

Membran Prosesler ve Oluşacak Atık Suyun Bertarafı

Prof. Dr. Ülkü Yetiş

ODTÜ

Çevre Mühendisliği Bölümü

IV. OSB ÇEVRE ZİRVESİ
Bursa, 27-29 Mayıs 2016

İçerik

- **Membran Filtrasyon Prosesleri**
- **Atıksu Geri Kazanımı**
- **İşletme Problemleri**
 - **Konsantre**
 - **Tıkanma**
- **Öncelikli-Belirli Kirleticilerin Kontrolü**

Membran Filtrasyon Prosesleri

Ne Zaman?

- Proses suyu için ciddi ücretler ödüyorsanız
- Ciddi miktarlarda atıksu deşarj ediyorsanız
- Atıksularınızda sizin ya da başkalarının kullanabileceği geri kazanılabilir maddeler varsa

Membran separasyon prosesleri sizin için ciddi bir opsiyondur!

Membran Filtrasyon; Hangi Amaçla?

- Konsantre etmek
- Arıtmak
- Bileşenlerine ayırmak

Membran Filtrasyon

- Her ölçek tesiste

- Uygulanabilir

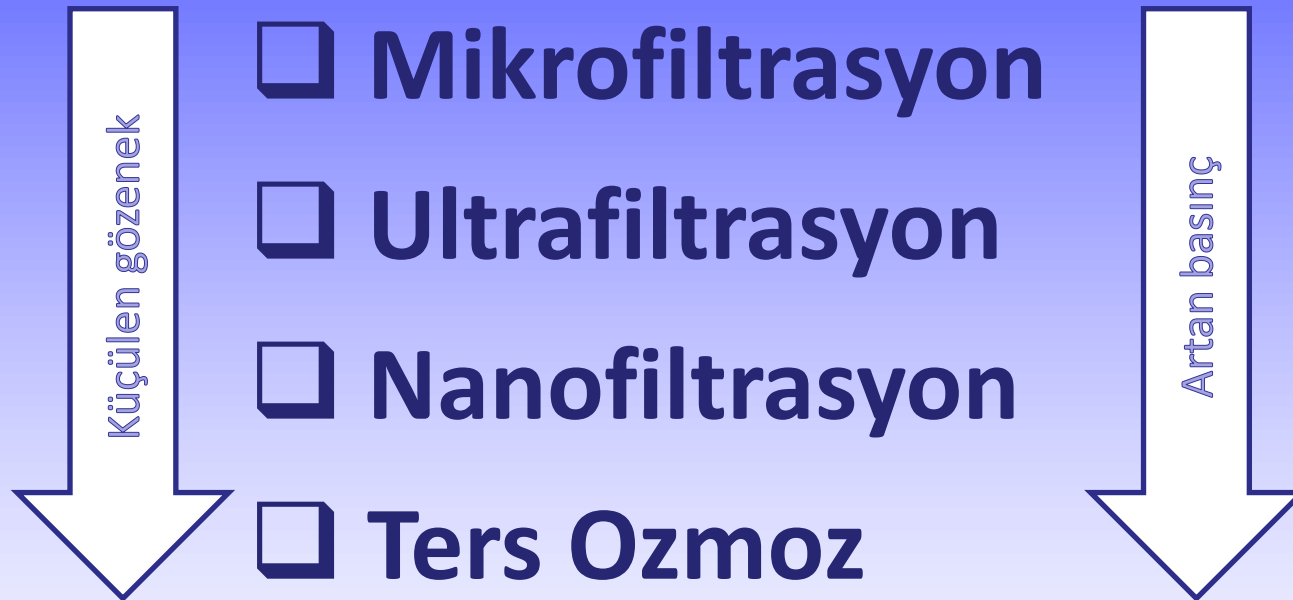
- Esnek

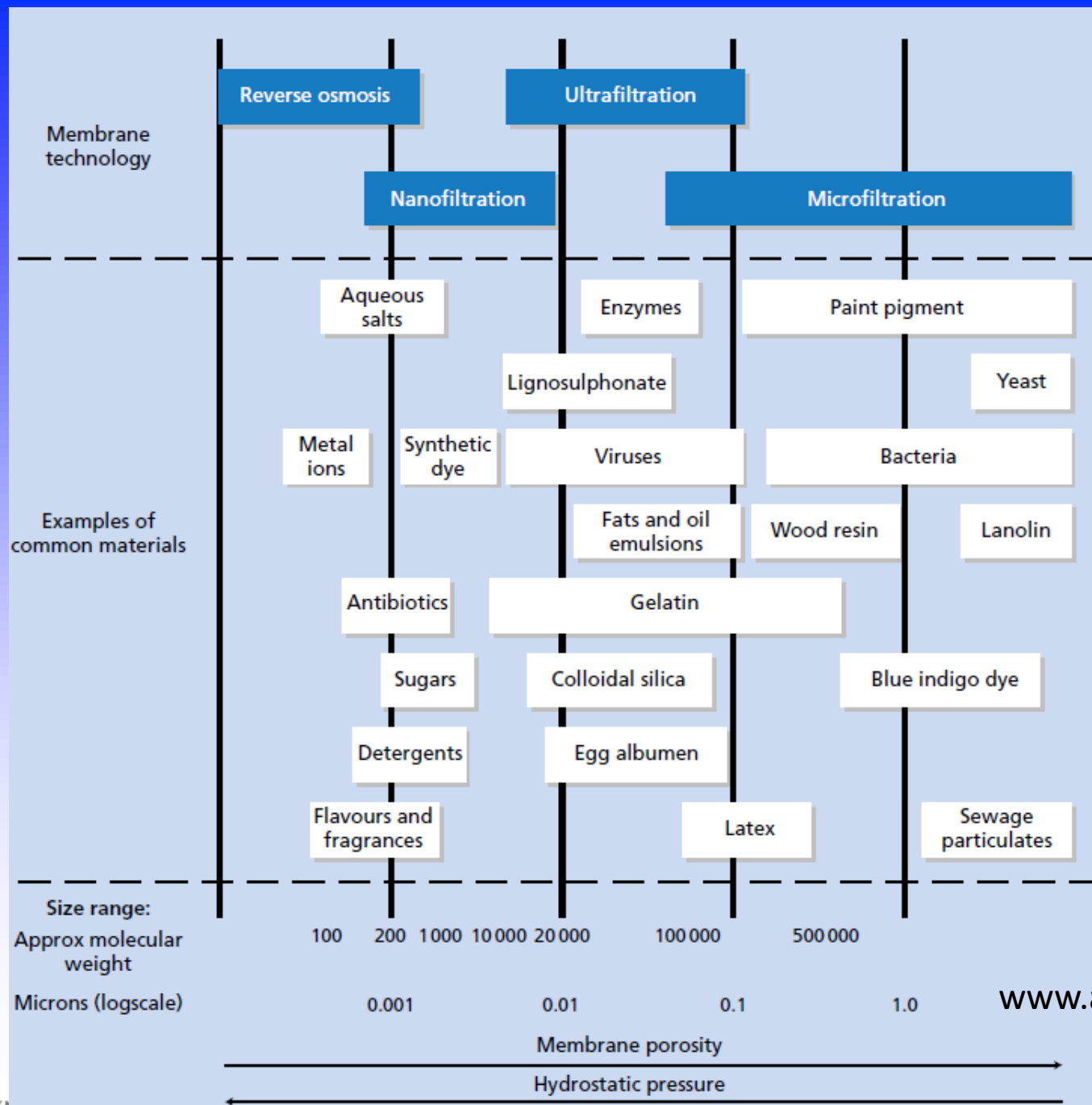
Membran Filtrasyon

**Eğer doğru proses seçimi
(membran ve membran alanı)
yapılırsa;**

- Ekonomik getirisi yüksek!**
- Sürdürülebilir!**

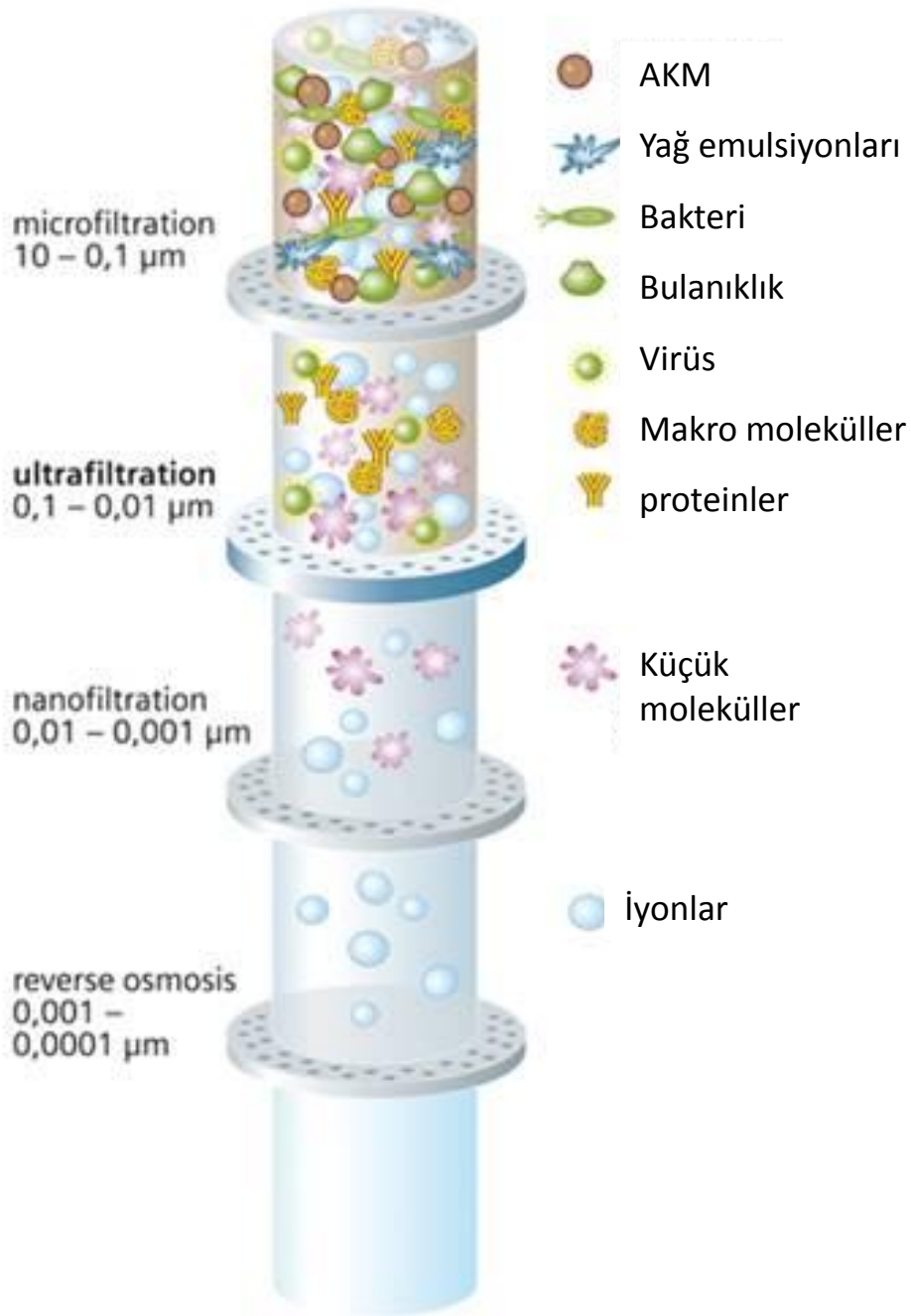
Membran Prosesleri





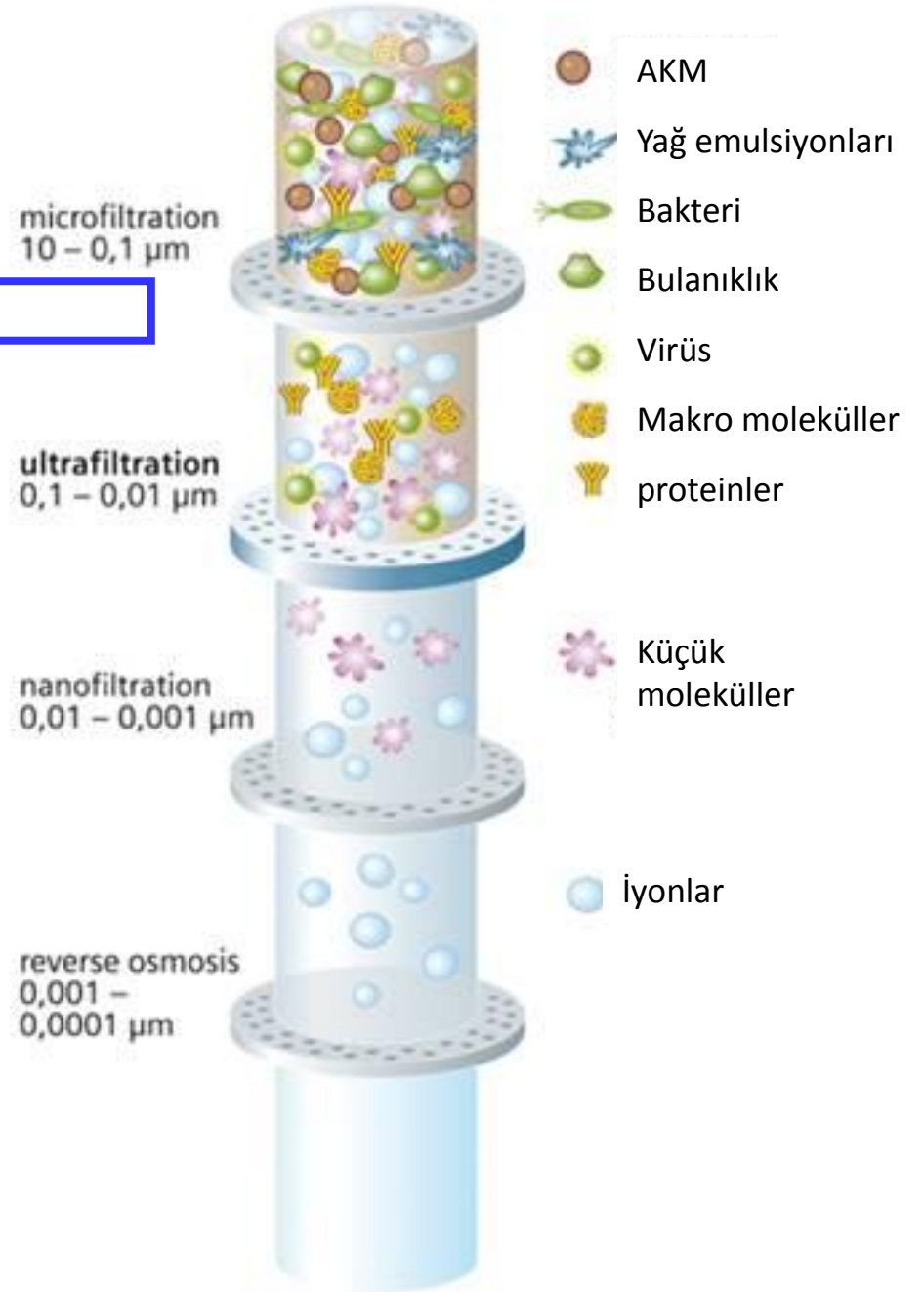
www.accepta.com





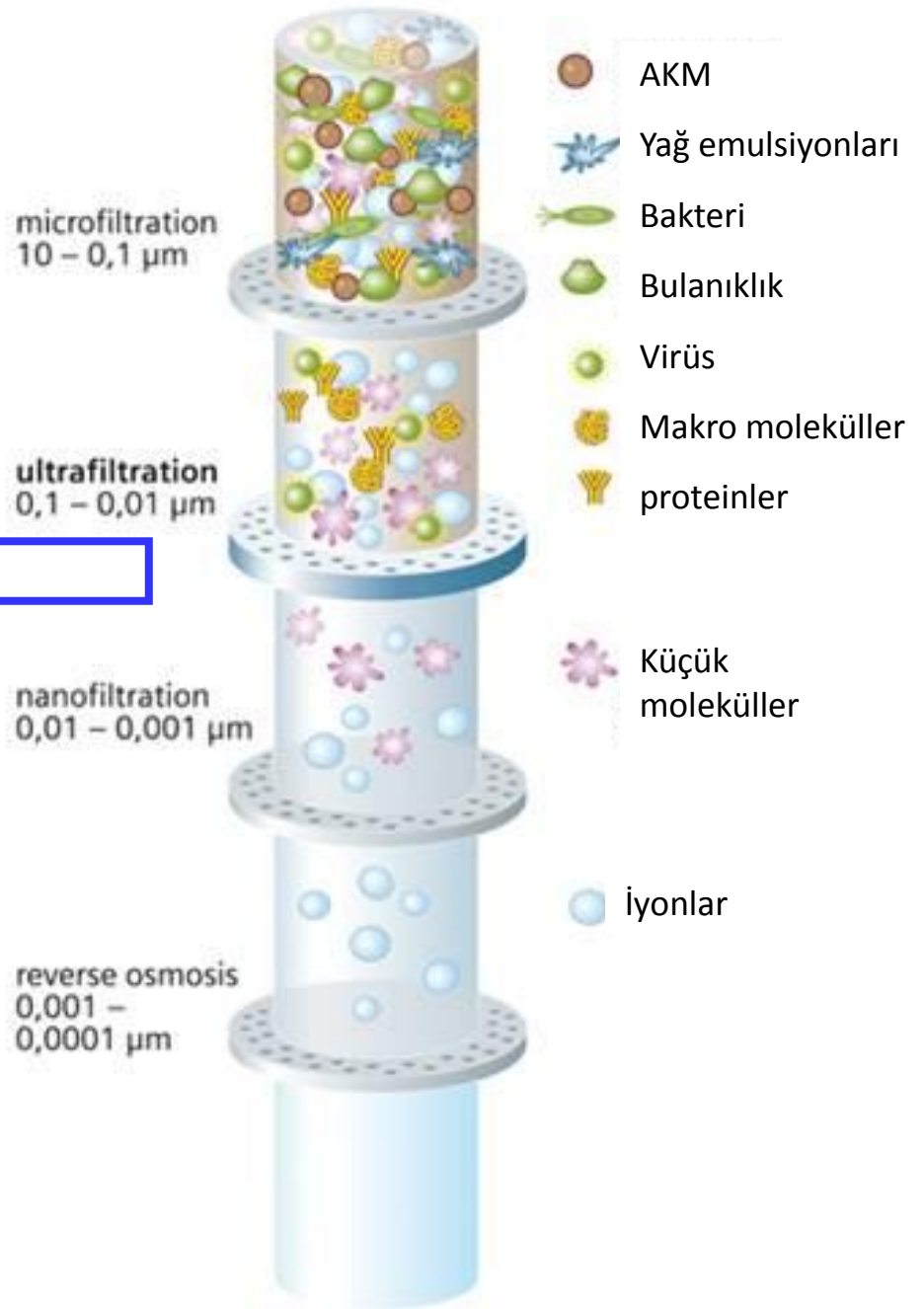
MF: Özellikleri

Mod	Çapraz-akış, dead-end
Basınç	1-4 bar
Mekanizma	Fiziksel ayırım
Ayırım aralığı	Katı/sıvı 0.1-10 μm
Konfigürasyon	Spiral wound, hollow fiber, tubular, inorganik



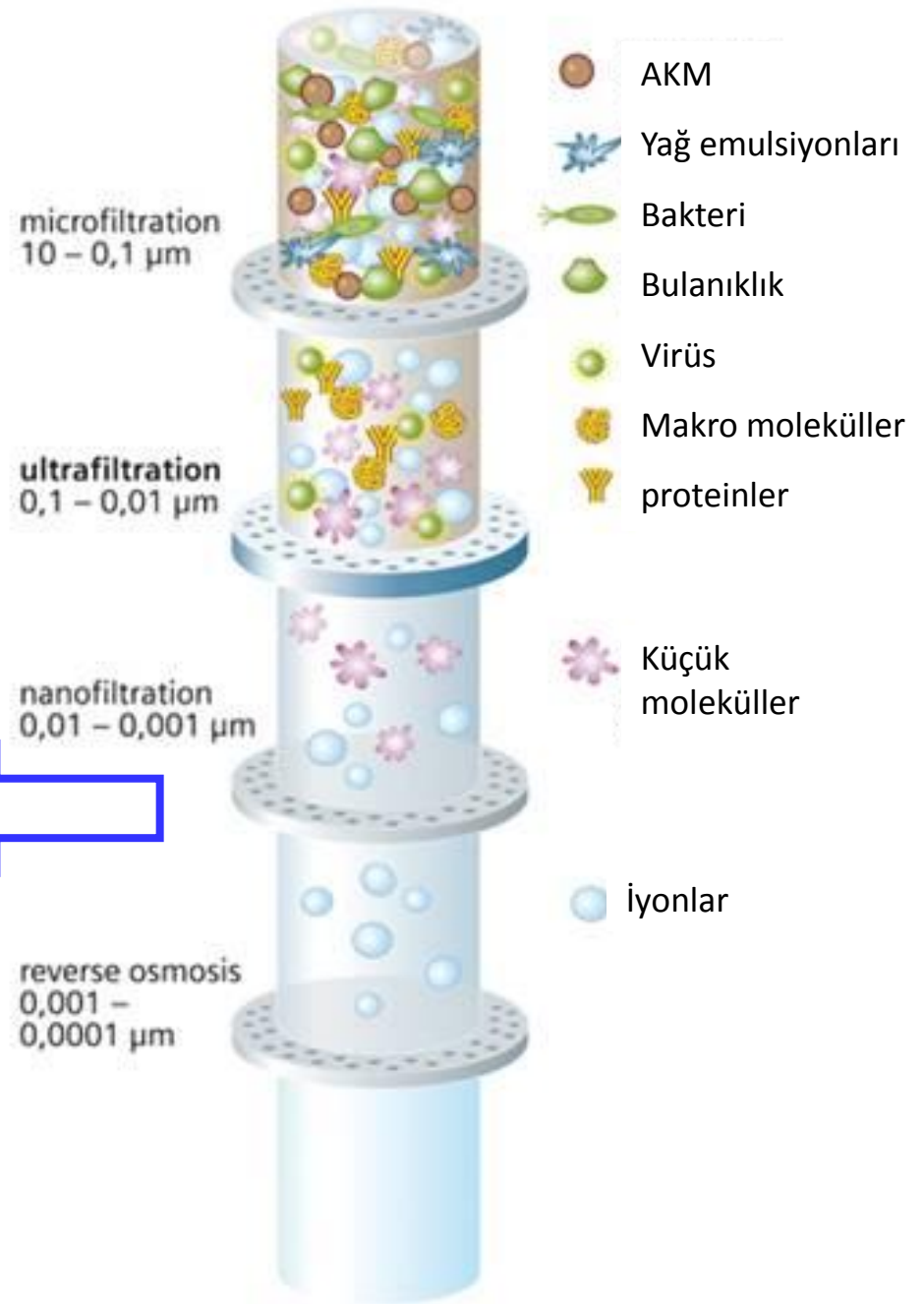
UF; Özellikleri

Mod	Çapraz-akış
Basınç	1-10 bar
Mekanizma	Fiziksel ayırım, adsorpsiyon
Ayırım aralığı	Katı/sıvı: 0.01-0.1 μm Çözelti: 10 000 - 200 000 MW
Konfigürasyon	Spiral wound, hollow fiber, tubular, inorganik



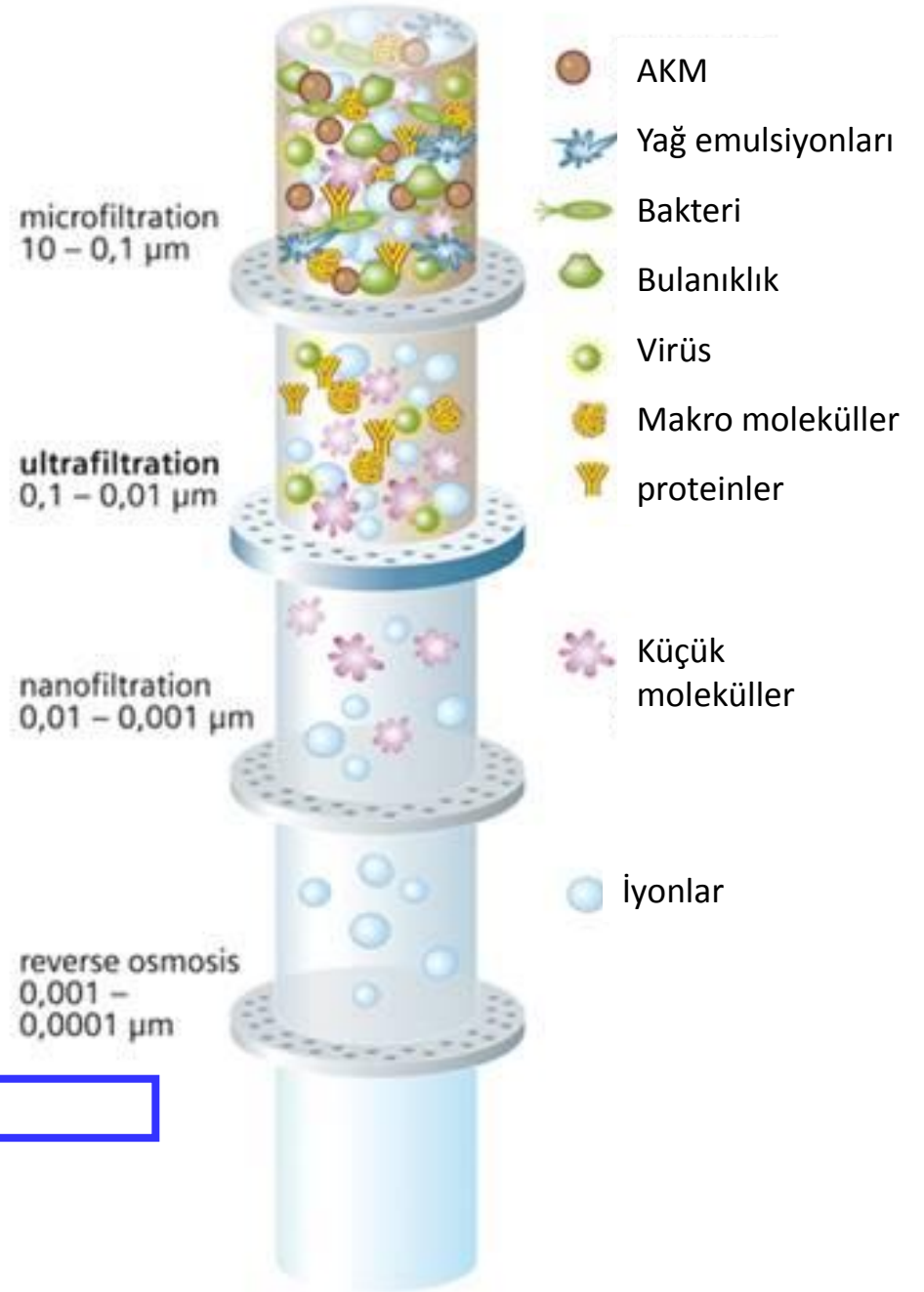
NF: Özellikleri

Mod	Çapraz-akış
Basınç	20-40 bar
Mekanizma	Çözünürlük/difüzyon
Ayırım aralığı	Katı/sıvı: 0.001-0.01 μm Çözelti: 200 - 20 000 MW
Konfigürasyon	Spiral wound, tubular



TO; Özellikleri

Mod	Çapraz-akış
Basınç	15-60 bar
Mekanizma	Çözünürlük/difüzyon
Ayırım aralığı	Katı/sıvı: $< 0.001 \mu\text{m}$ Çözelti: < 500
Konfigürasyon	Spiral wound, tubular



Membranlar

- Tubular ya da düz tabaka membranlar
- MODÜL'ler

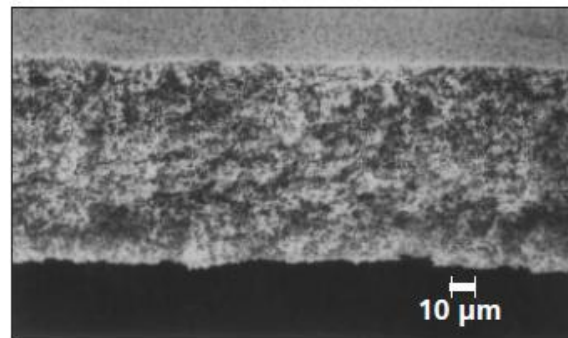


Fig 7 Symmetrical membrane cross-section

Photograph courtesy of KALSEP Ltd

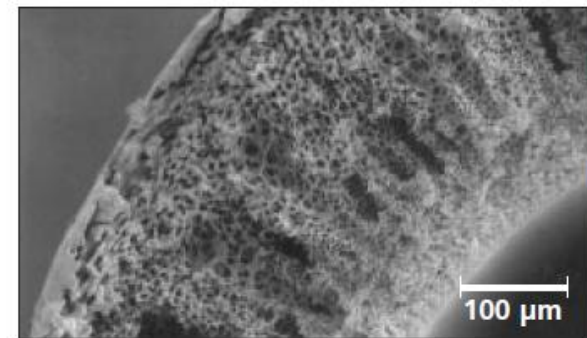


Fig 8 Asymmetrical membrane cross-section

Photograph courtesy of KALSEP Ltd

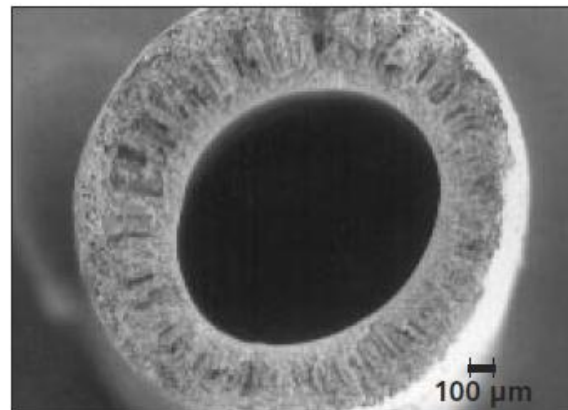


Fig 9 Hollow-fibre asymmetrical membrane cross-section

Photograph courtesy of KALSEP Ltd

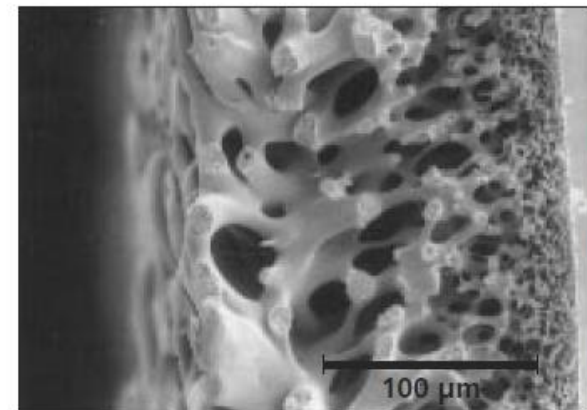
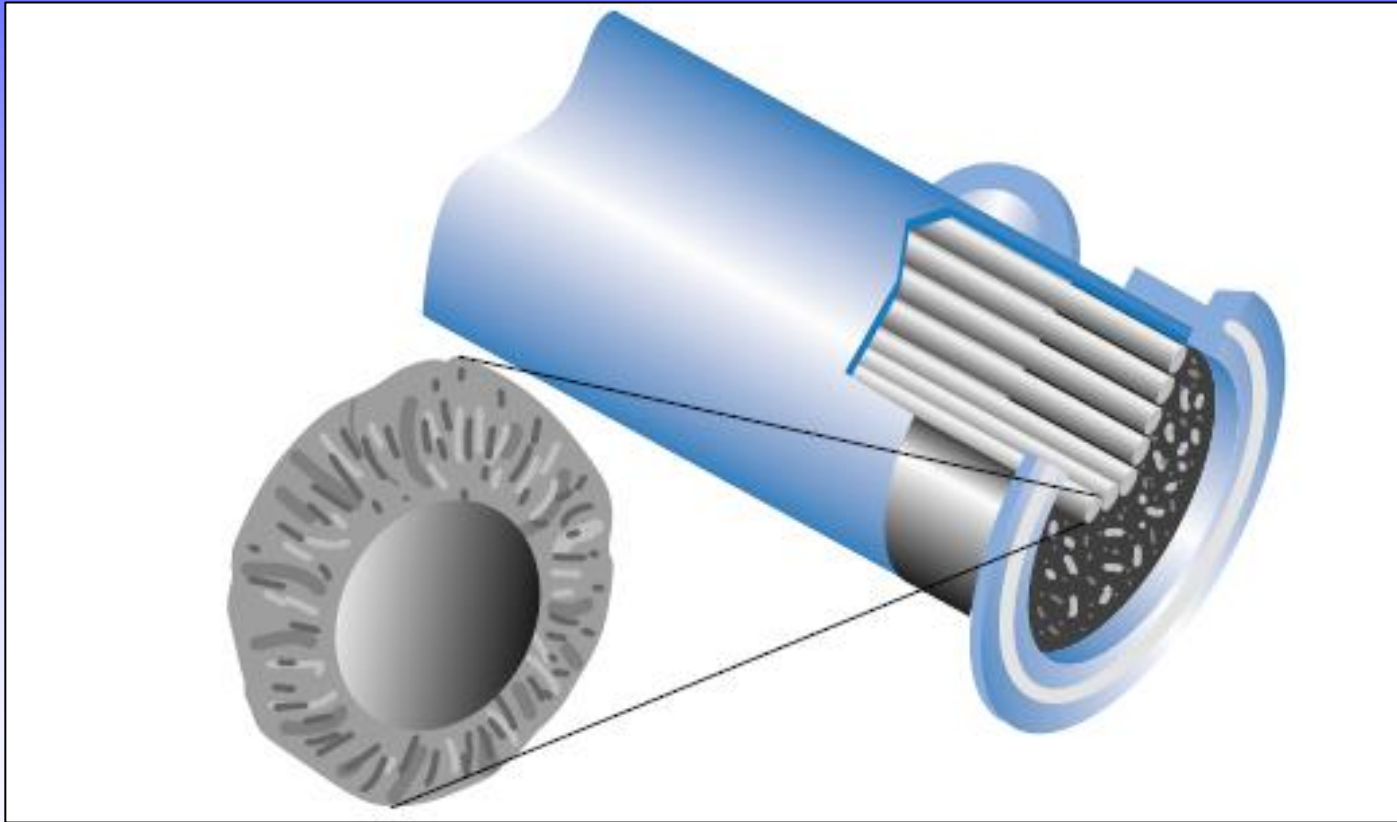


Fig 10 Flat sheet asymmetrical membrane cross-section

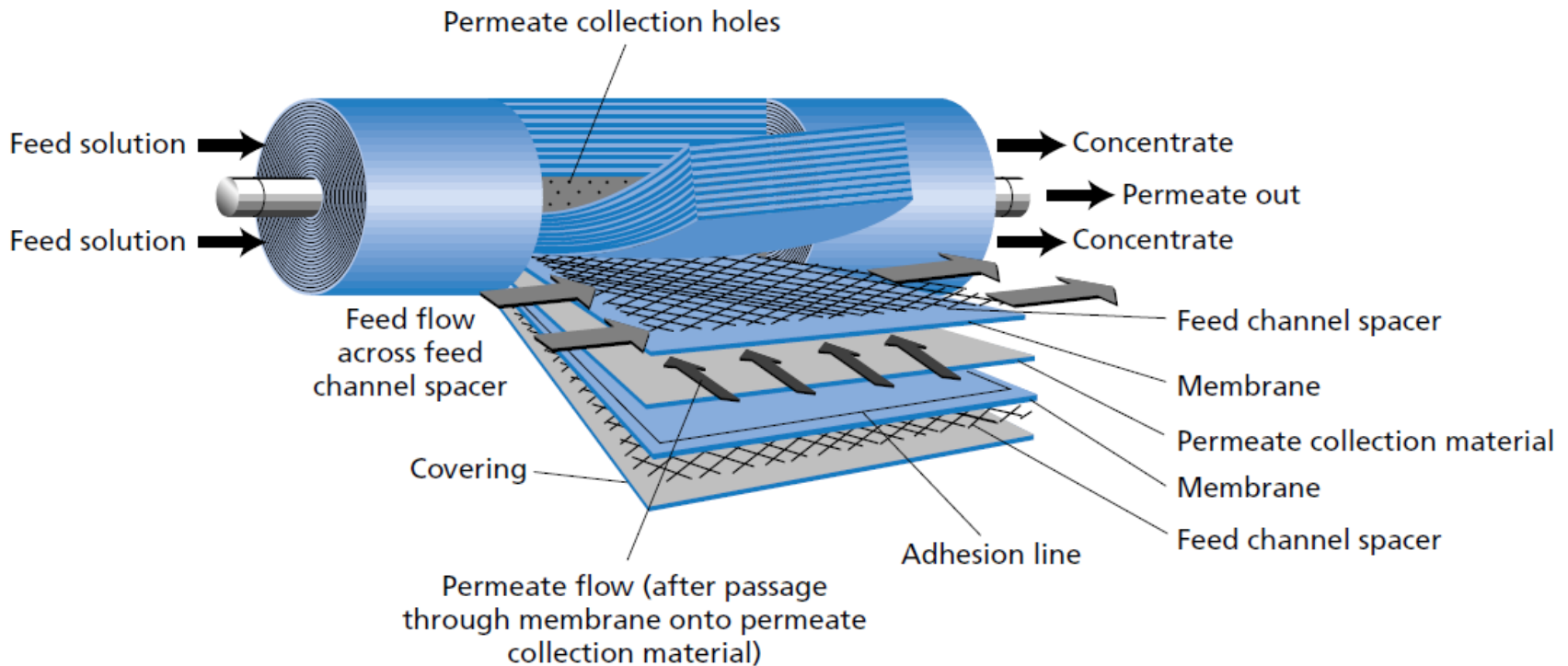
Photograph courtesy of KALSEP Ltd

Hollow Fiber Modül



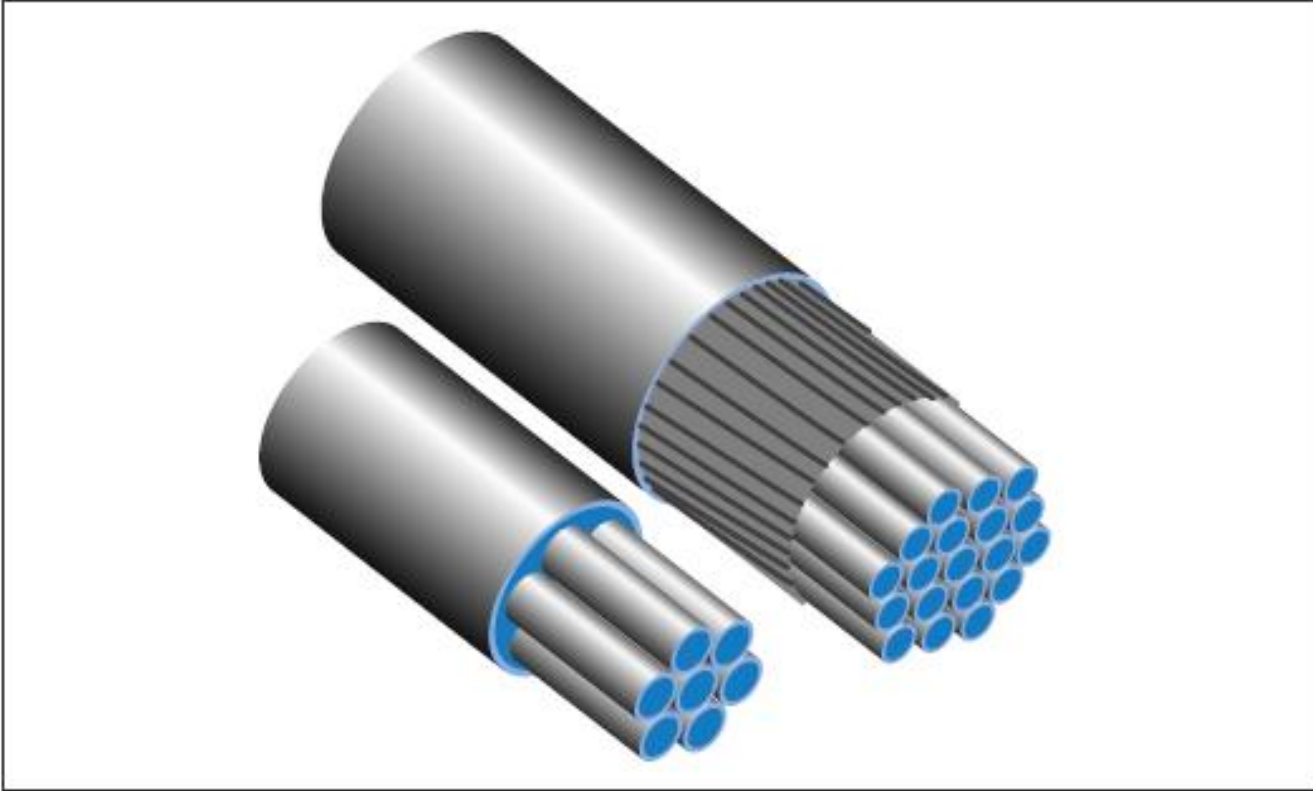
www.accepta.com

Spiral-Sargılı Modül



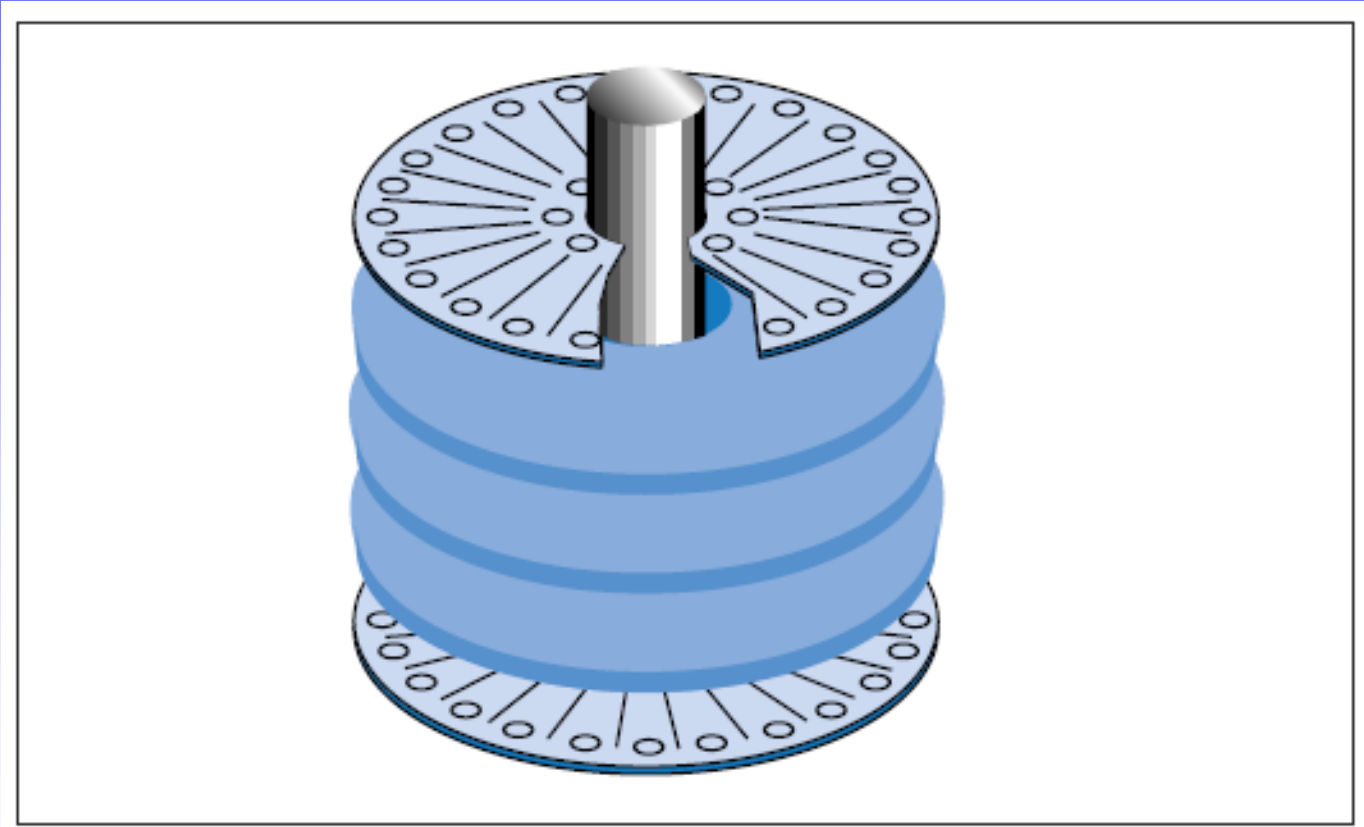
www.accepta.com

Çok Tüplü Modül



www.accepta.com

Plaka ve Çerçeveseli Modül



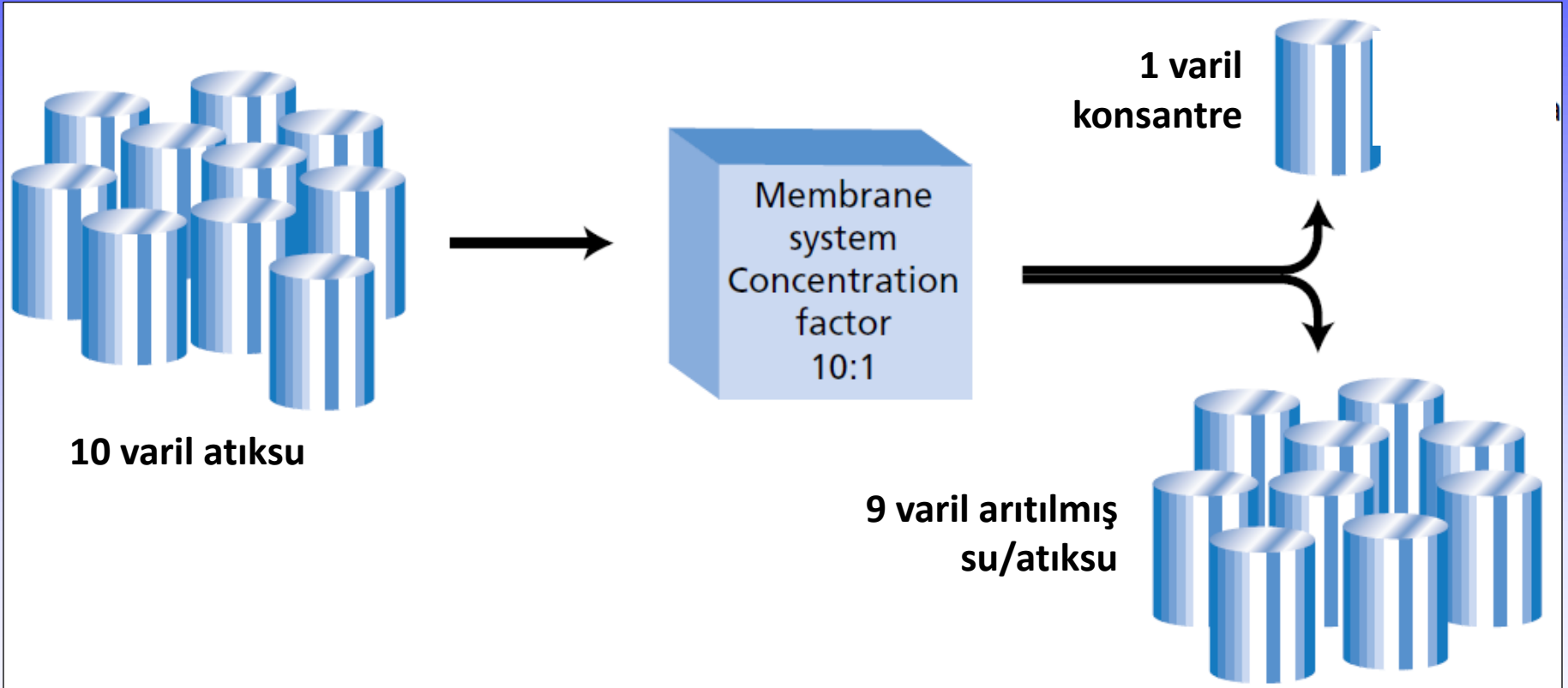
www.accepta.com

Membran Prosesleri

En önemli tasarım
parametresi

Akı
(m³/sa-m²)

Çapraz Akış Membran Filtrasyon



www.accepta.com

Yaygın Uygulamalar

Modül Tipi	Modül densite, m ² /m ³	Yaygın uygulama	Yatırım Maliyeti
Hollow-fiber	600-1200	Çapraz akış UF	Düşük
Çoklu tüplü	<100	Çapraz akış, yüksek katı madde	Çok yüksek
Spiral-sargılı	300-1000	Çapraz akış UF, NF, RO, gaz ayırımı	Düşük
Plaka ve çerçeveseli	100-600	RO, gaz ayırımı	Yüksek

Besleme Basıncı ve % Kazanım

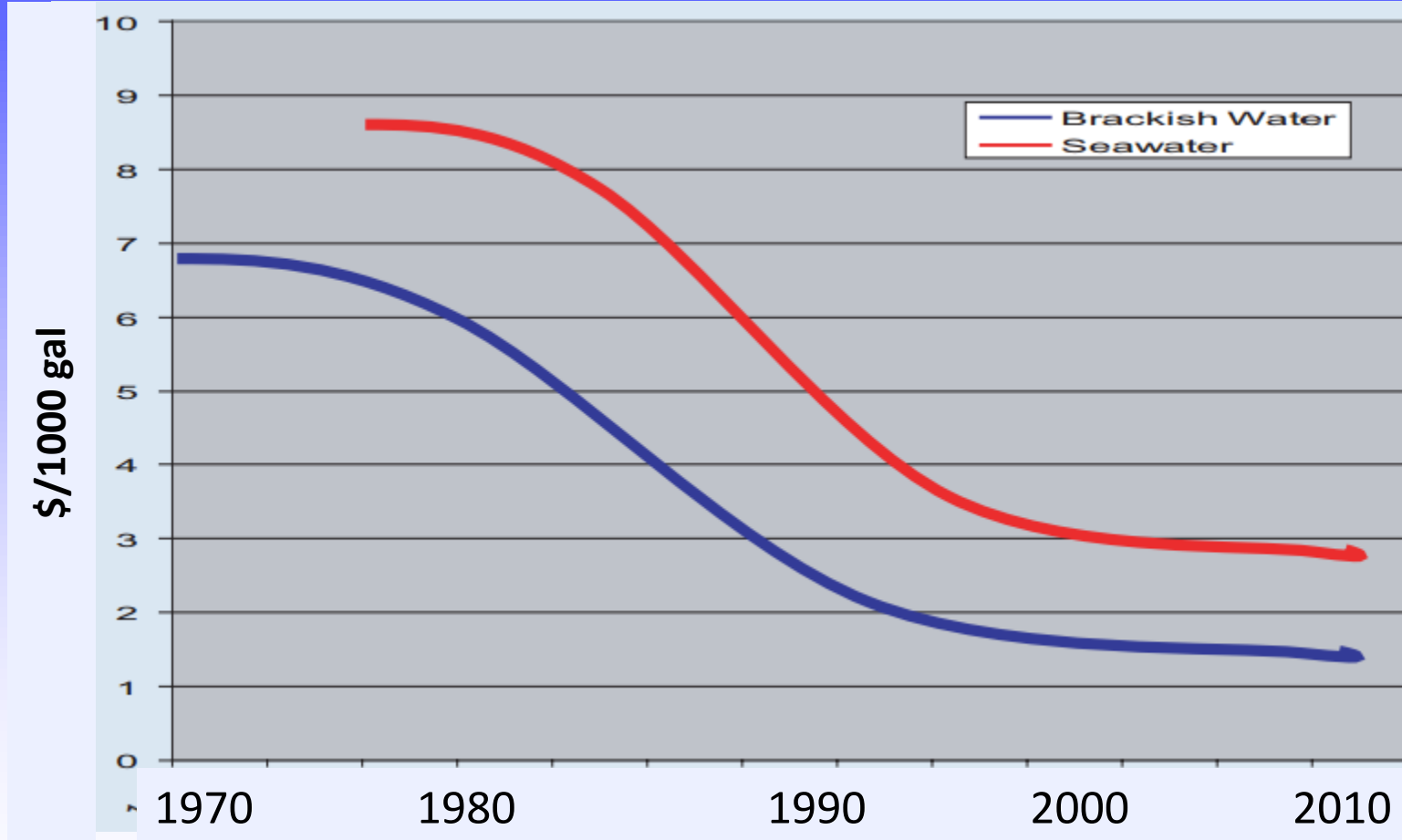
Membran Prosesi	ΔP_{top} , kPa	Kazanım (%) ^(a)
Microfiltrasyon	10 to 100	90 to 99+
Ultrafiltrasyon	50 to 300	85 to 95+
Nanofiltrasyon	200 to 1500	75 to 90+
Ters Ozmoz	500 to 8000	60 to 90

^(a) Arıtılmış su hacminin, giren su hacmine oranı

Dezavantajlar

- Doğru membran seçimi önemli
- Düşük seçicilik
- Kirlenme-Tıkanma
- Membran ömrü
- Yüksek ilk yatırım (ve işletme) maliyeti
- Bazı atıksular için uygulanabilir olmayabilir (yüksek tıkanma riski olan)

Maliyet Düşüşü



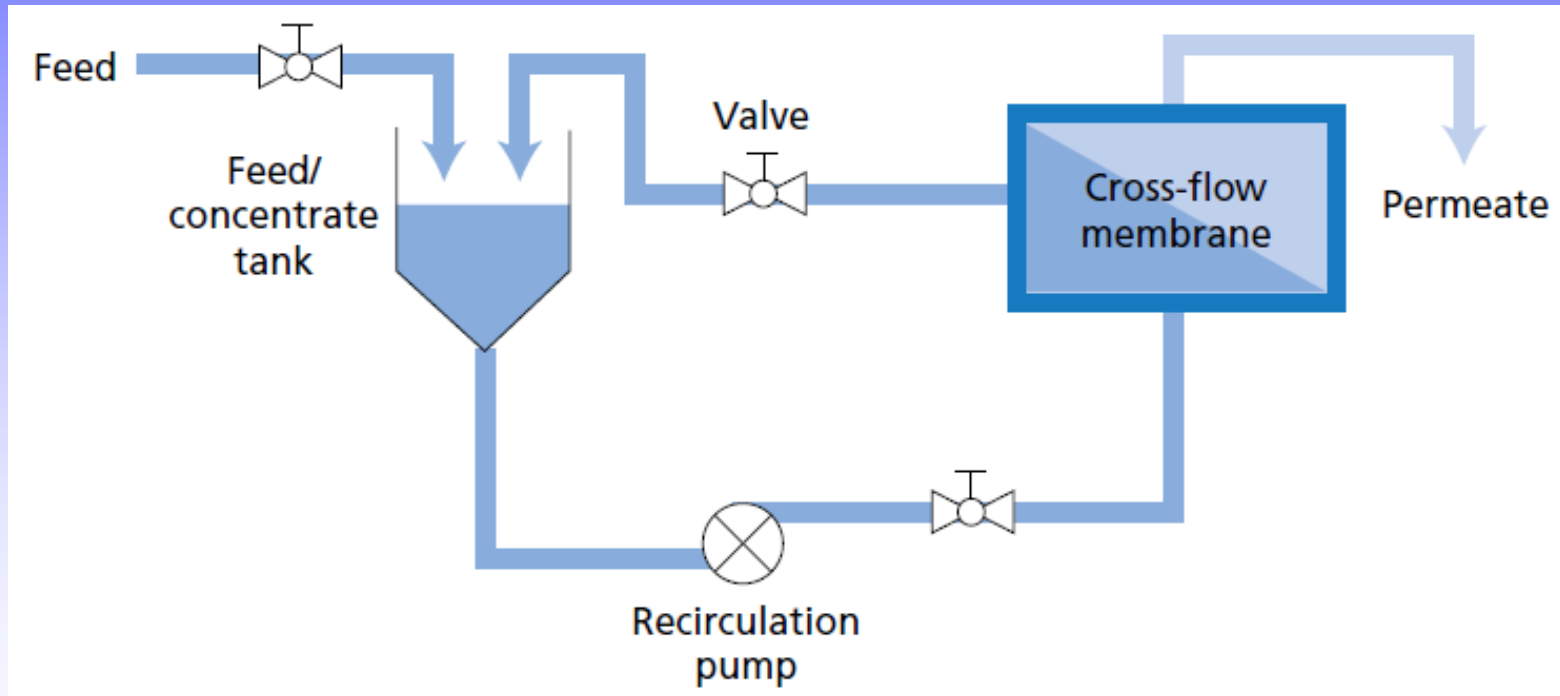
http://www.amtaorg.com/wp-content/uploads/6_MembraneDesalinationCosts.pdf

Avantajlar

- Çok çeşitli proseslere uygulanabilirlik
- Fiziksel ayırma
- Sürekli veya gerektiğinde operasyonel
- Kimyasal formu değişmeden geri kazanımı
- Ekipman modüler ve kompakt tasarım
- Diğer arıtma sistemleri ile kolay entegrasyon
- Tek ve çoklu aşamada uygulanabilir
- Çıkış su kalitesi genellikle girişten bağımsız

Membran Konfüğürasyonları

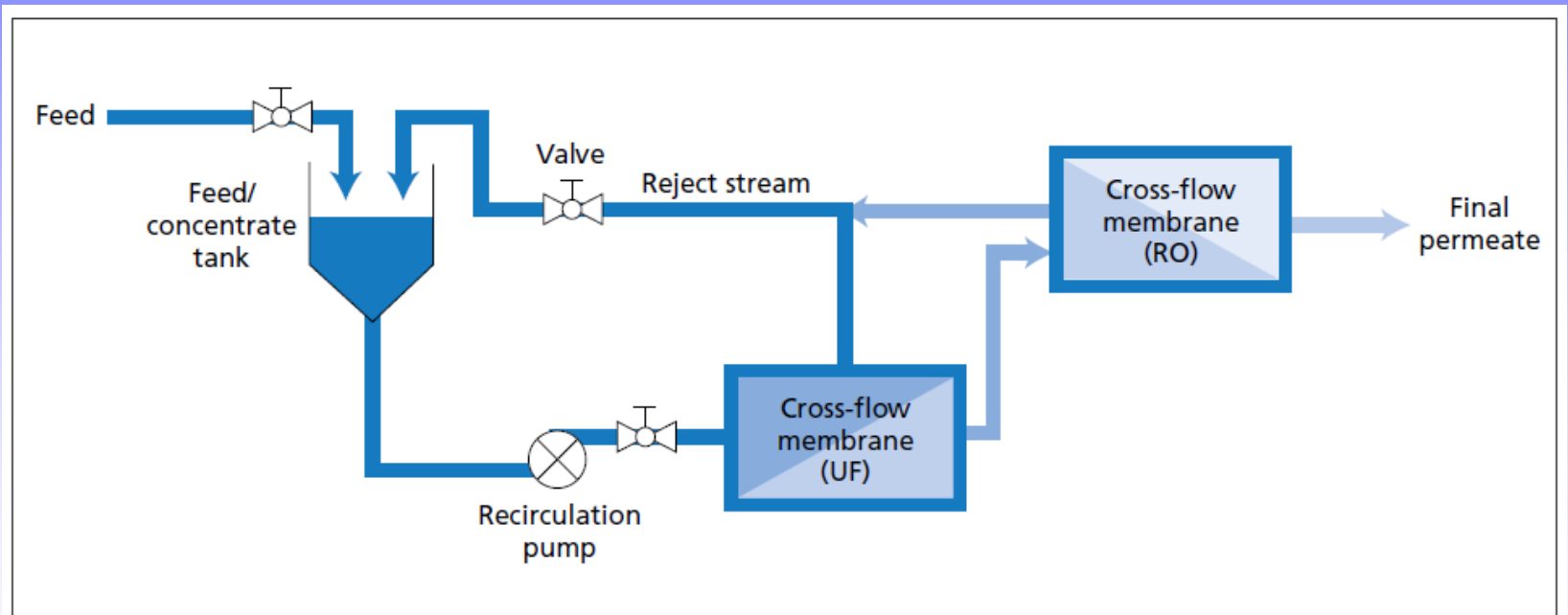
- Tek aşama



www.accepta.com

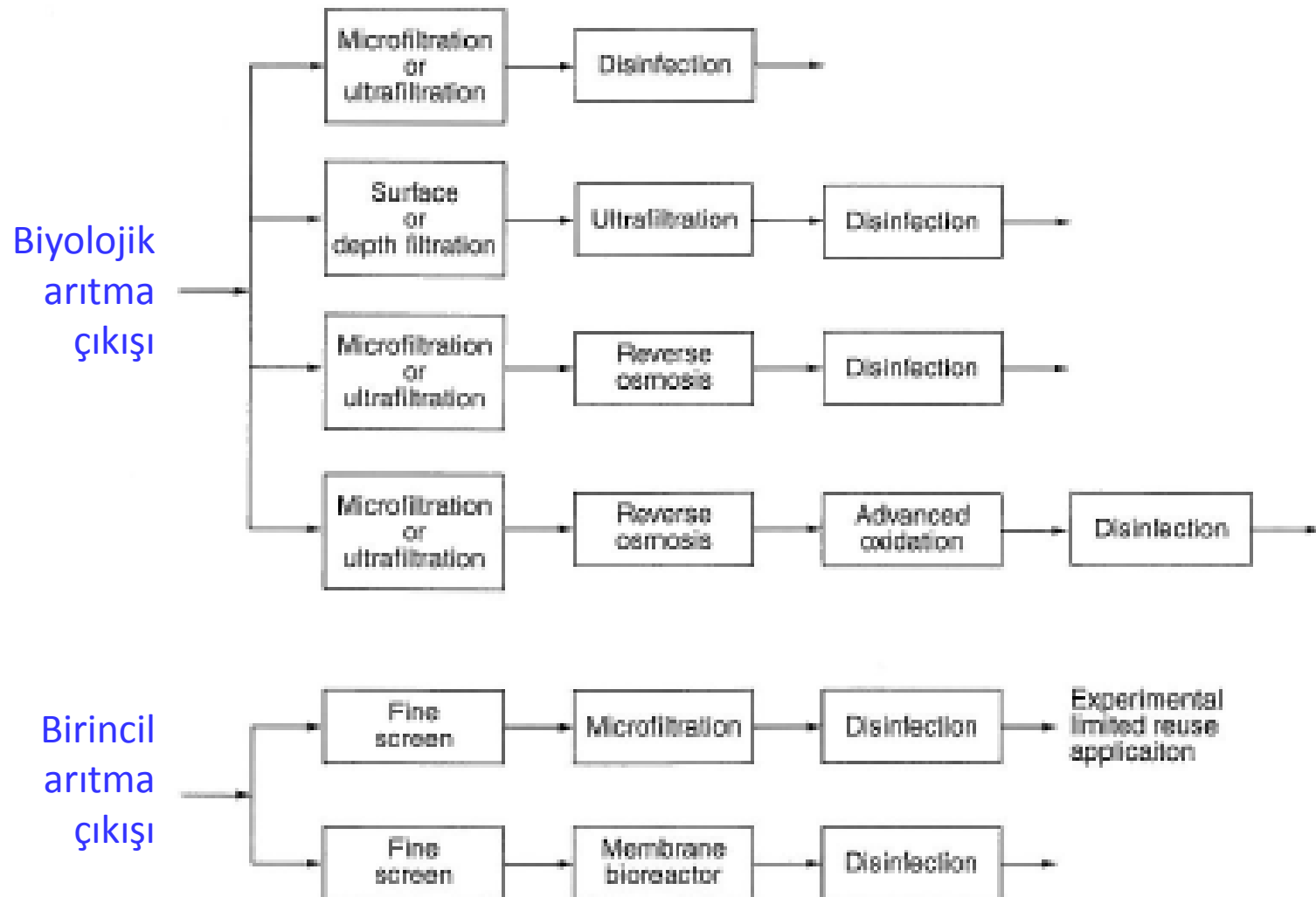
Membran Konfüğürasyonları

- Ön arıtmalı



www.accepta.com

Çok Aşamalı

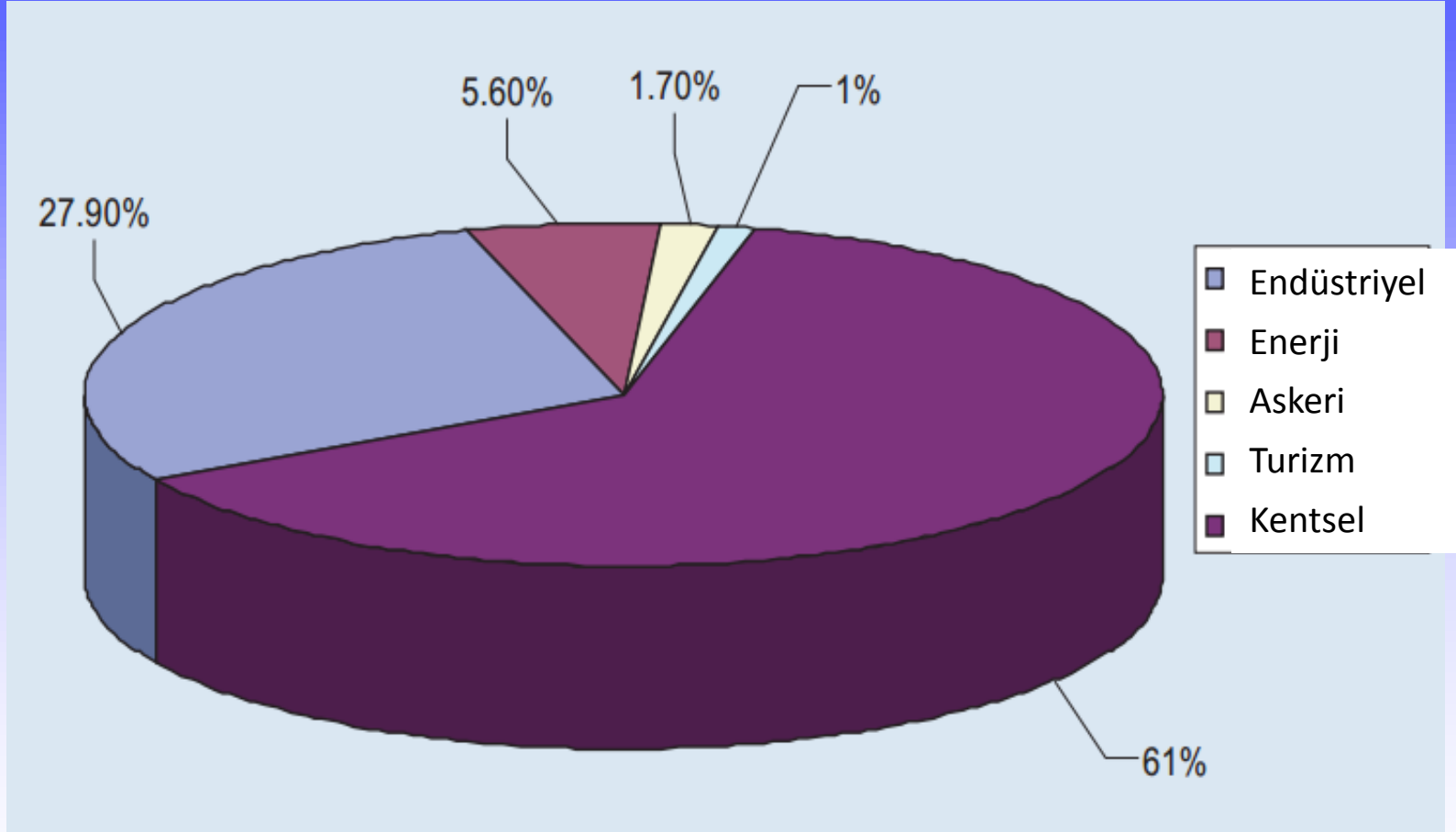


Atıksu Geri Kazanımı

Endüstriyel Su İhtiyacı

Endüstri	Su İhtiyacı
Kağıt	29 m ³ /ton
Bira	10-15 m ³ /m ³
Süt	140 m ³ /m ³ süt
Şeker	8 m ³ /t şeker
Otomobil	450 m ³ /araba
Sabun	3 m ³ /MWh
Enerji	60 m ³ /MWh soğutma

Dünya DESAL Piyasası



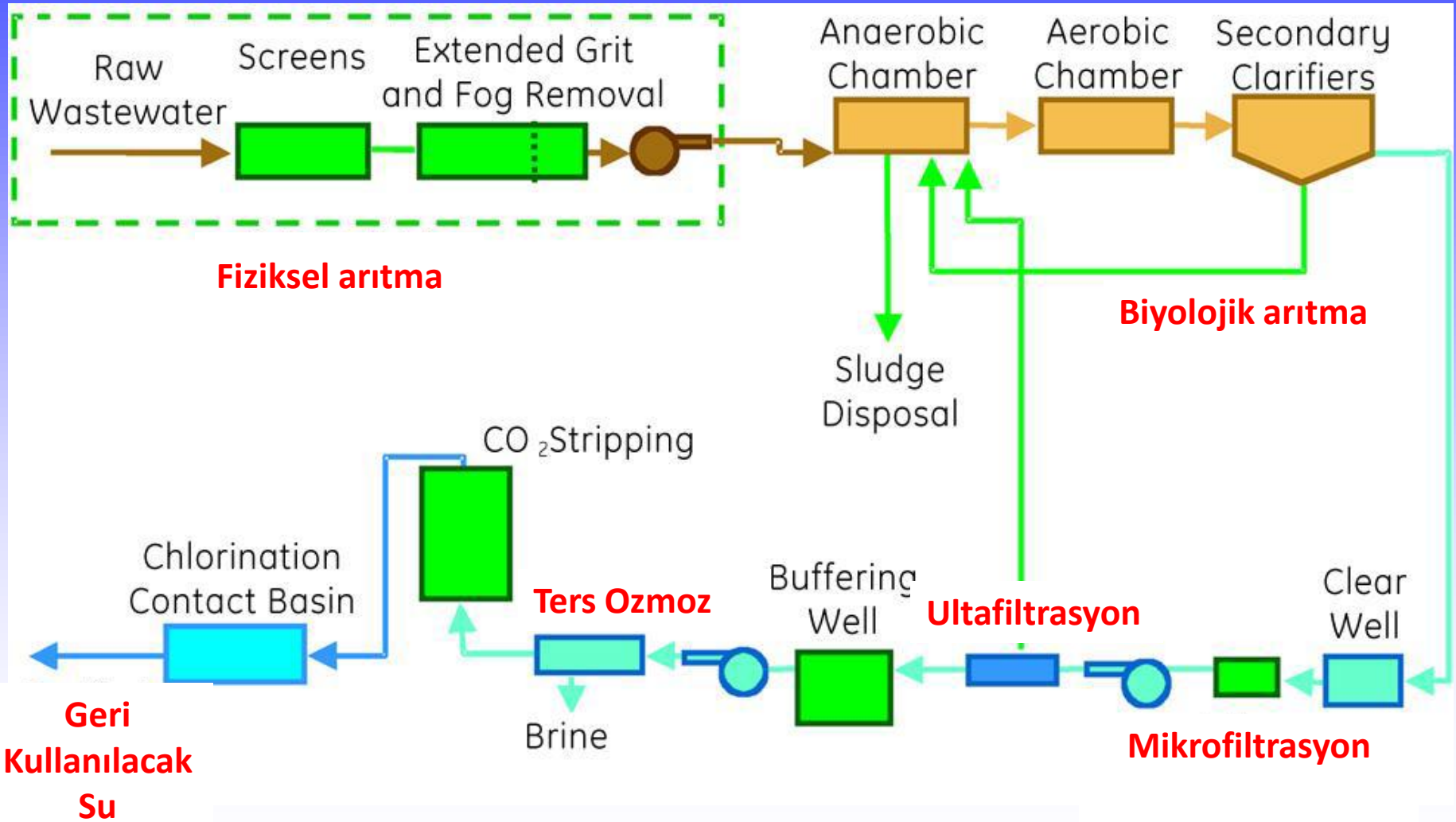
http://www.amtaorg.com/wp-content/uploads/6_MembraneDesalinationCosts.pdf

Dünya'nın En Büyük Geri Kazanım Tesisi



Sulaibiya AAT, Kuveyt
(375.000 + 225.000 m³/day)

Sulaibiya AAT, Kuveyt



TÜPRAŞ - Atıksu Geri Kazanım Tesisi

- Yerel bir belediyenin ve rafinerinin atıksuyu arıtılarak (membran prosesleri) rafinerinin su gereksinimleri karşılanacaktır.
 - 1. Aşama; Eylül 2014 - 200 m³/saat
 - 2. Aşama; Aralık 2014 - 250 m³/saat
 - 3. Aşama; Mayıs 2015 - 1200 m³/saat
- **Yatırım bedeli: 50 milyon TL**
- Yatırım tamamlandığında, İzmit Rafinerisi su ihtiyacını geri kazanımdan karşılayacaktır. Daha önce su ihtiyacı, Türkiye'nin en büyük tatlı su kaynağı Sapanca Gölü'nden sağlanmaktaydı.

<http://www.tupras.com.tr/file.debug.php?lFileID=3938>



 Kullanılmış Su Geri Dönüşümü x

<https://www.isu.gov.tr/icerik/detay.aspx?Id=329>

  KURUMSAL  ABONE İŞLEMLERİ  ÖDEME NOKTALARI  İLETİŞİM

Kullanılmış Su Geri Dönüşümü

Kocaeli'de temiz su kaynaklarının korunması amacıyla hayata geçirilen "Geri Kazanım Suyu Projesi" kapsamında kentin atık suyu, arıtma işlemlerinden geçirilerek sanayide kullanılabilir hale getiriliyor. Geri dönüşümü sağlanan gri su, fabrikalara verilerek içme suyundan günde 40 bin metreküp tasarruf ediliyor.

Erarin Termik Santral, Avustralya

- 4 x 660 MW; En Büyük Santral
- Kömür
- «Dora Creek» kenti atıksularını, MF+TO sonrası geri kullanıyor.
- Elek+Biyolojik arıtma+(MF+TO)

Su Kalitesi

Atıksu
375,000 m³/gün



Kullanma Suyu
318,750 m³/gün

Item	AAT, aylık Ortalama	Geri Kazanım Tesisi, Aylık Ortalama	WHO Potable Water Guidelines
pH	7	6 to 9	6.5 to 8.5
AKM; mg/L	12	< 1	
İ, mg/L			
onyak-N /L			
rat, mg/L			
fosfat, mg/L PO4	< 15	< 2	
Yağ ve Gres	< 0.5	< 0.5	
İletkenlik	2000		
Çözünmüş katılar	< 1280	100	1000

ForsellandSons Ltd, UK

- Askeri tekstil, kuvvetli boyalar
- Atıksu geri kazanımı
- Opsiyonlar:

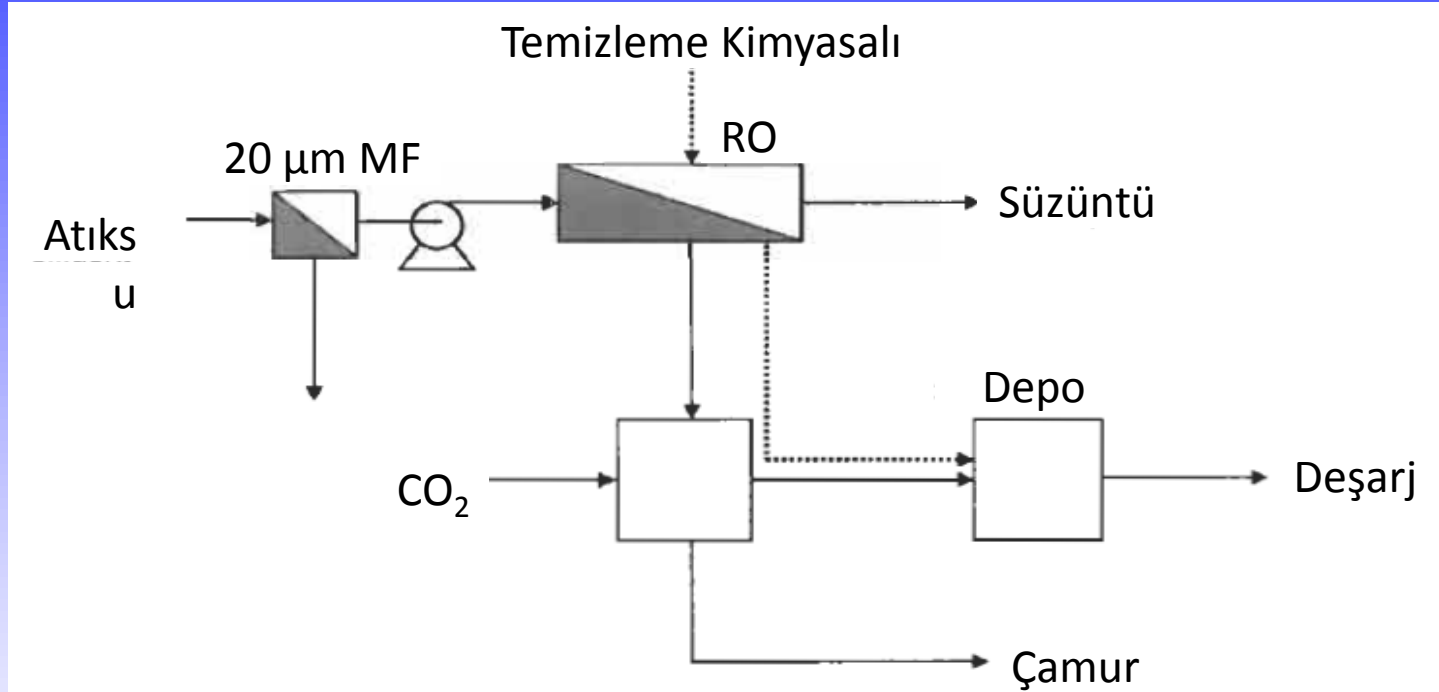
Kimyasal çöktürme

Biyolojik arıtma

İleri oksidasyon

Ters ozmoz

Ters Ozmoz Tesisi



- Spiral sargılı polysulphone modüller (Osmonics)
- 1152 m²
- 480 m³/d, 60°C
- Flux: 16,5 LMH

Yatırım Maliyeti: \$448 800
Geri Ödeme Süresi: 1,9 yıl

GAC Toyota Motor Co., Ltd.

- Otomotive Sanayi (Guangzhou, Guangdong)
- 3000 ton/gün arıtma, 2100 ton/gün geri kazanım



UF + Ters Ozmoz

GAC Toyota Motor Co., Ltd.

- Konsantre (900 t/gün) KOİ giderimi sonrası geri kullanılıyor



**Aktif Karbon
Filtreleri**

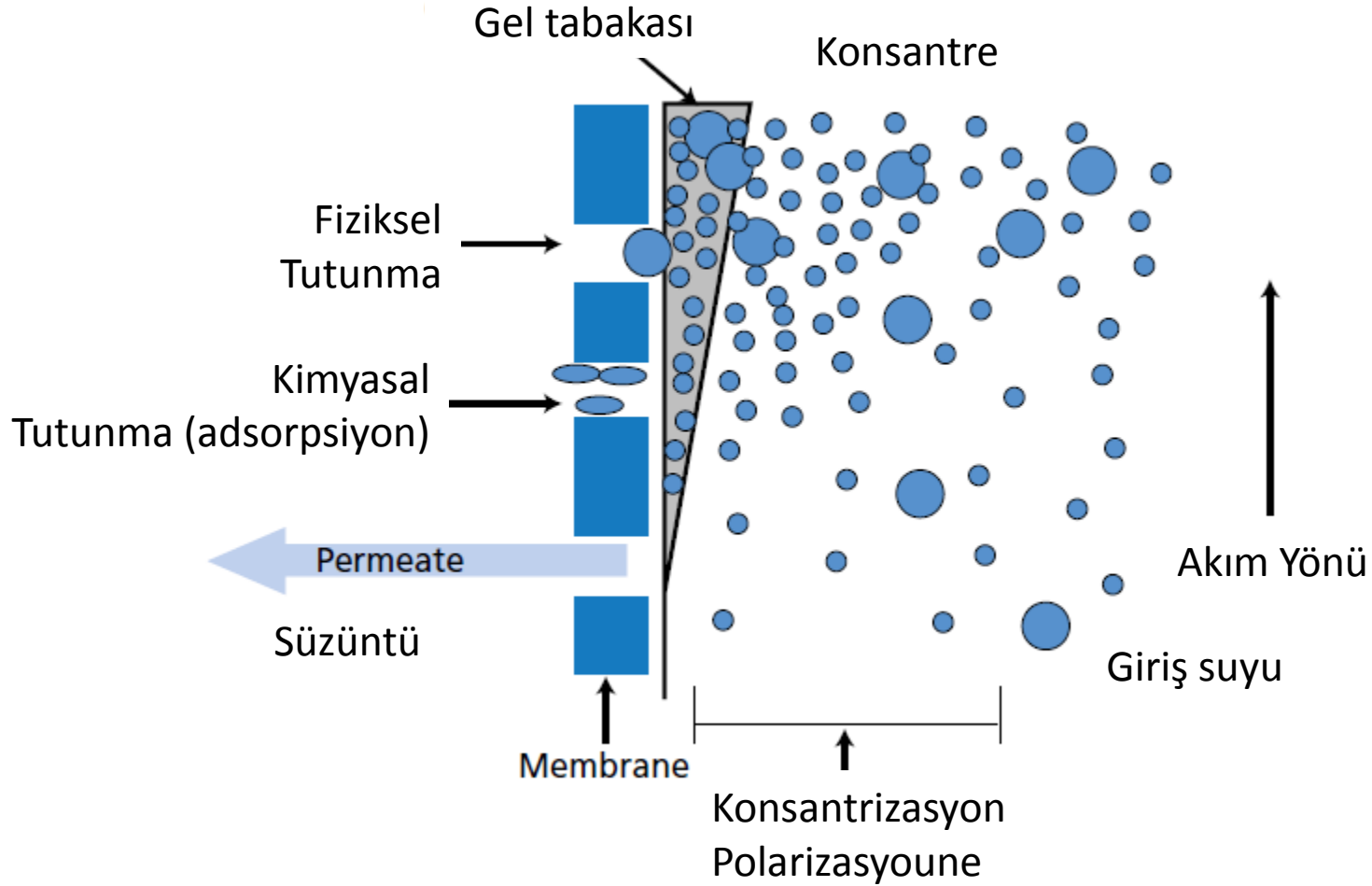
İşletme Problemleri

İşletme Problemleri

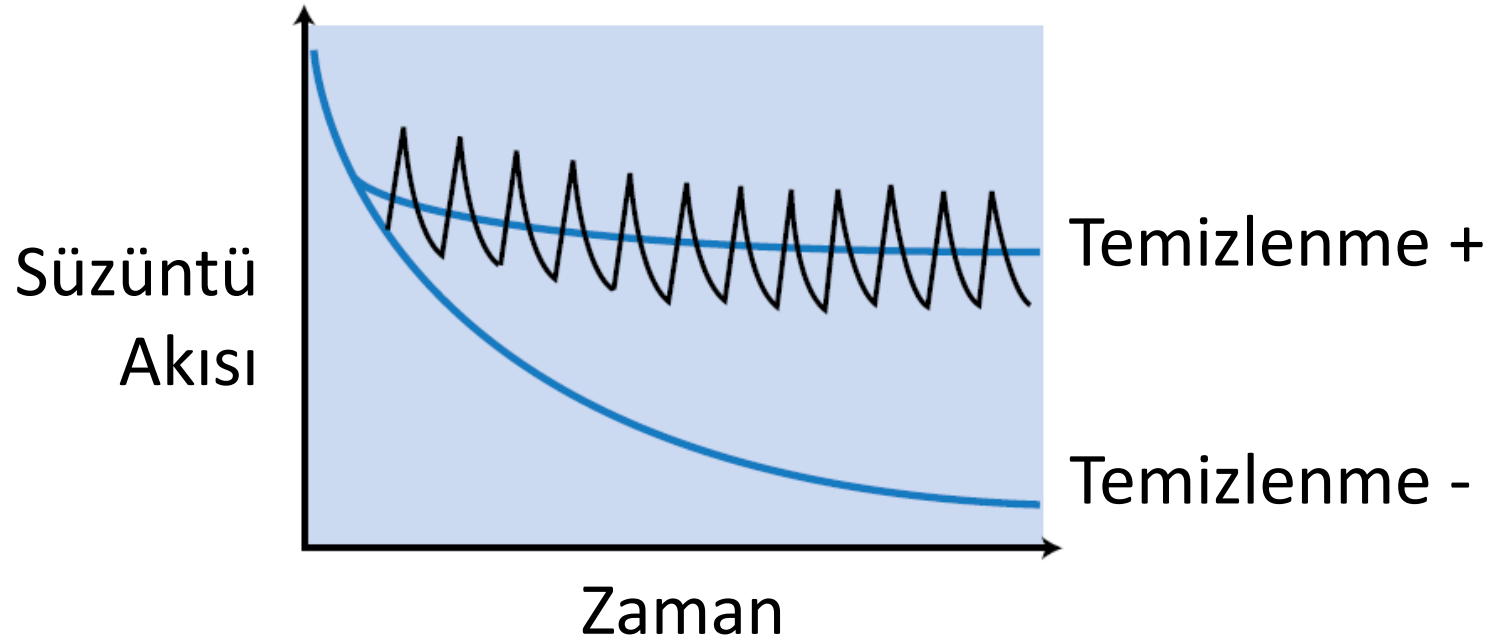
1. Kirlenme-Tıkanma

2. Konsantre Bertarafı

Membran Kirlenmesi-Tıkanma



Temizleme



Tıkanma-Kirlenme Kontrolü

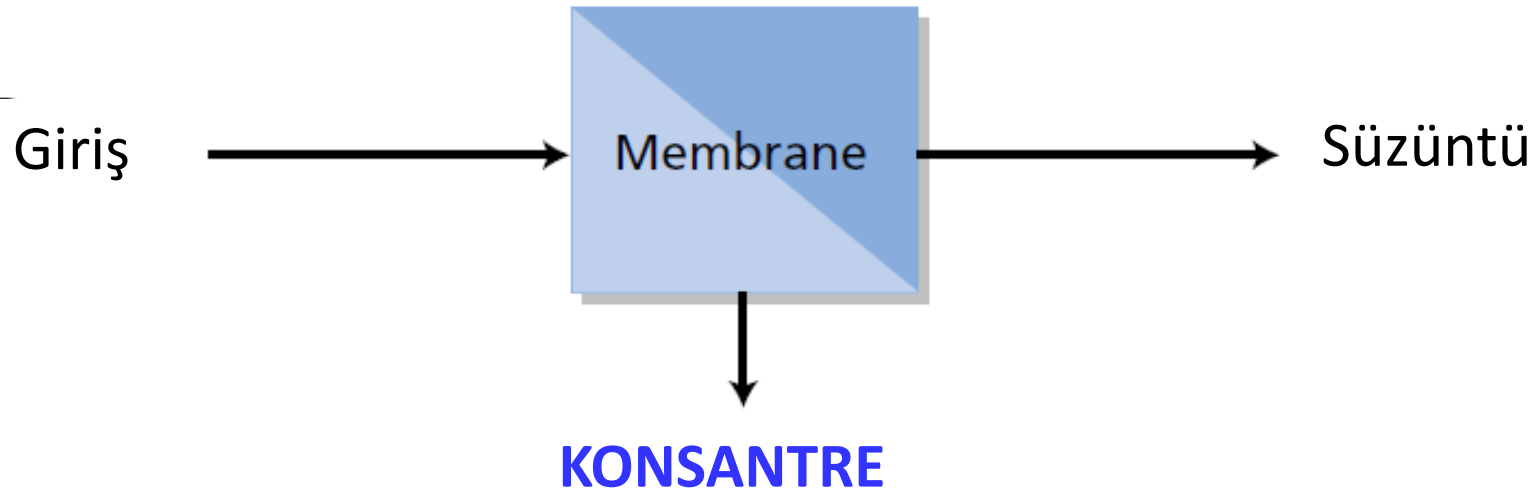
En aza indirilmesi;

- Doğru membran sistemi seçimi
- CIP (hidrolik koşullar, fiziksel temizleme, kimyasal temizleme veya kombinasyonları)

Kimyasal Temizleme

- Asit – baz
- Deterjanlar
- Enzimler
- Chelating agents (şelatlaştırıcılar)
- Biyositler

KONSANTRE ?



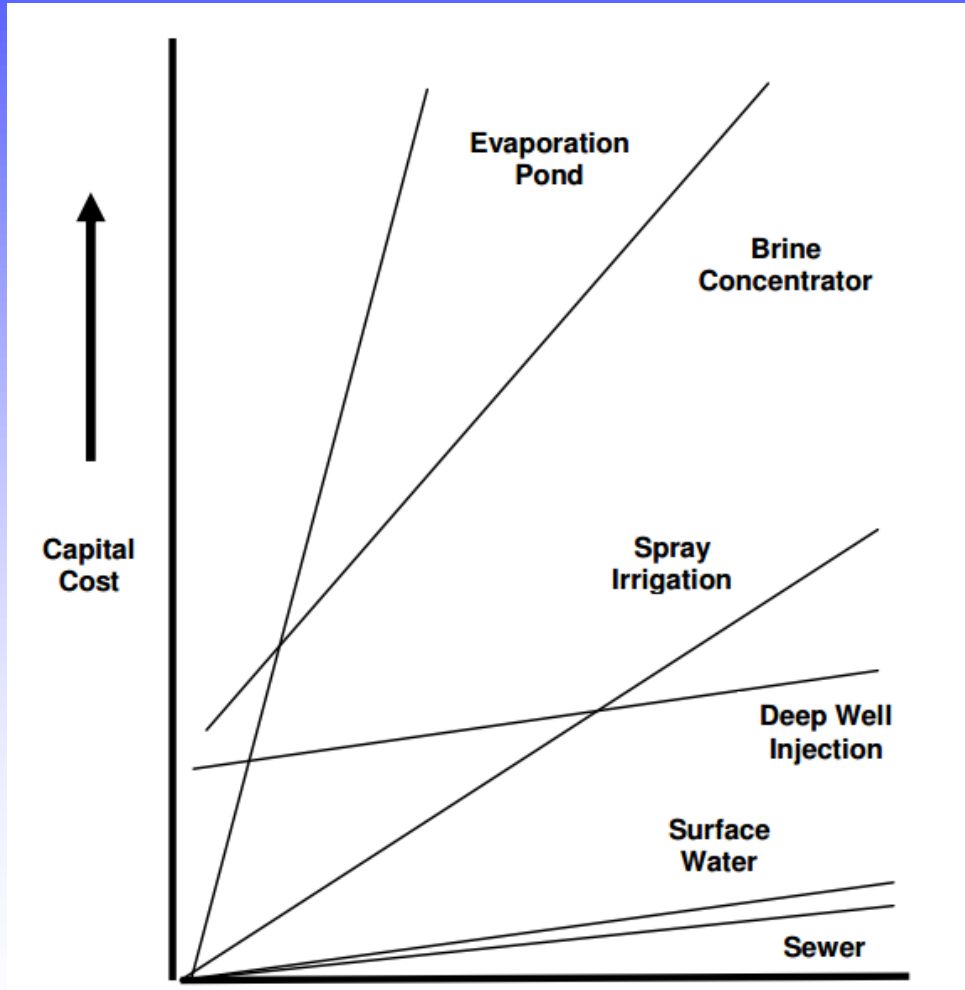
Konsantre Bertaraf Yöntemleri

- Derin deniz deşarjı
- Kanalizasyona deşarj
- Yüzey sularına deşarj
- Yeraltına deşarj
- Buharlaştırma pondları
- Sulak alanlar
- Mekanik buharlaştırma
- TO

Konsantre Bertaraf Yöntem Seçimi- Faktörler

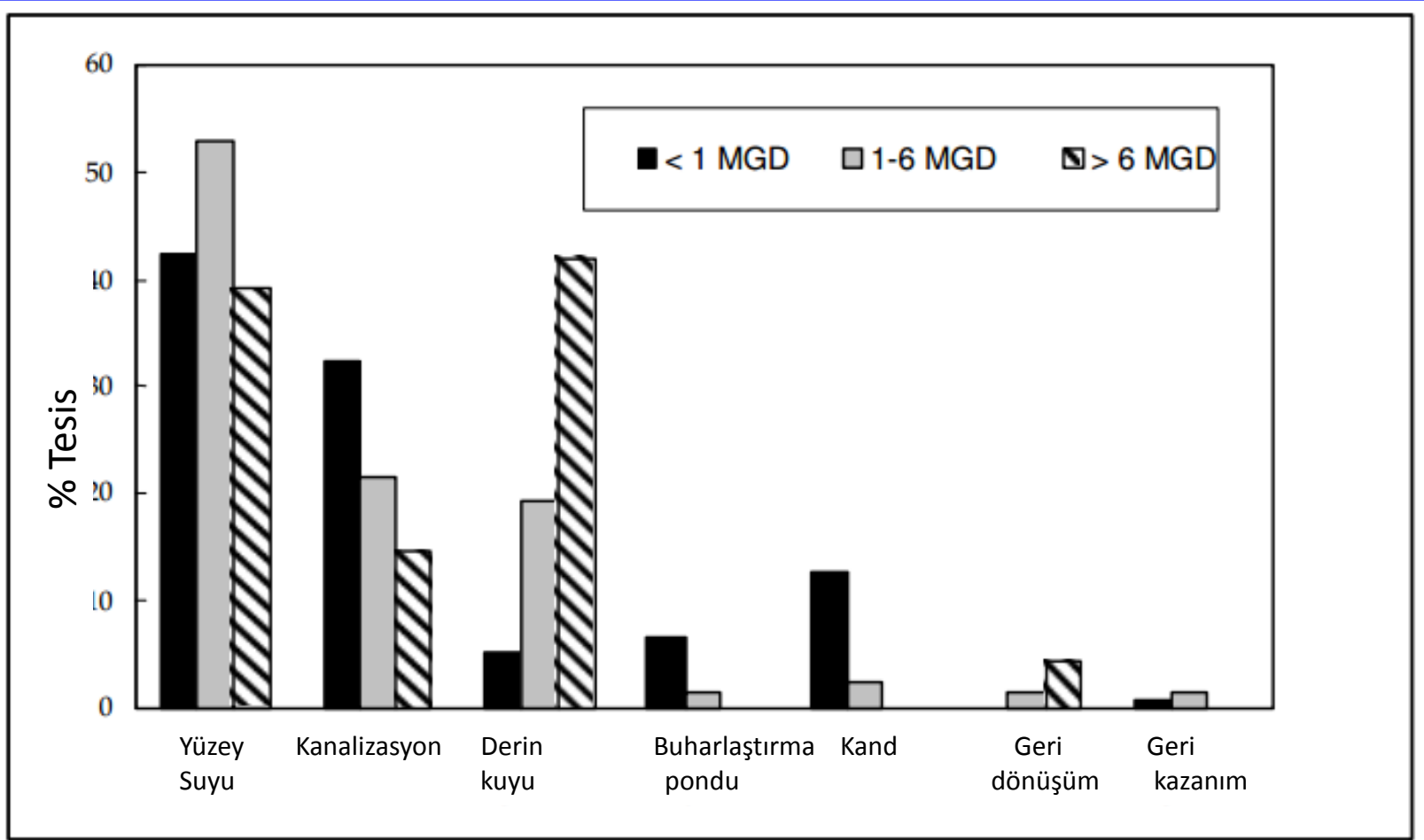
- Konsantre Özellikleri
- Lokasyon
- Kanalizasyon sisteminin durumu, maliyetler
- Arazi durumu ve maliyetler
- Maliyetler
- Seyreltme suyu mevcudiyeti
- **YASAL DURUM**

Yatırım Maliyeti (ABD)



<http://gwri-ic.technion.ac.il/pdf/IDS/72.pdf>

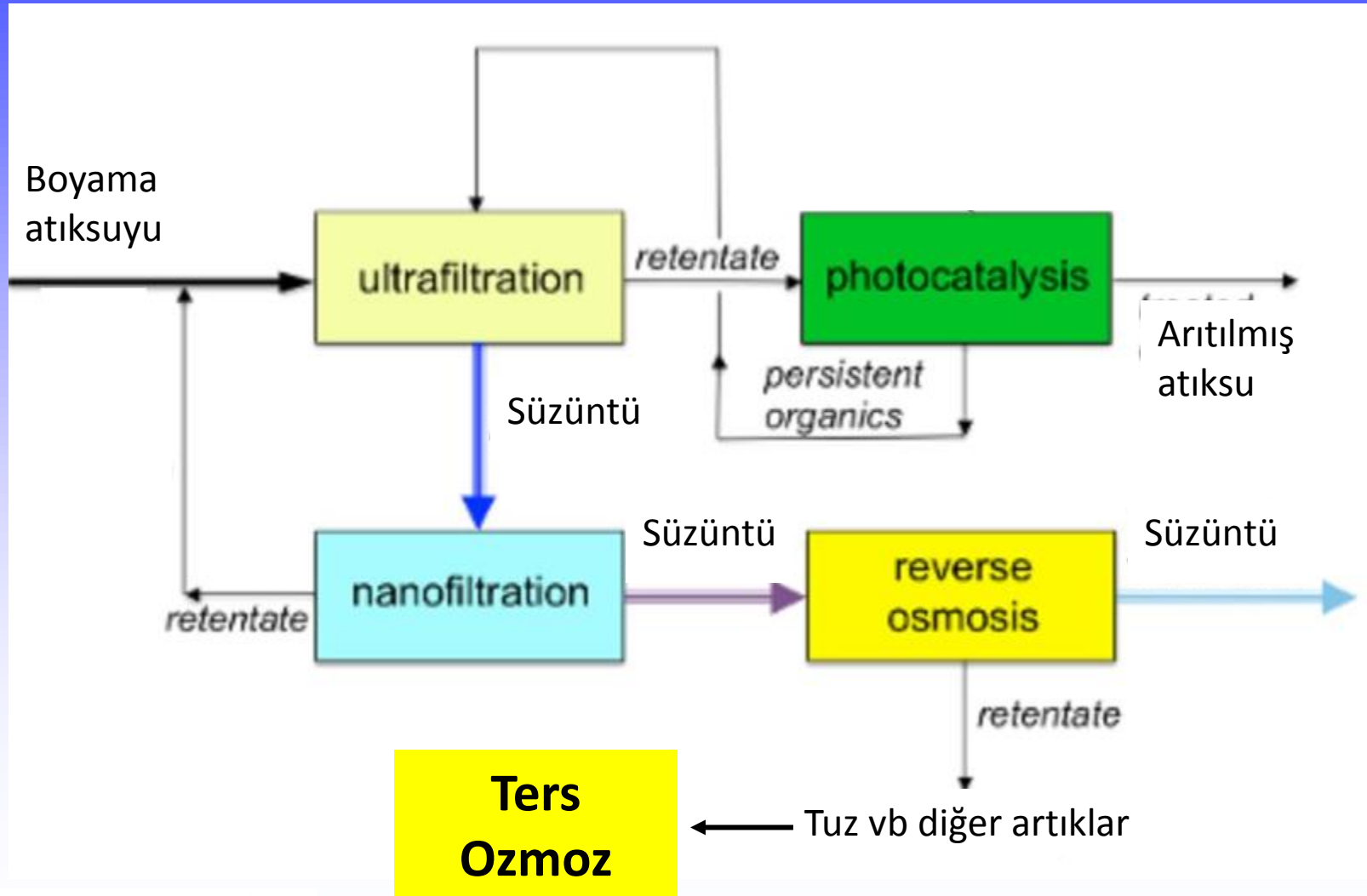
Konsantre Bertaraf Yöntemi (ABD)



Konsantre Yönetimi

AT	Debi	Not
Sterling, CO	43500 m ³ /d	Derin kuyu; (2,000 – 3500 m derine)
Joint Water Purification Plant	41000 m ³ /d	Yüksek Se
Brighton, CO	18200 m ³ /d	Yüksek İnorganik N
East Cherry Creek Valley	36400 m ³ /d	Konsantre için ilave TO arıtımı + derin kuyu deşarjı

Kombine Sistem



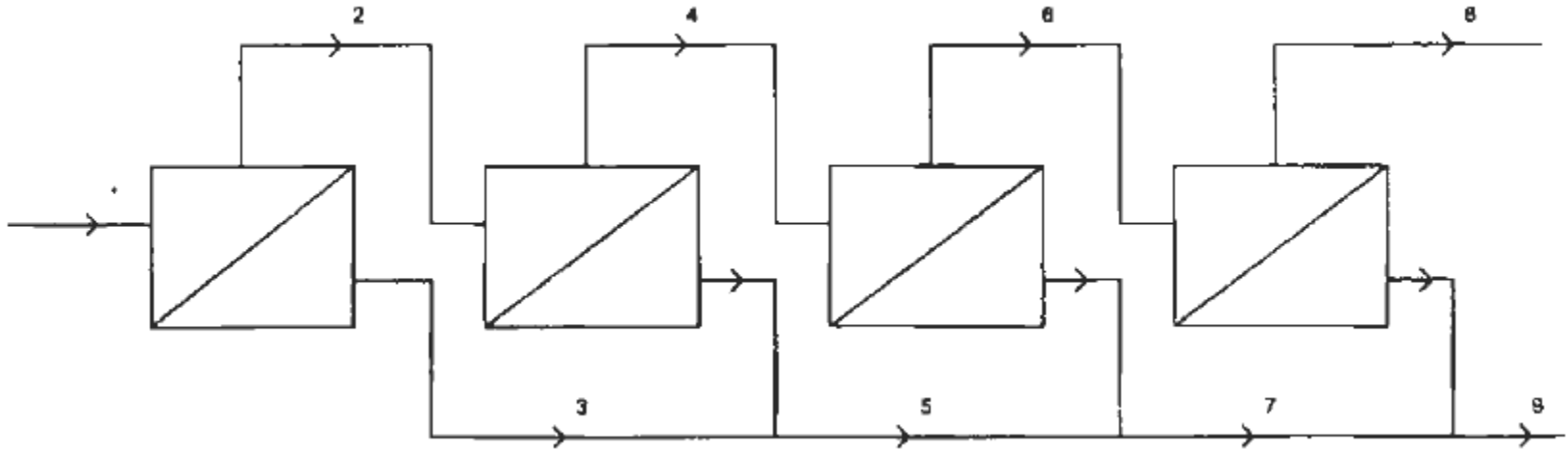
Dikkat !

- **Membran filtrasyon yatırımı öncesi konsantre yönetimi (deşarjı) konusunda izin/görüş alınması ÇOK ÖNEMLİ !**
- **Çok yüksek maliyetler olabilir...**

Design Parametreleri

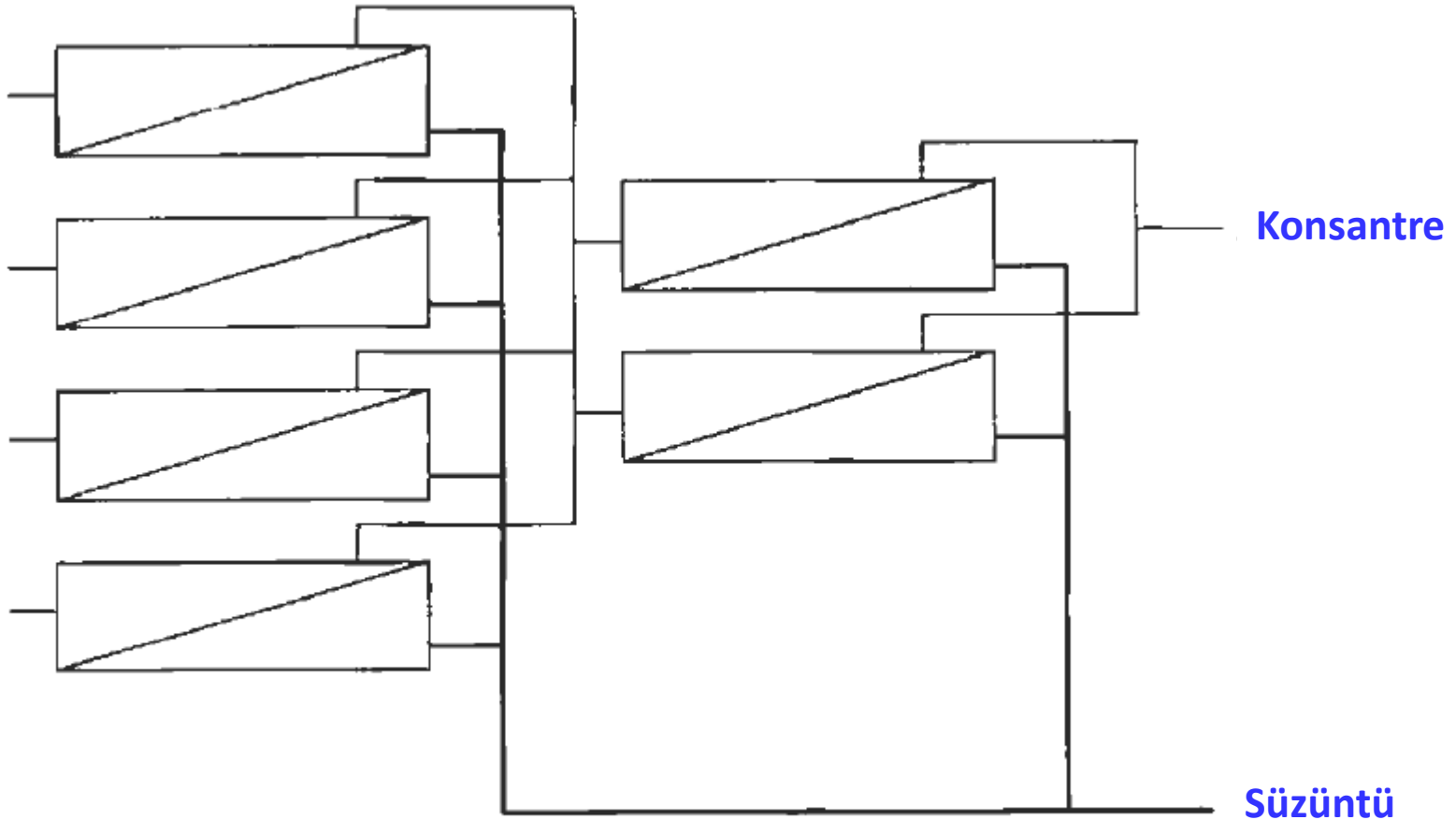
- Kademeleme (NF ve RO)
- Tıkanma ve gerekli ön arıtma (tüm prosesler)
- Geri yıkama ve temizleme (tüm prosesler)
- Enerji gereksinimi (tüm prosesler)

Kademelenme



- Tek kademedede en çok % 20 kazanım
- Bu nedenle; 8-9 seri ünite

Kadememe



Birinci Aşama

İkinci Aşama

Konsantre

Süzüntü

Gerekli Ön Arıtma

Giriş suyu kompozisyonu

Ön Arıtma

AKM	Kartuş filtre, MF
Kolloidal madde	MF, Koagülasyon
Scalanlar (çözünmüş katılar)	İnhibitör, iyon değiştirme, kireç-soda, alkali
Mikroorganizma	Dezenfeksiyon

Geri Yıkama ve Temizleme

Foulant	Temizleme Çözeltisi
CaCO_3	Hidroklorik asit pH 4 2% citric asit ammoniated to pH 4
Ca, Ba sülfat	2% citric asit ammoniated to pH 8 EDTA Na tuzu, pH 7-8
Metal oksitler	2% citric acid ammoniated to pH 4 1% Na hiposulfit
Silika	Kostik soda pH 11
Organikler	Kostik soda pH 11 Alkali deterjan
Biyolojik fouling	1% formaldehyde Hipoklorit

Öncelikli-Belirli Kirleticilerin Kontrolü

Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik Taslağı

YSKY Yönetmelik Taslaji-20.01.2016.pdf - Adobe Acrobat Reader DC

Dosya Düzenle Görünüm Pencere Yardım

Ana Sayfa

Araçlar

YSKY Yönetmelik T... x

YÖNETMELİK

Orman ve Su İşleri Bakanlığından:

YERÜSTÜ SU KALİTESİ YÖNETMELİĞİNDE DEĞİŞİKLİK YAPILMASINA DAİR YÖNETMELİK TASLAĞI

MADDE 1 – 30/11/2012 tarihli ve 28483 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan “Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği”nin 4 üncü maddesinin birinci fıkrasının (ğ), (ı), (l), (s), (v), (z), (cc), (çç), (ff) bentleri aşağıdaki şekilde değiştirilmiştir.

“ğ) Çevresel hedef: Bir su kütleindeki sucul canlıların en yüksek mertebede korunması için kimyasal ve ekolojik açıdan su kütleinin ulaşabileceği en iyi su durumunu,”

MADDE 3 – Yönetmeliğin 6 ncı maddesinin birinci fıkrası aşağıdaki şekilde değiştirilmiştir.

“(1) Kentsel ve endüstriyel faaliyetler için alıcı ortama deşarj kriterleri, yerüstü su kaynağının özümleme kapasitesi ve Ek-4 Tablo 4 ve Tablo 5’de yer alan çevresel kalite standartları göz önüne alınarak, ilgili kurum ve kuruluşlarca belirlenir.”



Tablo 5

Tablo 5: Yerüstü Su Kaynakları için Öncelikli Maddeler ve Çevresel Kalite Standartları

No	Madde Adı	CAS No	YO-ÇKS Nehirler/Göller (µg/L)	MAK-ÇKS Nehirler/Göller (µg/L)	YO-ÇKS Kıyı ve Geçiş Suları (µg/L)	MAK-ÇKS Kıyı ve Geçiş Suları (µg/L)
1	Alaklor	15972-60-8	0,3	0,7	0,3	0,7
2	Antrasen	120-12-7	0,1	0,4	0,1	0,4
3	Atrazin	1912-24-9	0,6	2,0	0,6	2,0
4	Benzen	71-43-2	10	50	8	50
5	Bromlu difenileter ¹	32534-81-9		0,14		0,014
6	Kadmiyum ve bileşikleri ²	7440-43-9	<0,08 (Sınıf 1) 0,08 (Sınıf 2) 0,09 (Sınıf 3) 0,15 (Sınıf 4) 0,25 (Sınıf 5)	< 0,45 (Sınıf 1) 0,45 (Sınıf 2) 0,6 (Sınıf 3) 0,9 (Sınıf 4) 1,5 (Sınıf 5)	0,2	< 0,45 (Sınıf 1) 0,45 (Sınıf 2) 0,6 (Sınıf 3) 0,9 (Sınıf 4) 1,5 (Sınıf 5)
7	C10-13-	85535-84-8	0,4	1,4	0,4	1,4

.....

42	Diklorvos	62-73-7	6×10^{-4}	7×10^{-4}	6×10^{-5}	7×10^{-5}
43	Hekzabromo-siklododekan (HBCDD)		0,0016	0,5	0,0008	0,05
44	Heptaklor ve heptaklor epoksit	76-448/1024-57-3	2×10^{-7}	3×10^{-4}	1×10^{-8}	3×10^{-5}
45	Terbutrin	886-50-0	0,065	0,34	0,0065	0,034

45 kirletici

Tablo 4

Tablo 4: Yerüstü Su Kaynakları için Belirli Kirleticiler ve Çevresel Kalite Standartları

No	Kimyasal Adı	CAS No	YO-ÇKS Nehirler/ Göller (µg/L)	MAK-ÇKS Nehirler/ Göller (µg/L)	YO-ÇKS Kıyı ve Geçiş Suları (µg/L)	MAK- ÇKS Kıyı ve Geçiş Suları (µg/L)
1	1,1-Dikloroetan	75-34-3	1000	10000	1000	10000
2	1,2,4,5-tetraklorobenzen	95-94-3	6	24	6	24
3	1,2,4-trimetilbenzen	95-63-6	7,4	516	0,3	516
4	1,3,5-trimetilbenzen; Mesitilen	108-67-8	9	150	0,8	150
5	1,3-diklorobenzen	541-73-1	58	599	58	599
6	1,4-diklorobenzen	106-46-7	38	284	38	284
7	17-alfa-etinilestradiyol	57-63-6	0,5	0,9	0,5	0,9
8	17-beta-estradiyol	50-28-2	0,5	0,5	0,5	0,5
9	1-kloro-2,4-dinitrobenzen	97-00-7	5	20	5	20
10	1-Kloronaftalin	90-13-1	0,7	7	0,7	7
11	1-metilnaftalin	90-12-0	1,5	29	1,5	29

.....

245	Triasulfuron	82097-50-5	0,012	0,12	1,8	1,8
246	Tribenuron-metil	101200-48-0	0,04	0,08	0,04	0,08
247	Trifloksistrobin	141517-21-7	42	42	42	42
248	Triflumuron	64628-44-0	0,23	0,23	0,23	0,23
249	Trineklapazak-etil	95266-40-3	13	86	13	86
250	Vinklozolin	50471-44-8	1,1	84	1,1	84

250 kirleticici

ÇKS'lerin Sağlanması

- Yer aldığınız havza/alt havza için söz konusu olan kirletici ÇKS'lerinin sağlanması...

- Aktif Karbon
- İleri Oksidasyon
- MEMBRAN PROSESLER

Son Sözler:

Membran Prosesler

- Hızla artan kullanım
- Azalan fiyatlar
- Genişleyen kullanım alanları

Gelecekte Daha Çok
İhtiyacımız
Olacak!

TEŞEKKÜRLER...