reactor Technology*, Narbonne, FRANCE, July 10-12.

- Demoulin, G., Goronszy, M.C., Wutscher, K. and Forsthuber, E., 1997.** Co-Current Nitrification/Denitrification and Biological P-Removal in Cyclic Activated Sludge Plants by Redox Controlled Cycle Operation, *Water Science and Technology*, Vol. 35, No. 1, pp. 215-224.
- EPA,** 1992. Wastewater Treatment/Disposal for Small Communities, *EPA/625/R-92/005*, Office of Research and Development, Washington DC 20460.
- EPA,** 1992. Small Community Water and Wastewater Treatment, *EPA/625/R-92/010*, Office of Research and Development, Washington DC 20460.
- EPA,** 1998. Detailed Costing Document for the Centralized Waste Treatment Industry, *EPA 821-R-98-016*, Office of Water, United States.
- Gültekin, S., 1995.** Türkiye İçin İleri Arıtmanın Maliyet Boyutu, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Gün, Ö., 1997.** Deri Endüstrisi Atıksularının Ardışık Kesikli Reaktör ile Arıtılması, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Helmreich, B., Schreff, D. and Wilderer, F.A., 1999.** Full Scale Experiences with Small Plants in Bavaria, *IAWQ 4th Specialised Conference on Small Wastewater Treatment Plants*, Stratford-upon-Avon, UK, April 18-21.
- Hosomi, M., Inamori, Y., Sudo, R., Yamada, K., Yoshino, Z., 1989.** Sequencing Batch Reactor Activated Sludge Processes for the Treatment of Municipal Landfill Leachate: Removal of Nitrogen and Refractory Organic Compounds., *Water Science and Technology*, Vol. 21, pp. 1651-1654.
- Irvine, R.L., Ketchum, L.H., Arora, M.L. and Barth, E.F., 1985.** An Organic Loading Study of Full-Scale Sequencing Batch Reactors, *Journal WPCF*, Vol. 57, No. 8, pp. 847-853.

- Irvine, R.L., Wilderer, P.A. and Flemming, H., 1997.** Controlled Unsteady State Processes and Technologies - an Overview, *Water Science and Technology*, Vol. 35, No. 1, pp. 1-10.
- Ketchum, L.H., Liao, P.C. and Irvine, R.L., 1978.** Economic Evaluation of Sequencing Batch Biological Reactors, *Proc. 33rd Industrial Waste Conference*, Purdue University, pp. 357-376.
- Ketchum, L.H., 1997.** Design and Physical Features of Sequencing Batch Reactors, *Water Science and Technology*, Vol. 35, No. 1, pp. 11-18.
- Kınacı C., Çalık Z., Yüksel E., Aydın A. F. and Sevimli M. F., 1998.** Manpower Planning for Wastewater Treatment Plants, *1st International Workshop on Environmental Quality and Environmental Engineering in The Middle East Region*, Konya, Turkey, October 5 – 7, pp. 625 – 634.
- Kınacı C., Akça L., Yazgan M. and Toröz İ., 1999.** An Evaluation of Small Wastewater Treatment Systems for Turkey, *Proceedings in Fourth International Conference of Small Wastewater Treatment Plants*, IAWQ, Stratford-upon Avon, UK, April 19 – 21.
- Liberti, L. and Notarnicola, M., 1999.** Advanced Treatment and Disinfection for Municipal Wastewater Reuse in Agriculture, *Water Science and Technology*, Vol. 40, No. 4-5, pp. 235-245.
- Novak, L., Goronszy, M.C. and Wanner, J., 1997.** Dynamic Mathematical Modelling of Sequencing Batch Reactors with Aerated and Mixed Filling Period, *Water Science and Technology*, Vol. 35, No. 1, pp. 105-112.
- Nowak, O., 2000.** Expenditure on the Operation of Municipal Wastewater Treatment plants for Nutrient Removal, *Water Science and Technology*, Vol. 41, No. 9, pp. 281-289.
- Oğuz, M. and Oğuz, M., 1992.** The Optimum Design of Wastewater Treatment Plants for Touristic Centers.
- Orhon, D. and Artan, N., 1994.** Modelling of Activated Sludge Systems, *Technomic Publishing Co. Inc.*, Lancaster-Basel, PA-USA.

- Onur, A.K., Ekemen, E., Soyupak, S. and Yurteri, C., 1999.** Management Strategies for the Lower Seyhan Catchment, *Water Science and Technology*, Vol. 40, No. 10, pp. 177-184.
- Özgür, N., 1996.** Ardışık Kesikli Reaktörlerde Biyolojik Aşırı Fosfor Giderimi Üzerine Oksitlenmiş Azotun Etkisi, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Public Health Service, 1963.** Sewage Treatment Plant Construction Cost Index. Construction Cost Trends Municipal Waste Treatment Works, *PB-215 956*, Washington, D.C. 20201.
- Randall, C.W. and Cokgor, E.U., 2000.** Performance and Economics of BNR Plants in the Chesapeake Bay Watershed, USA, *Water Science and Technology*, Vol. 41, No. 9, pp. 21-28.
- Taşlı, R., 1996.** Ardışık Kesikli Reaktörlerde Biyolojik Aşırı Fosfor Giderimi, *Doktora*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Torrijos, M. and Moletta, R., 1997.** Winery Wastewater Depollution by Sequencing Batch Reactor, *Water Science and Technology*, Vol. 35, No. 1, pp. 249-257.
- Torrijos, M., Vuitton, V. and Moletta, R., 2000.** The SBR Process: An Efficient and Economic Solution for the Treatment of Wastewater at Small Cheesemaking Dairies in the Jura Mountains, *2nd International Symposium on Sequencing Batch Reactor Technology*, Narbonne, FRANCE, July 10-12.
- Tuna, M., 1995.** Atıksu Arıtma Tesisleri Maliyet İndeksi ve Debi-Maliyet İlişkileri, *Doktora Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Tuna, M. ve Kınacı, C., Sarıkaya H. Z. ve Eroğlu V., 1999.** Türkiye'deki Atıksu Arıtma Tesisleri için Maliyet İndeksi Geliştirme Esasları, *Su Kirlenmesi Kontrolü Dergisi*, Cilt 9, Sayı 2, pp. 9-16.
- Tuna, M. ve Kınacı, C., 1999a.** Türkiye için Kanalizasyon İnşa Maliyetlerinin Belirlenmesi, *Su Kirlenmesi Kontrolü Dergisi*, Cilt 9, Sayı 1, pp. 27-34.

- Tuna, M. ve Kınacı, C., 1999b.** Türkiye’deki Atıksu Arıtma Tesisi Maliyetlerinin İndeks Yardımıyla Değerlendirilmesi, *Su Kirlenmesi Kontrolü Dergisi*, Cilt 9, Sayı 2, pp. 17-24.
- Uluatam, S. S., 1991.** Cost Models for Small Wastewater Treatment Plants, *International J. Environmental Studies*, Vol. 37, pp. 171-181.
- Ulutaş, Ş., 1998.** Küçük Yerleşimler İçin Uygun Arıtma Sistemlerinin Türkiye Açısından Değerlendirilmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yamamoto, K. And Win, K.M., 1991.** Tannery Wastewater Treatment Using a Sequencing Batch Membrane Reactor., *Water Science and Technology*, Vol. 23, pp. 1639-1648.
- Yılmaz, G., 1999.** Katı Sızıntı Sularından Biyolojik Azot Giderimi Üzerine Bir Araştırma, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Zaloum R. and Abbott M., 1997.** Anaerobic Pretreatment Improves Single Sequencing Batch Reactor Treatment of Landfill Leachates., *Water Science and Technology*, Vol. 35, No. 1, pp. 207-214.
- Zilverentant, A.G., 1997.** Pilot-Testing, Design and Full-Scale Experience of a Sequencing Batch Reactor System for the Treatment of the Potentially Toxic Waste Water From a Road and Rail Car Cleaning Site, *Water Science and Technology*, Vol. 35, No. 1, pp. 259-267.



EKLER

Tablo E.2 Borulama imalat kalemlerinin 1998-1999 yılları arasındaki fiyat artış yüzdeleri ve ağırlıklı fiyat artış miktarları

	Açıklama	1998-1999 Yılları Arası Birim Fiyat Farkı(TL)	Fiyat Artış Yüzdesi	Borular İmalat Toplamında Etkime Yüzdesi	Borular Grubu Toplamında Etkime Yüzdesi	Borular Grubu Ağırlıklı Fiyat Artış Yüzdesi
	BORULAR					
1	1/2 mm KÇ boru	70.300	23,50	0,28	1,65	0,39
2	50 mm KÇ boru	36.800	5,02	1,53	9,10	0,46
3	100 mm KÇ boru	418.000	24,00	6,20	36,82	8,84
4	150 mm KÇ boru	91.500	3,18	1,33	7,93	0,25
5	200 mm KÇ boru	740.500	24,95	1,84	10,91	2,72
6	40 mm PVC boru	145.200	61,27	0,73	4,36	2,67
7	50 mm PVC boru	94.500	26,69	0,66	3,90	1,04
8	75 mm PVC boru	218.746	26,58	3,44	20,42	5,43
9	1/2" galvaniz boru	109.000	41,67	0,36	2,16	0,90
10	2" mm galvaniz boru	69.800	7,03	0,46	2,74	0,19
				16,83	100,00	22,89
	Açıklama	1998-1999 Yılları Arası Birim Fiyat Farkı(TL)	Fiyat Artış Yüzdesi	Borular İmalat Toplamında Etkime Yüzdesi	Vanalar Grubu Toplamında Etkime Yüzdesi	Vanalar Grubu Ağırlıklı Fiyat Artış Yüzdesi
	VANALAR					
1	1/2" mm küresel vana	415.000	49,70	0,13	0,34	0,17
2	40 mm küresel vana	2.730.000	65,47	0,64	1,71	1,12
3	50 mm küresel vana	2.275.000	30,43	0,58	1,54	0,47
4	65 mm küresel vana	4.000.000	33,33	3,71	9,86	3,29
5	100 mm kelebek vana	8.946.240	49,89	1,39	3,68	1,84
6	40 mm çalpara çekvalf	2.000.000	80,00	0,58	1,54	1,23
7	100 mm tilting çekvalf	7.380.648	49,89	1,14	3,04	1,52
8	200 mm pnömatik vana	50.818.371	49,89	15,75	41,86	20,88
9	150 mm pnömatik vana	44.216.791	49,89	13,71	36,42	18,17
				37,63	100,00	48,69
	Açıklama	1998-1999 Yılları Arası Birim Fiyat Farkı(TL)	Fiyat Artış Yüzdesi	Borular İmalat Toplamında Etkime Yüzdesi	Bağlantı Elemanları Grubu Toplamında Etkime Yüzdesi	Bağ. Elemanları Grubu Ağırlıklı Fiyat Artış Yüzdesi
	BAĞLANTI ELEMANLARI					
1	1/2" mm ND 16 Flanş	543.750	418,27	0,06	0,24	1,02
2	40 mm ND 16 Flanş	183.000	10,27	0,28	1,12	0,11
3	65 mm ND 16 Flanş	184.000	6,31	0,90	3,66	0,23
4	100 mm ND 16 Flanş	455.200	10,26	1,37	5,57	0,57
5	150 mm ND 16 Flanş	731.000	10,26	2,20	8,95	0,92
6	200 mm ND 16 Flanş	1.005.000	11,11	2,80	11,36	1,26
7	1/2 mm KÇ 90 dirsek	1.650	2,04	0,06	0,25	0,01
8	40 mm KÇ 90 dirsek	103.510	19,96	0,08	0,33	0,06
9	50 mm KÇ 90 dirsek	124.670	19,97	0,87	3,53	0,70
10	100 mm KÇ 90 dirsek	797.860	39,85	2,17	8,80	3,51
11	150 mm KÇ 90 dirsek	1.428.800	20,00	1,10	4,49	0,90
12	200 mm KÇ 90 dirsek	2.856.000	20,48	2,16	8,76	1,79
13	40-50 mm KÇ redüksiyon	73.100	6,79	0,08	0,34	0,02
14	65-100 mm KÇ redüksiyon	396.000	10,00	0,61	2,49	0,25
15	200 mm KÇ Kep	2.125.000	78,70	0,42	1,70	1,33
16	50 mm KÇ kep	138.000	18,11	0,06	0,24	0,04

17	100 mm KÇ kep	-	0,00	0,28	1,14	-
18	1/2 manşon	40.000	72,73	0,01	0,03	0,03
19	65 mm manşon	836.000	100,12	0,13	0,52	0,52
20	50 mm nipel	175.000	36,84	0,04	0,15	0,05
21	1/2" mm klingrit conta	12.500	35,71	0,01	0,03	0,01
22	65 mm klingrit conta	24.000	20,00	0,04	0,15	0,03
23	100 mm klingrit conta	79.200	44,00	0,01	0,06	0,02
24	40 mm klingrit conta	25.240	26,36	0,01	0,06	0,02
25	40 mm hortum adaptörü	115.000	40,35	0,13	0,54	0,22
26	65 mm hortum adaptörü	260.000	53,06	0,08	0,31	0,16
27	75 mm PVC Flanş+cole	225.000	6,72	1,04	4,21	0,28
28	50 mm PVC Flanş+cole	325.000	14,44	0,35	1,41	0,20
29	32 mm iç paso adaptör	9.000	7,83	0,36	1,44	0,11
30	40 mm PVC 90 dirsek	159.000	95,78	0,51	2,08	2,00
31	50 mm PVC 90 dirsek	225.000	60,00	0,35	1,41	0,85
32	75 mm PVC 90 dirsek	565.000	64,57	0,27	1,10	0,71
33	40 mm PVC kör tapa	19.560	9,52	0,64	2,58	0,25
34	75 mm PVC Te	337.000	43,04	2,18	8,85	3,81
35	40 mm PVC Te	93.500	43,49	0,67	2,70	1,17
36	50 mm PVC Te	307.000	126,34	0,11	0,46	0,58
37	75-40 mm PVC redüksiyon	353.000	49,58	2,20	8,94	4,43
				24,63	100,00	28,21
	Açıklama	1998-1999 Yılları Arası Birim Fiyat Farkı(TL)	Fiyat Artış Yüzdesi	Borular İmalat Toplamında Etkime Yüzdesi	Diğer Malzemeler Grubu Toplamında Etkime Yüzdesi	Diğer Malzemeler Grubu Ağırlıklı Fiyat Artış Yüzdesi
	DİĞER MALZEMELER					
1	40 mm hortum kelepçesi	145.000	193,33	0,03	0,22	0,42
2	65 mm hortum kelepçesi	330.000	275,00	0,04	0,23	0,64
3	4 mm galvaniz bakla zincir	525.000	150,00	0,38	2,37	3,56
4	Zincir kilidi	50.000	40,00	0,09	0,55	0,22
5	1/2 Ubult	54.000	174,19	0,03	0,17	0,29
6	50 mm konik rekor	700.000	38,89	0,14	0,87	0,34
7	M10 çelik dübel	43.500	57,81	2,07	12,94	7,48
8	M12 çelik dübel	25.850	27,21	0,03	0,18	0,05
9	M16 çelik dübel	218.450	189,96	0,04	0,22	0,42
10	M10 rot	165.000	73,33	0,03	0,22	0,16
11	M8 çelik dübel	55.000	146,67	0,08	0,47	0,69
12	M8x30 civata	7.500	29,41	0,01	0,05	0,01
13	M20x150 civata+somun	35.000	9,21	0,47	2,95	0,27
14	M12x50 civata+somun	18.000	19,57	0,09	0,53	0,10
15	M16x60 civata+somun	36.750	46,96	0,07	0,45	0,21
16	M16x70 civata+somun	30.700	36,12	0,11	0,66	0,24
17	M20x140 civata+somun	125.000	50,00	0,15	0,97	0,48
18	M16x130 civata+somun	10.000	6,67	0,09	0,58	0,04
19	M6x70 vidası	72.500	41,43	4,47	27,98	11,59
20	1/2" mm doğal.boru kel.	103.000	381,48	0,03	0,16	0,60
21	40 mm doğal. boru kel.	29.000	17,58	0,08	0,48	0,08
22	50 mm doğal. boru kel.	33.000	17,84	0,23	1,43	0,26
23	100 mm doğal. boru kel.	150.000	38,46	0,30	1,89	0,73
24	40 mm paslanmaz kelepçe	110.337	49,89	1,37	8,57	4,28
25	75 mm paslanmaz kelepçe	128.229	49,89	0,48	2,99	1,49
26	M8 rot	60.000	34,29	0,04	0,25	0,09
27	1/2" mm tek tarafı dişli boru	-	0,00	0,06	0,41	-
28	40 mm tek tarafı dişli boru	-	0,00	0,46	2,91	-
29	50 mm tek tarafı dişli boru	-	0,00	0,12	0,73	-
30	65 mm tek tarafı dişli boru	-	0,00	0,49	3,10	-
31	Tangit	2.271.000	42,45	0,83	5,18	2,20

32	200 kum su zımparası	50.000	22,22	0,09	0,55	0,12
33	Teflon bant	20.000	26,67	0,19	1,16	0,31
34	40 mm bezli lastik hortum	570.000	33,63	1,31	8,21	2,76
35	65 mm bezli lastik hortum	2.585.000	123,10	0,16	1,02	1,25
36	1/2" pnömatik regüledi	4.600.000	26,74	1,33	8,33	2,23
	şartlandırıcı					
				15,96	100,00	43,63

ÇAMUR GRUBU

	Açıklama	1998-1999 Yılları Arası Birim Fiyat Farkı(TL)	Fiyat Artış Yüzdesi	Borular İmalat Toplamında Etkime Yüzdesi	Borular Grubu Toplamında Etkime Yüzdesi	Borular Grubu Ağırlıklı Fiyat Artış Yüzdesi
	BORULAR					
1	50 mm KC boru	176.300	24,03	0,68	72,25	17,36
2	1/2 PP boru	61.000	20,89	0,18	19,17	4,00
3	1/2 galvaniz boru	109.000	41,67	0,08	8,59	3,58
				0,94	100,00	24,94
	Açıklama	1998-1999 Yılları Arası Birim Fiyat Farkı(TL)	Fiyat Artış Yüzdesi	Borular İmalat Toplamında Etkime Yüzdesi	Vanalar Grubu Toplamında Etkime Yüzdesi	Vanalar Grubu Ağırlıklı Fiyat Artış Yüzdesi
	VANALAR					
1	50 mm küresel vana	1.725.000	23,08	1,16	81,60	18,83
2	1/2 küresel vana	130.000	11,30	0,09	6,28	0,71
3	1/2 PP küresel vana	464.000	20,88	0,17	12,13	2,53
				1,42	100,00	22,07
	Açıklama	1998-1999 Yılları Arası Birim Fiyat Farkı(TL)	Fiyat Artış Yüzdesi	Borular İmalat Toplamında Etkime Yüzdesi	Bağlantı Elemanları Grubu Toplamında Etkime Yüzdesi	Bağ. Elemanları Grubu Ağırlıklı Fiyat Artış Yüzdesi
	BAĞLANTI ELEMANLARI					
1	32 mm ND16 Flanş	800.000	84,21	0,22	14,40	12,12
2	50 mm KÇ 90 dirsek	2.000.670	320,45	0,48	31,54	101,06
3	32-50 mm KC redüksiyon	71.000	7,25	0,23	14,84	1,08
4	1" manşon	69.300	72,41	0,01	0,48	0,35
5	1/2 manşon	40.000	72,73	0,00	0,28	0,20
6	65 mm manşon	836.000	100,12	0,06	4,22	4,22
7	32 mm klingrit conta	15.120	20,00	0,02	1,15	0,23
8	1/2 nipel	25.000	55,56	0,00	0,23	0,13
9	50 mm nipel	175.000	36,84	0,07	4,80	1,77
10	50 mm konik rekor	700.000	38,89	0,28	18,18	7,07
11	1/2 PP iç dişli rekor	75.000	21,19	0,05	3,58	0,76
12	1/2 PP dış dişli adaptör	339.000	105,94	0,02	1,62	1,71
13	1"-1/2" PP redüksiyon	8.000	11,43	0,01	0,35	0,04
14	1/2 PP kaynaklı rekor	181.000	28,46	0,05	3,21	0,91
15	1/2 PP dirsek	8.000	17,78	0,02	1,14	0,20
				1,53	100,00	131,86

	Açıklama	1998-1999 Yılları Arası Birim Fiyat Farkı(TL)	Fiyat Artış Yüzdesi	Borular İmalat Toplamında Etkime Yüzdesi	Diğer Malzemeler Grubu Toplamında Etkime Yüzdesi	Diğer Malzemeler Grubu Ağırlıklı Fiyat Artış Yüzdesi
	DİĞER MALZEMELER					
1	50 mm doğal. boru kel.	33.000	17,84	0,14	13,51	2,41
2	1/2 PP boru kelepçesi	-	0,00	0,01	1,18	-
3	50 mm tek tarafı dişli boru	-	0,00	0,23	21,90	-
4	M16x60 civata+somun	36.750	46,96	0,07	6,86	3,22
5	M6x30 civata+somun	40.000	266,67	0,00	0,44	1,17
6	M8 çelik dübel	55.000	146,67	0,03	2,74	4,02
7	M8 rot	60.000	34,29	0,03	2,56	0,88
8	1/2" U-bult	54.000	174,19	0,00	0,45	0,79
9	0-16 bar manometre	850.000	39,53	0,17	15,70	6,21
10	5-16 bar druck şalter	950.000	20,00	0,37	34,68	6,94
				1,06	100,00	25,62

Tablo E.3 Borulama imalat kalemlerinin 1999-2000 yılları arasındaki fiyat artış yüzdeleri ve ağırlıklı fiyat artış miktarları

	Açıklama	1999-2000 Yılları Arası Birim Fiyat Farkı(TL)	Fiyat Artış Yüzdesi	Borular İmalat Toplamında Etkime Yüzdesi	Borular Grubu Toplamında Etkime Yüzdesi	Borular Grubu Ağırlıklı Fiyat Artış Yüzdesi
	BORULAR					
1	1/2 mm KÇ boru	45.500	12,31	0,25	1,66	0,20
2	50 mm KÇ boru	689.500	89,49	1,16	7,78	6,96
3	100 mm KÇ boru	1.804.000	83,52	5,53	37,16	31,03
4	150 mm KÇ boru	3.459.500	116,58	0,99	6,66	7,76
5	200 mm KÇ boru	5.142.000	138,67	1,65	11,09	15,38
6	40 mm PVC boru	277.400	72,58	0,85	5,72	4,15
7	50 mm PVC boru	521.000	116,16	0,60	4,03	4,68
8	75 mm PVC boru	1.163.354	111,68	3,13	21,03	23,49
9	1/2" galvaniz boru	279.400	75,39	0,37	2,49	1,38
10	2" mm galvaniz boru	1.412.000	132,83	0,36	2,39	3,17
				14,89	100,00	98,71
	Açıklama	1999-2000 Yılları Arası Birim Fiyat Farkı(TL)	Fiyat Artış Yüzdesi	Borular İmalat Toplamında Etkime Yüzdesi	Vanalar Grubu Toplamında Etkime Yüzdesi	Vanalar Grubu Ağırlıklı Fiyat Artış Yüzdesi
	VANALAR					
1	1/2" mm küresel vana	500.000	40,00	0,14	0,35	0,14
2	40 mm küresel vana	1.000.000	14,49	0,77	1,91	0,28
3	50 mm küresel vana	2.050.000	21,03	0,54	1,35	0,28
4	65 mm küresel vana	2.200.000	13,75	3,56	8,84	1,22
5	100 mm kelebek vana	9.371.520	34,87	1,50	3,71	1,30
6	40 mm çalpara çekvalf	3.500.000	77,78	0,75	1,87	1,45
7	100 mm tiling çekvalf	7.731.504	34,87	1,23	3,06	1,07
8	200 mm pnömatik vana	53.234.138	34,87	17,00	42,20	14,71
9	150 mm pnömatik vana	46.318.738	34,87	14,79	36,72	12,80
				40,28	100,00	33,24
	Açıklama	1999-2000 Yılları Arası Birim Fiyat Farkı(TL)	Fiyat Artış Yüzdesi	Borular İmalat Toplamında Etkime Yüzdesi	Bağlantı Elemanları Grubu Toplamında Etkime Yüzdesi	Bağ. Elemanları Grubu Ağırlıklı Fiyat Artış Yüzdesi
	BAĞLANTI ELEMANLARI					
1	1/2" mm ND 16 Flanş	201.250	29,87	0,23	0,99	0,30
2	40 mm ND 16 Flanş	555.000	28,24	0,22	0,96	0,27
3	65 mm ND 16 Flanş	380.000	12,26	0,69	3,04	0,37
4	100 mm ND 16 Flanş	686.000	14,02	1,09	4,79	0,67
5	150 mm ND 16 Flanş	961.000	12,23	1,75	7,70	0,94
6	200 mm ND 16 Flanş	3.510.000	34,93	2,24	9,84	3,44
7	1/2 mm KÇ 90 dirsek	2.500	3,03	0,05	0,20	0,01
8	40 mm KÇ 90 dirsek	283.000	45,50	0,07	0,30	0,14
9	50 mm KÇ 90 dirsek	324.000	43,26	0,75	3,30	1,43
10	100 mm KÇ 90 dirsek	4.325.000	154,46	2,18	9,60	14,83
11	150 mm KÇ 90 dirsek	3.677.000	42,89	0,95	4,20	1,80
12	200 mm KÇ 90 dirsek	1.000.000	5,95	1,87	8,23	0,49
13	40-50 mm KÇ redüksiyon	155.000	13,48	0,06	0,28	0,04
14	65-100 mm KÇ redüksiyon	194.000	4,45	0,48	2,13	0,10

15	200 mm KÇ Kep	355.000	7,36	0,54	2,36	0,17
16	50 mm KÇ kep	280.000	31,11	0,05	0,22	0,07
17	100 mm KÇ kep	643.000	53,27	0,20	0,89	0,47
18	1/2 manşon	44.000	46,32	0,01	0,05	0,02
19	65 mm manşon	635.000	38,00	0,19	0,82	0,31
20	50 mm nipel	174.000	26,77	0,04	0,16	0,04
21	1/2" mm klingrit conta	52.500	110,53	0,01	0,03	0,04
22	65 mm klingrit conta	6.000	4,17	0,03	0,14	0,01
23	100 mm klingrit conta	33.300	12,85	0,01	0,06	0,01
24	40 mm klingrit conta	54.000	44,63	0,01	0,06	0,03
25	40 mm hortum adaptörü	1.290.000	322,50	0,13	0,59	1,90
26	65 mm hortum adaptörü	2.450.000	326,67	0,08	0,37	1,20
27	75 mm PVC Flanş+cole	345.000	9,65	0,80	3,50	0,34
28	50 mm PVC Flanş+cole	345.000	13,40	0,29	1,26	0,17
29	32 mm iç paso adaptör	185.000	149,19	0,28	1,21	1,81
30	40 mm PVC 90 dirsek	206.800	63,63	0,72	3,18	2,03
31	50 mm PVC 90 dirsek	239.500	39,92	0,40	1,76	0,70
32	75 mm PVC 90 dirsek	2.008.400	139,47	0,32	1,41	1,97
33	40 mm PVC kör tapa	264.900	117,73	0,50	2,20	2,59
34	75 mm PVC Te	2.223.800	198,55	2,24	9,87	19,61
35	40 mm PVC Te	362.500	117,50	0,69	3,02	3,55
36	50 mm PVC Te	218.000	39,64	0,18	0,81	0,32
37	75-40 mm PVC redüksiyon	1.229.000	115,40	2,37	10,43	12,04
				22,73	100,00	74,21
	Açıklama	1999-2000 Yılları Arası Birim Fiyat Farkı(TL)	Fiyat Artış Yüzdesi	Borular İmalat Toplamında Etkime Yüzdesi	Diğer Malzemeler Grubu Toplamında Etkime Yüzdesi	Diğer Malzemeler Grubu Ağırlıklı Fiyat Artış Yüzdesi
	DİĞER MALZEMELER					
1	40 mm hortum kelepçesi	365.000	165,91	0,07	0,45	0,74
2	65 mm hortum kelepçesi	240.000	53,33	0,10	0,61	0,32
3	4 mm galvaniz bakla zincir	500.000	57,14	0,68	4,13	2,36
4	Zincir kilidi	1.477.000	844,00	0,09	0,53	4,48
5	1/2 Ubuht	50.000	58,82	0,05	0,32	0,19
6	50 mm konik rekor	174.000	6,96	0,14	0,84	0,06
7	M10 çelik dübel	16.250	13,68	2,35	14,22	1,95
8	M12 çelik dübel	74.150	61,36	0,03	0,16	0,10
9	M16 çelik dübel	61.550	18,46	0,07	0,45	0,08
10	M10 rot	17.000	4,36	0,04	0,26	0,01
11	M8 çelik dübel	7.500	8,11	0,13	0,81	0,07
12	M8x30 civata	7.000	21,21	0,01	0,04	0,01
13	M20x150 civata+somun	110.000	26,51	0,37	2,24	0,59
14	M12x50 civata+somun	30.000	27,27	0,07	0,45	0,12
15	M16x60 civata+somun	30.000	26,09	0,08	0,47	0,12
16	M16x70 civata+somun	39.300	33,97	0,10	0,62	0,21
17	M20x140 civata+somun	100.000	26,67	0,17	1,01	0,27
18	M16x130 civata+somun	36.000	22,50	0,07	0,43	0,10
19	M6x70 vidası	77.500	31,31	4,55	27,55	8,63
20	1/2" mm ddoğal. boru kel.	48.000	36,92	0,09	0,53	0,19
21	40 mm doğal. boru kel.	81.000	41,75	0,06	0,39	0,16
22	50 mm doğal. boru kel.	102.000	46,79	0,19	1,18	0,55
23	100 mm doğal. boru kel.	220.000	40,74	0,30	1,82	0,74
24	40 mm paslanmaz kelepçe	115.582	34,87	1,48	8,95	3,12
25	75 mm paslanmaz kelepçe	134.325	34,87	0,51	3,12	1,09
26	M8 rot	30.000	12,77	0,04	0,24	0,03
27	1/2" mm tek tarafı dişli boru	330.000	157,14	0,05	0,28	0,45
28	40 mm tek tarafı dişli boru	950.000	158,33	0,33	2,02	3,20
29	50 mm tek tarafı dişli boru	1.000.000	133,33	0,08	0,51	0,67

30	65 mm tek tarafı dişli boru	1.450.000	181,25	0,36	2,16	3,91
31	Tangit	629.000	8,25	0,85	5,14	0,42
32	200 kum su zımparası	120.000	43,64	0,08	0,46	0,20
33	Teflon bant	5.000	5,26	0,17	1,03	0,05
34	40 mm bezli lastik hortum	1.277.500	56,40	1,26	7,64	4,31
35	65 mm bezli lastik hortum	2.454.500	52,39	0,26	1,58	0,83
36	1/2" pnömatik regüledi	11.900.000	54,59	1,21	7,35	4,01
	şartlandırıcı					
				16,50	100,00	44,37
	Açıklama	1999-2000 Yılları Arası Birim Fiyat Farkı(TL)	Fiyat Artış Yüzdesi	Borular İmalat Toplamında Etkime Yüzdesi	Borular Grubu Toplamında Etkime Yüzdesi	Borular Grubu Ağırlıklı Fiyat Artış Yüzdesi
	BORULAR					
1	50 mm KC boru	789.000	86,70	0,61	71,72	62,18
2	1/2 PP boru	130.000	36,83	0,16	18,55	6,83
3	1/2 galvaniz boru	279.400	75,39	0,08	9,74	7,34
				0,85	100,00	76,35
	Açıklama	1999-2000 Yılları Arası Birim Fiyat Farkı(TL)	Fiyat Artış Yüzdesi	Borular İmalat Toplamında Etkime Yüzdesi	Vanalar Grubu Toplamında Etkime Yüzdesi	Vanalar Grubu Ağırlıklı Fiyat Artış Yüzdesi
	VANALAR					
1	50 mm küresel vana	2.600.000	28,26	1,02	82,27	23,25
2	1/2 küresel vana	170.000	13,28	0,07	5,72	0,76
3	1/2 PP küresel vana	664.000	24,72	0,15	12,01	2,97
				1,24	100,00	26,98
	Açıklama	1999-2000 Yılları Arası Birim Fiyat Farkı(TL)	Fiyat Artış Yüzdesi	Borular İmalat Toplamında Etkime Yüzdesi	Bağlantı Elemanları Grubu Toplamında Etkime Yüzdesi	Bağ. Elemanları Grubu Ağırlıklı Fiyat Artış Yüzdesi
	BAĞLANTI ELEMANLARI					
1	32 mm ND16 Flanş	530.000	30,29	0,29	11,44	3,46
2	50 mm KÇ 90 dirsek	315.000	12,00	1,46	57,19	6,86
3	32-50 mm KC redüksiyon	450.000	42,86	0,18	6,86	2,94
4	1" manşon	80.000	48,48	0,01	0,36	0,17
5	1/2 manşon	44.000	46,32	0,01	0,21	0,10
6	65 mm manşon	635.000	38,00	0,09	3,64	1,38
7	32 mm klingrit conta	84.280	92,90	0,02	0,59	0,55
8	1/2 nipel	25.000	35,71	0,00	0,15	0,05
9	50 mm nipel	174.000	26,77	0,07	2,83	0,76
10	50 mm konik rekor	174.000	6,96	0,28	10,89	0,76
11	1/2 PP iç dişli rekor	696.000	162,24	0,05	1,87	3,03
12	1/2 PP dış dişli adaptör	168.000	25,49	0,04	1,44	0,37
13	1"-1/2" PP redüksiyon	38.000	48,72	0,00	0,17	0,08
14	1/2 PP kaynaklı rekor	153.000	18,73	0,05	1,78	0,33
15	1/2 PP dirsek	62.000	116,98	0,01	0,58	0,68
				2,55	100,00	21,53

	Açıklama	1999-2000 Yılları Arası Birim Fiyat Farkı(TL)	Fiyat Artış Yüzdesi	Borular İmalat Toplamında Etkime Yüzdesi	Diğer Malzemeler Grubu Toplamında Etkime Yüzdesi	Diğer Malzemeler Grubu Ağırlıklı Fiyat Artış Yüzdesi
	DİĞER MALZEMELER					
1	50 mm doğ. boru kel.	102.000	46,79	0,12	12,67	5,93
2	1/2 PP boru kelepçesi	18.000	66,67	0,01	0,94	0,63
3	50 mm tek tarafı dişli boru	500.000	66,67	0,17	17,43	11,62
4	M16x60 civata+somun	30.000	26,09	0,08	8,02	2,09
5	M6x30 civata+somun	- 15.000	-27,27	0,01	1,28	- 0,35
6	M8 çelik dübel	7.500	8,11	0,05	5,38	0,44
7	M8 rot	30.000	12,77	0,03	2,73	0,35
8	1/2" U-bult	50.000	58,82	0,01	0,99	0,58
9	0-16 bar manometre	1.000.000	33,33	0,17	17,43	5,81
10	5-16 bar druck şalter	1.500.000	26,32	0,32	33,13	8,72
				0,96	100,00	35,82

Tablo E.4 Elektrik imalat kalemlerinin 1998-1999 yılları arasındaki fiyat artış yüzdeleri ve ağırlıklı fiyat artış miktarları

	Açıklama	1998-1999 Yılları Arası Birim Fiyat Farkı(TL)	Fiyat Artış Yüzdesi	Elektrik İmalat Toplamında Etkime Yüzdesi	Kablolar Grubu Toplamında Etkime Yüzdesi	Kablolar Grubu Ağırlıklı Fiyat Artış Yüzdesi
	KABLOLAR					
1	Besleme hattı 4x2.5 mm2 NYY	121.526	55,55	2,05	11,85	6,58
2	Besleme hattı 3x1.5 mm2 NYY	61.646	44,67	0,69	3,99	1,78
3	Besleme hattı 4x1.5 mm2 NYY	77.654	47,09	0,74	4,29	2,02
4	Besleme hattı 14x1.5 mm2 NYY	209.005	20,48	5,60	32,42	6,64
5	Besleme hattı 2x0.75 mm2 Blendajlı	113.686	90,95	0,23	1,35	1,23
6	3x1.5 mm2 antigren kablo	153.216	92,31	0,57	3,30	3,04
7	7'lik galvaniz tava+kapak	1.058.500	79,29	0,83	4,82	3,82
8	7'lik galvaniz tava kelepçesi	50.000	34,48	0,18	1,05	0,36
9	10'luk galvaniz tava+kapak	1.680.000	118,31	1,33	7,69	9,10
10	10'luk galvaniz tava kelepçesi	50.000	34,48	0,27	1,57	0,54
11	20'lik galvaniz tava + kapak	2.030.000	93,55	2,30	13,32	12,46
12	20'lik galvaniz tava kelepçesi	50.000	34,48	0,31	1,78	0,61
13	20'lik tava askı ayağı	140.000	17,61	0,50	2,87	0,51
14	7'lik tava askı ayağı	110.000	17,60	0,20	1,13	0,20
15	Tava ek parçası	40.000	16,00	0,78	4,51	0,72
16	Tava bağlantı civatası+somun	2.800	18,67	0,28	1,62	0,30
17	Kablo klipsi	3.500	41,18	0,42	2,45	1,01
				17,29	100,00	50,93
	Açıklama	1998-1999 Yılları Arası Birim Fiyat Farkı(TL)	Fiyat Artış Yüzdesi	Elektrik İmalat Toplamında Etkime Yüzdesi	Pano Grubu Toplamında Etkime Yüzdesi	Pano Grubu Ağırlıklı Fiyat Artış Yüzdesi
	PANO VE ELEKTRİK MALZEMELERİ					
1	30x40 polyeşter pano	1.750.000	21,88	0,50	0,93	0,20
2	40x60 polyeşter pano	2.500.000	18,52	1,69	3,15	0,58
3	Pano	75.135.630	59,98	7,82	14,63	8,78
4	Mimik	105.028.300	59,98	10,93	20,46	12,27
5	3TF40/10 Kontaktör	1.395.360	23,46	1,49	2,78	0,65
6	3TF42/17 Kontaktör	2.115.500	23,32	1,13	2,12	0,49
7	3TF40/17 Kontaktör	1.945.000	23,32	3,12	5,85	1,36
8	380/220/24 VAC 300VA Trafo	13.000.000	108,33	0,75	1,40	1,52
9	1x10A pako şalter	229.000	36,88	0,23	0,44	0,16
10	1-1,6 Termik Röle	1.825.000	21,50	0,53	0,99	0,21
11	10-16 Termik Röle	1.825.000	21,50	0,53	0,99	0,21
12	1,6-2,5 Termik Röle	1.825.000	21,50	1,06	1,98	0,43
13	2,5-4A Termik Röle	1.825.000	21,50	0,53	0,99	0,21
14	6.3x10A Termik Röle	1.825.000	21,50	0,53	0,99	0,21
15	1x10A Kutup Değiştirici	90.000	8,91	0,63	1,18	0,11
16	Zaman rölesi	695.000	5,03	3,45	6,45	0,32
17	Finder röle	750.000	17,65	5,30	9,93	1,75
18	3x6A W Otomat	1.470.000	27,58	1,33	2,49	0,69
19	3x16A W Otomat	1.470.000	27,58	0,33	0,62	0,17
20	3x20A W Otomat	1.470.000	27,58	0,33	0,62	0,17
21	1x6A W Otomat	550.000	44,00	0,08	0,15	0,06
22	2x16A W Otomat	1.300.000	45,61	0,18	0,33	0,15
23	2x10A W Otomat	1.300.000	45,61	0,36	0,67	0,30
24	1x10A W Otomat	550.000	44,00	0,39	0,73	0,32
25	1x16A W Otomat	550.000	44,00	0,08	0,15	0,06
26	M8 kendinden çekmeli çelik dübel	55.000	146,67	0,23	0,44	0,64
27	110x180 buat	1.128.000	94,00	0,15	0,28	0,26

4	1x1.6A Termik Röle	1.825.000	21,50	0,53	7,16	1,54
5	1x10A Kutup Değiştirici	90.000	8,91	0,13	1,70	0,15
6	Finder röle	750.000	17,65	1,33	17,91	3,16
7	3x6A W Otomat	1.470.000	27,58	0,33	4,49	1,24
8	3x10A W Otomat	1.470.000	27,58	0,67	8,99	2,48
9	3x16A W Otomat	1.470.000	27,58	0,33	4,49	1,24
10	3x16 pako şalter	229.000	36,88	0,04	0,52	0,19
11	Faz lambası	350.000	46,67	0,14	1,90	0,89
12	1x25A pako şalter	229.000	36,88	0,04	0,52	0,19
13	Ray klemens	75.000	28,85	0,32	4,38	1,26
14	Buton	800.000	44,44	0,22	3,04	1,35
15	110x180 buat	1.128.000	94,00	0,07	1,01	0,95
16	110x110 buat	404.000	53,16	0,05	0,64	0,34
17	22 buat rekoru	21.400	25,00	0,08	1,08	0,27
				7,40	100,00	24,73
	Açıklama	1998-1999 Yılları Arası Birim Fiyat Farkı(TL)	Fiyat Artış Yüzdesi	Elektrik İmalat Toplamında Etkime Yüzdesi	Kontrol Cihazları Grubu Toplamında Etkime Yüzdesi	Kontrol Cihazları Grubu Ağırlıklı Fiyat Artış Yüzdesi
	KONTROL CİHAZLARI					
1	Seviye Flatörü	2.832.976	49,89	0,35	100,00	49,89
				0,35	100,00	49,89

Tablo E.5 Elektrik imalat kalemlerinin 1999-2000 yılları arasındaki fiyat artış yüzdeleri ve ağırlıklı fiyat artış miktarları

	Açıklama	1999-2000 Yılları Arası Birim Fiyat Farkı(TL)	Fiyat Artış Yüzdesi	Elektrik İmalat Toplamında Etkime Yüzdesi	Kablolar Grubu Toplamında Etkime Yüzdesi	Kablolar Grubu Ağırlıklı Fiyat Artış Yüzdesi
	KABLOLAR					
1	Besleme hattı 4x2.5 mm2 NYY	237.944	69,93	2,25	12,21	8,54
2	Besleme hattı 3x1.5 mm2 NYY	138.354	69,30	0,71	3,82	2,65
3	Besleme hattı 4x1.5 mm2 NYY	167.424	69,02	0,77	4,18	2,88
4	Besleme hattı 14x1.5 mm2 NYY	691.560	56,25	4,78	25,88	14,56
5	Besleme hattı 2x0.75 mm2 Blendajlı	46.314	19,40	0,32	1,71	0,33
6	3x1.5 mm2 antigron kablo	60.800	19,05	0,78	4,20	0,80
7	7'lik galvaniz tava+kapak	3.426.500	143,16	1,06	5,73	8,20
8	7'lik galvaniz tava kelepçesi	58.000	29,74	0,17	0,93	0,28
9	10'luk galvaniz tava+kapak	3.010.000	97,10	2,05	11,12	10,80
10	10'luk galvaniz tava kelepçesi	58.000	29,74	0,26	1,40	0,42
11	20'lik galvaniz tava + kapak	3.100.000	73,81	3,15	17,08	12,61
12	20'lik galvaniz tava kelepçesi	58.000	29,74	0,29	1,59	0,47
13	20'lik tava askı ayağı	165.000	17,65	0,41	2,24	0,39
14	7'lik tava askı ayağı	120.000	16,33	0,16	0,88	0,14
15	Tava ek parçası	60.000	20,69	0,64	3,47	0,72
16	Tava bağlantı civatası+somun	3.200	17,98	0,24	1,28	0,23
17	Kablo klipsi	6.000	50,00	0,42	2,30	1,15
				18,47	100,00	65,16
	PANO VE ELEKTRİK MALZEMELERİ					
1	30x40 polyester pano	6.750.000	69,23	0,43	0,82	0,56
2	40x60 polyester pano	11.200.000	70,00	1,41	2,68	1,87
3	Pano	93.140.430	46,48	8,85	16,77	7,79
4	Mimik	130.196.300	46,48	12,37	23,44	10,89
5	3TF40/10 Kontaktör	7.056.000	96,08	1,30	2,46	2,36
6	3TF42/17 Kontaktör	10.687.500	95,53	0,99	1,87	1,79
7	3TF40/17 Kontaktör	9.815.000	95,43	2,73	5,16	4,93
8	380/220/24 VAC 300VA Trafo	7.500.000	30,00	1,10	2,09	0,63
9	1x10A pako şalter	1.130.000	132,94	0,23	0,43	0,57
10	1-1,6 Termik Röle	9.485.000	91,95	0,46	0,86	0,79
11	10-16 Termik Röle	9.485.000	91,95	0,46	0,86	0,79
12	1,6-2,5 Termik Röle	9.485.000	91,95	0,91	1,73	1,59
13	2,5-4A Termik Röle	9.485.000	91,95	0,46	0,86	0,79
14	6,3x10A Termik Röle	9.485.000	91,95	0,46	0,86	0,79
15	1x10A Kutup Değiştirici	880.000	80,00	0,49	0,92	0,74
16	Zaman rölesi	15.500.000	106,90	2,56	4,85	5,19
17	Finder röle	4.000.000	80,00	4,42	8,37	6,69
18	3x6A W Otomat	7.140.000	105,00	1,20	2,28	2,39
19	3x16A W Otomat	7.140.000	105,00	0,30	0,57	0,60
20	3x20A W Otomat	7.140.000	105,00	0,30	0,57	0,60
21	1x6A W Otomat	950.000	52,78	0,08	0,15	0,08
22	2x16A W Otomat	1.100.000	26,51	0,18	0,35	0,09
23	2x10A W Otomat	1.100.000	26,51	0,37	0,69	0,18

24	1x10A W Otomat		950.000	52,78	0,40	0,75	0,40
25	1x16A W Otomat		950.000	52,78	0,08	0,15	0,08
26	M8 kendinden çekmeli çelik dübel		7.500	8,11	0,41	0,77	0,06
27	110x180 buat		766.000	32,90	0,21	0,39	0,13
28	110x110 buat		86.000	7,39	0,26	0,49	0,04
29	22 buat rekoru		19.000	17,76	0,17	0,31	0,06
30	Voltmetre ve komitatör		4.100.000	18,89	0,96	1,82	0,34
31	Buton		650.000	25,00	0,23	0,44	0,11
32	Anastör		2.000.000	20,00	0,44	0,84	0,17
33	Led diyotlar		2.000.000	20,00	0,44	0,84	0,17
34	Alarm ve çalışma kartı		7.000.000	20,00	1,55	2,93	0,59
35	Köprü diyot		500.000	27,78	0,08	0,15	0,04
36	Faz lambası		100.000	9,09	0,15	0,28	0,03
37	Alarm kornası		5.500.000	55,00	0,44	0,84	0,46
38	Ray klemens		43.260	26,58	0,32	0,60	0,16
39	Ray klemens		29.820	26,58	0,24	0,45	0,12
40	Ray klemens		90.000	26,87	0,21	0,39	0,11
41	Sarf malzeme		25.000.000	71,43	1,55	2,93	2,09
42	125 W balanslı armatür		1.327.500	17,65	1,00	1,89	0,33
43	Etaş armatür		1.438.500	17,65	1,44	2,73	0,48
44	Anahtar		185.500	33,33	0,12	0,23	0,08
45	Priz		275.100	42,86	0,06	0,11	0,05
46	Otomat kutusu		124.600	25,00	0,02	0,04	0,01
					52,79	100,00	58,81
	Açıklama	1999-2000 Yılları Arası Birim Fiyat Farkı(TL)	Fiyat Artış Yüzdesi	Elektrik İmalat Toplamında Etkime Yüzdesi	Kontrol Cihazları Grubu Toplamında Etkime Yüzdesi	Kontrol Cih. Grubu Ağırlıklı Fiyat Artış Yüzdesi	
	KONTROL CİHAZLARI						
1	Seviye Flatörü	2.967.648	34,87	4,14	24,81	8,65	
2	pH metre	68.150.000	24,02	12,53	75,19	18,06	
				16,67	100,00	26,71	
ÇAMUR GRUBU							
	Açıklama	1999-2000 Yılları Arası Birim Fiyat Farkı(TL)	Fiyat Artış Yüzdesi	Elektrik İmalat Toplamında Etkime Yüzdesi	Kablolar Grubu Toplamında Etkime Yüzdesi	Kablolar Grubu Ağırlıklı Fiyat Artış Yüzdesi	
	KABLOLAR						
1	Besleme hattı 3x1.5 mm2 NYY	138.354	69,30	0,26	5,13	3,55	
2	Besleme hattı 4x1.5 mm2 NYY	167.424	69,02	0,38	7,27	5,02	
3	7'lik galvaniz tava+kapak	3.426.500	143,16	3,17	61,50	88,04	
4	7'lik galvaniz tava kelepçesi	58.000	29,74	0,52	10,02	2,98	
5	7'lik tava askı ayağı	120.000	16,33	0,32	6,29	1,03	
6	Tava ek parçası	60.000	20,69	0,32	6,21	1,28	
7	Tava bağlantı civatası+somun	3.200	17,98	0,08	1,52	0,27	
8	Kablo klipsi	6.000	50,00	0,11	2,06	1,03	
				5,16	100,00	103,20	
	Açıklama	1999-2000 Yılları Arası Birim Fiyat Farkı(TL)	Fiyat Artış Yüzdesi	Elektrik İmalat Toplamında Etkime Yüzdesi	Pano Grubu Toplamında Etkime Yüzdesi	Pano Grubu Ağırlıklı Fiyat Artış Yüzdesi	
	PANO ve ELEKTRİK MALZEMELERİ						
1	30x40 polyester pano	6.750.000	69,23	0,43	6,59	4,56	
2	3TF40/17 Kontaktör	9.815.000	95,43	1,36	20,86	19,90	

3	2,5-4A Termik Röle	9.485.000	91,95	0,91	13,94	12,82
4	1x1.6A Termik Röle	9.485.000	91,95	0,46	6,97	6,41
5	1x10A Kutup Değiştirici	880.000	80,00	0,10	1,49	1,19
6	Finder röle	4.000.000	80,00	1,10	16,90	13,52
7	3x6A W Otomat	7.140.000	105,00	0,30	4,60	4,83
8	3x10A W Otomat	7.140.000	105,00	0,60	9,19	9,65
9	3x16A W Otomat	7.140.000	105,00	0,30	4,60	4,83
10	3x16 pako şalter	1.130.000	132,94	0,04	0,57	0,76
11	Faz lambası	100.000	9,09	0,15	2,23	0,20
12	1x25A pako şalter	1.130.000	132,94	0,04	0,57	0,76
13	Ray klemens	90.000	26,87	0,30	4,53	1,22
14	Buton	650.000	25,00	0,23	3,51	0,88
15	110x180 buat	766.000	32,90	0,10	1,57	0,52
16	110x110 buat	86.000	7,39	0,05	0,79	0,06
17	22 buat rekoru	19.000	17,76	0,07	1,08	0,19
				6,54	100,00	82,30
	Açıklama	1999-2000 Yılları Arası Birim Fiyat Farkı(TL)	Fiyat Artış Yüzdesi	Elektrik İmalat Toplamında Etkime Yüzdesi	Kontrol Cihazları Grubu Toplamında Etkime Yüzdesi	Kontrol Cihazları Grubu Ağırlıklı Fiyat Artış Yüzdesi
	KONTROL CİHAZLARI					
1	Seviye Flatörü	2.967.648	34,87	0,38	100,00	34,87
				0,38	100,00	34,87

ÖZGEÇMİŞ

Gamze ERDİNÇ, 1976 yılında İstanbul’ da doğdu. Büyükçekmece Lisesi’ni 1993 yılında bitirerek aynı yıl girdiği YTÜ Çevre Mühendisliği Bölümü’ nden 1997 yılında mezun olarak Çevre Mühendisi ünvanını aldı. Aynı yıl İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı’ nda Yüksek Lisans çalışmalarına başladı. Halen BİOKON ARITMA SİSTEMLERİ ve EKİPMANLARI SAN. TİC. LTD. ŞTİ.’nde teklif ve proje bölümünde Çevre Mühendisi olarak çalışmaktadır.

