

ENDÜSTRİDE ATIK SUYUN YENİDEN KULLANIMININ UZUN DÖNEM İŞLETME DENEYİMİ

Bruce DURHAM

ÖZET

Membran teknolojileri “ Ters Ozmoz (RO)” gibi 20 yılı aşkın bir süredir deniz suyunu ve atık suyu arıtmak için kullanılmaktadır. Uygulamalar , özellikle atık su için Ters Ozmoz membranlarının hassasiyeti nedeniyle konvansiyonel ön arıtma teknolojilerinin yetersizliği ve kirlilik yükü açısından sınırlandırılmıştı.

Bu makalede endüstride atık suyun yeniden kullanımının yararları göz önüne alınmaktadır. Ön arıtmada kullanılan Sürekli Mikrofiltrasyon (CMF) membran teknolojisi Ters Ozmoz tesislerindeki ilk yatırım ve işletme maliyetlerini her zaman azaltmasa da Ters Ozmoz sisteminin kullanım alanlarını genişletmektedir. Bu bilgi farklı kullanım alanlarındaki Sürekli Mikrofiltrasyon / Ters Ozmoz sistemlerinin dünya çapındaki uygulama sayısı ile ilgili verilere dayandırılmaktadır.

GİRİŞ

Ters Ozmoz sistemleri 20-30 yıldır içme suyu üretimi için deniz suyu ve acı su gibi kaynaklarının tuzluluğunu gidermede geniş ölçüde kullanılmaktadır.Ters Ozmoz sistemlerinin uygulama limitleri ile ilgili ana problem askıda katı madde tarafından kirlenmeye karşı bu sistemlerin hassasiyetidir.

Bu teknolojinin diğer sınırlamaları ya biyolojik kirlenme ya da ham su içindeki çözünmüş iyonların doyma seviyeleri ile ilgilidir. Bu parametreler genellikle besleme suyuna çökelmeyi önleyici kimyasal madde dozlaması ve dikkatlice seçilen/kontrol edilen sistem kazanım oranıyla kontrol edilebilir.Bu sistemler için kirliliğin anlamı; geri dönüşü olmayan membran hasarları , azalan su akışı ve artan ilk yatırım ve işletme maliyeti demektir.

Başarılı bir Ters Ozmoz tesisi için en önemli nokta ön arıtmadır. Ön arıtma tasarımı ters Ozmoz membranları kalitesinin sürekliliğini sağlaması için besleme suyu kalitesini garantiye almalıdır.

Ters ozmoz sisteminin ön arıtımı için geleneksel olarak derin yataklı çok katmanlı filtreler kullanılmaktaydı. Arıtılmış suyun kalitesinin değişkenliği Çok Katmanlı Filtrelerin kullanımında bir takım sınırlamalar getiriyordu. Çok Katmalı Filtrelerden sürekli katı madde kaçışı ki özellikle besleme suyunda bulunan ve boyutları 0.2 ile 2 mikron arasında olan bu katı maddeler Ters Ozmoz membranlarının ömrünü kısaltmakta ve çoğu zaman da ağır hasarlar vermekteydi. Kalite bakımında çok değişik su kaynaklarının tuzluluğunun giderimi için kullanılan

Ters Ozmoz sistemlerinin ön arıtımını sağlayan Sürekli Mikrofiltrasyon teknolojisinin başarısı uzun dönemli işletme tecrübeleri ile kanıtlanmıştır. Mikrofiltrasyon sistemi ham su kalitesine bağlı olmaksızın sabit kalitede su üretebilir . Ters Ozmoz membranları için de ideal olanı budur. Bu açılarından Sürekli Mikrofiltrasyon sistemlerinin performansı ile Çok Katmanlı Filtrelerin performansı kıyaslanamaz.

KARARLI TERS OZMOZ SİSTEMİ İŞLETİMİ İÇİN SU KALİTESİ

Ters Ozmoz membranları karalı şartlar altında çalıştırılmak üzere tasarlanırlar. Nehir, göl, atık su ve açık denizde su alma gibi askıda katı yada çözünmüş katı yüklerinin hızlı değişiminden çabuk etkilenen su kaynaklarıdır. Bu tip suların arıtımı da karmaşıktır.

Ters Ozmoz sistemi askıda katı maddeleri gidermek için tasarlanmaz çünkü bu katılar Ters Ozmoz membranlarının boşlukları arasında tutulurlar bunun sonucunda da hızla kapasite düşer ve membran ömrü kısalmır.

Geleneksel Çok Katmalı Filtreli ön arıtım teknolojisi askıda katıları kontrol etmek için bulanıklığı kullanır ve onun filtrasyon güvenilirliğini ölçmek için ana yöntem haline gelmiştir. Ne yazık ki bulanıklık ile Ters Ozmoz membranlarının kirlenme eğilimi arasında tam bir orantı yoktur. Bu nedenle Ters Ozmoz endüstrisi membranların kirlenme potansiyelini ölçebilecek başka bir yöntem (SDI testi) aramaya koyulmalıydı. Bu test beslenen numunenin üzerinden geçirileceği 0.45 mikron filtre kağıdı ve akış hızındaki bozulmanın ölçümünü içerir. Birçok membran üreticisi Ters Ozmoz besleme suyu için SDI değerinin 5'den küçük olmasını önerirken , uzun dönemli işletme deneyimleri sonucunda bir çok operatör bu değerın 3'den küçük olmasını önermektedir.

Geliştirilmiş Kirlenme İndeksi (MFI) SDI testinin geliştirilmiş şeklidir. SDI testindeki ile aynı araçlar kullanılır ancak filtre kağıdından geçiş esnasındaki akış hızı değişimlerine bakılır. SDI testinde ise başlangıçtaki ve sondaki akış hızları ölçülür.

TERS OZMOZ ÖN ARITIMI İÇİN SÜREKLİ MİKROFİLTRASYON (CMF)

Sürekli Mikrofiltrasyon prosesinde iki temel bileşen bulunur; 0.2 mikron boşluk boyutlu Hollow Fibre tipi membranlar ve patentli hava ile ters yıkama sistemi, her ikisi de birçok fayda sağlar;

- Çok yüksek oranlarda beslenen katı maddeler otomatik olarak değişen ters yıkama frekansı dışında sistemin performansına herhangi bir etki yapmaz.
- Besleme suyu kalitesine bağlı olmaksızın otomatik sistemle filtre edilen suda uygun filtrasyon hızı ve kalitesinin sürekliliği sağlanır.
- Enerji tüketimi çok düşüktür. Arıtılan suyun m³ ü başına 0.15-0.3 kWh. Besleme suyundaki toplam askıda katı maddenin birkaç yüz mg/l'si için bile çapraz akışa gerek duyulmaz.
- Basınçlandırılmış hava ile yapılan ters yıkama , yüksek enerjisi ve iyi dağılımı sebebiyle sıvı ile yapılan konvansiyonel ters yıkamadan daha etkilidir. Ayrıca sıvı ile yapılan konvansiyonel ters yıkamada yapılması gereken ön klorlamaya bu sistemde ihtiyaç duyulmaz.

SÜREKLİ MİKROFİLTRASYON İLE GELENEKSEL FİLTRASYONLU ÖN ARITMA SİSTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRMASI

Ters Ozmoz membranları küçük partiküllerden dolayı tıkanmaya karşı çok hassastır. Bir kez bu tıkanıklık meydana geldiğinde bunun geri dönüşü yoktur.Bu sonuç tesis performansını düşürür ve membran ömrünü kısaltır. Çok Katmanlı Filtreler suyu 5-10 mikron'a kadar filtre edebilirken Sürekli Mikrofiltrasyon 0.2 mikron filtrasyon yapar.

Geleneksel derin yataklı Çok Katmanlı Filtreler elenmiş kum, çakıl ve antrasitten meydana gelir.Besleme suyundaki kirlilik filtre katmanlarından aşağı doğru süzülerek uzaklaştırılır. Çok Katmanlı Filtrelerin performansı test edilmiş ve Mikrofiltrasyonla karşılaştırılmıştır.

Grafikte Sürekli Mikrofiltrasyon ile Çok Katmalı Filtrenin paralel kullanıldığı bir çalışmanın sonuçları verilmiştir.

İki sistem için de besleme akımları durultucunun bozuk olmasından dolayı düzensizdi .Kirlilik yükündeki değişmeden dolayı Çok Katmanlı Filtre için altından kalkamayabilirdi. Sonuçta filtre edilen sudaki askıda katı madde miktarı (max. 400 mg/l) çok yüksek oldu. Aynı besleme şartlarında Mikrofiltrasyondan çıkan suyun kalitesi çok daha yüksekti. Besleme suyu kalitesinin çok kötü olduğu zamanlarda bile Mikrofiltrasyondan geçmiş sudaki askıda katı madde miktarı ölçülemeyecek kadar azdı.

Ters Ozmoz sistemlerini ön arıtımı için kullanılan Çok Katmanlı Filtrelerin esas problemi kirliliği uzaklaştırmaktır. Çok katmanlı Filtreler kirliliği çöktürme ve difüzyon mekanizmaları ile uzaklaştırır bununla birlikte bir çok partikül çökeltme için çok küçük ve difüzyonla uzaklaştırma için de çok büyüktür. Sonuçta 5 mikron boyutunun altındaki partiküller Çok Katmanlı Filtreden geçerek Ters Ozmoz membranlarına taşınır.

Çok Katmanlı Filtreler , akış düzensizleştiğinde yada fazla yüklendiğinde tortu kaçırabilir bu da ciddi problemlere sebep olabilir.

Su Mikrofiltrasyon membranlarından geçerken membran yüzeyinde tutulur, bu tutulma işlemi tamamen fizikseldir. Katı maddeler membrandan sızmayacağı için besleme suyu kalitesine bağlı olmaksızın üretilen su kalitesi sabit kalır.

Çok Katmanlı Filtreler ürettikleri suyun kalitesinin değişkenliği sebebiyle bazı sınırlamalara sahiptir. Besleme suyunda katı madde miktarı fazla olduğunda Çok Katmanlı filtreden bu maddeler kaçabilir ve sonuçta Ters Ozmoz membranlarına zarar verir.

Mikrofiltrasyon besleme suyu kalitesindeki değişimlerden etkilenmeden sabit kalitede su üretebildiği için Ters Ozmoz ön arıtımı için ideal bir sistemdir.

TERS OZMOZ ÖN ARITIMI İÇİN SÜREKLİ MİKROFİLTASYON UYGULAMALARI VE EKONOMİK DEĞERLENDİRMESİ

Ters Ozmoz sisteminin geleneksel uygulamaları yüksek kapasitelerdeki suların işlenmesine yönelik bir takım sınırlamalara sahiptir. Özellikle deniz suyundan içme suyu temini, enerji santralleri için saf su üretimi , ilaç, gıda ve mikroişlemci endüstrilerine yüksek kalitede su temini noktalarında sınırlamalar vardır.

Son 5 yılda Ters Ozmoz membranlarında meydana gelen gelişmeler ve ön arıtım için mikrofiltrasyon sistemlerinin kullanılması ileri arıtma maliyetlerini yarıya indirmiştir.

İçme suyu temininin zor olduğu ya da sudaki toplam çözünmüş katı madde (TDS) miktarının yüksek olduğu yerlerde geri kazanım suyunun endüstrilerde kullanımı bu gelişmeler sayesinde ekonomik olmaktadır.

Sürekli Mikrofiltrasyon-Ters Ozmoz sistemleri aşağıda belirtilen uygulamalarda çok geniş bir biçimde ekonomik olarak kullanılmaktadır:

- Akifer enjeksiyonu için evsel atık suyun geri kazanımı ve yüksek kalitede proses suyu temininin alternatif kaynağı olarak. Geleneksel ön arıtma kireçleme , karbonlama ve Çok Katmanlı Filtrasyon gibi aşamalardan meydana geldiği için bakımı zordur. Mikrofiltrasyon sistemi bu 3 aşamayı 1'e indirmiştir.
- Biyolojik olarak arıtılmış endüstriyel atık sudan yüksek kaliteli proses suyu üretimi yani sıfır deşarj
- Endüstride yüksek kalitede proses suyu temini için alternatif yüzey sularının kullanımı. Katı yükü 200 ppm'i'ne bulanıklığı 200 NTU değerini aşan dere, göl ve kanal gibi su kaynaklarının geleneksel ön arıtma ve Ters Ozmoz sistemleri ile arıtımı zor ve ekonomik değildi.

1976'dan beri ikincil atık sularla beslenen konvansiyonel ön arıtma sistemleri 5 aşamalı uzatılmış pıhtılaştırma/filtrasyon proseslerinden oluşmaktadır. Bunlar pH >11 de kireç ilavesi, durultma,

havalandırma, karbondioksit ilavesi ve filtrasyondur. 1994 den beri farklı üreticilere ait bir çok değişik Mikrofiltrasyon ve Ultrafiltrasyon membranı Su fabrikası 21'de uygulandı. Bu çalışmalar sırasında konvansiyonel sistemle mikrofiltrasyon sistemlerinin performansları karşılaştırılırken aynı zamanda farklı üreticilere ait membranların özellikleri de bir birleriyle karşılaştırılarak araştırıldı.

Orange Bölgesi Su İdaresi (OCWD) yüksek kaliteli membran ön arıtımı kullanımının birçok durumdaki faydalarını yayınladı. Buna göre daha yüksek Ters Ozmoz akısı sağlanmış, Ters Ozmoz temizleme periyodu uzatılmış ve ilk yatırım ve işletme maliyetleri azalmıştı.

Membran ön arıtımı ile ilgili tartışılan sonuçların bir çoğu gerçek işletme deneyimleriyle daha iyi ortaya kondu. Sürekli Mikrofiltrasyon / Ters Ozmoz sistemlerinin dünya çapındaki uygulamalarının bir kısmı işletme verileriyle birlikte bazı detayları daha sonraki sayfalarda yer almaktadır.

SÜREKLİ MİKROFİLTASYON/TERS OZMOZ (CMF/RO) UYGULAMALARI

Su Fabrikası 21 (WF21), California

(Membran Kullanarak Eysel Atıksuyun Tekrar Kullanımı)

Pilot tesis (6.8 m³/h) 1992'den , Ticari tesis(113 m³/h) ise 1994'den bu yana sürekli çalışmaktadır.

Orange bölgesi su idaresi, Su fabrikası 21 ve California San Diego'daki ilk çalışmalar ekonomik ve teknik sonuçları ortaya koymuştur. Su Fabrikası 21'e atıksudan su temini amacıyla 20 yıldan daha uzun süredir ters ozmoz sistemi kullanılmaktadır.

Orange bölgesi su idaresi , evsel atıksuyun demineralizasyonu için kullanılan ters ozmoz sisteminin ön arıtımı amacıyla kullanılacak olan mikrofiltrasyon sisteminin testlerini 6 yıldan fazla bir sürede tamamlamıştır.

Su Fabrikası 21 de üretilen su Orange bölgesi yer altı suyu havzasına deniz suyu sızmasını önlemek amacıyla Pasifik kıyısına bitişik akiferlere enjekte edilmiştir. Yer altı suyu havzasından kıyıya pompalamadaki artış sonuçta bölge dışından su temini ihtiyacını artırmıştır. Dışarıdan su temin etme imkanları ve fiyatının yüksekliği konusundaki endişeler Su Fabrikası 21'deki kazanım oranını artırma ihtiyacını doğurdu.

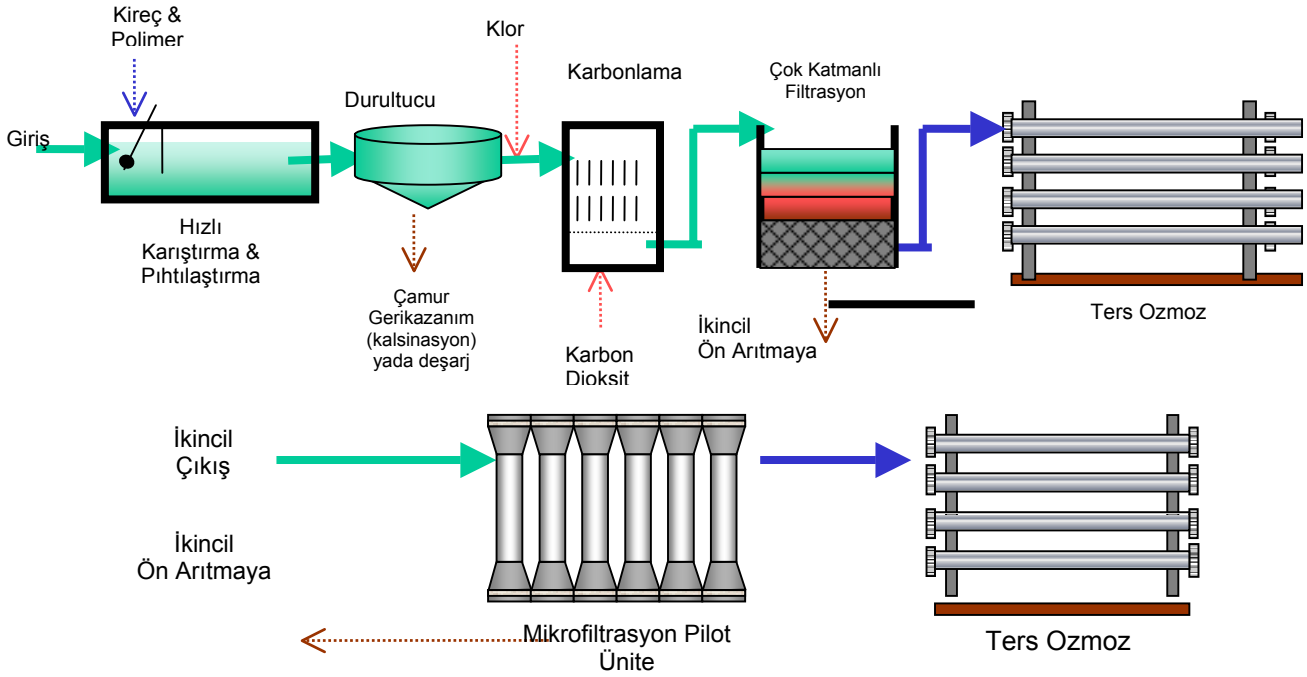
Orange bölgesi İdaresi konvansiyonel sistemin yerini alacak membran ön arıtımı çözümünü seçme ve tesis kapasitesini 2020 yılına göre genişletme niyetlerini açıkladı. Buna göre arıtılacak evsel atıksu miktarı 100.000 m³/gün'ü geçecek. Yapılan açıklamaya göre:

- Azaltılmış yerleşim alanı, membranlar konvansiyonel sisteme oranla %25 daha az alan kapladı.
- CA yerine TFC tipi ters ozmoz membranı kullanmak enerji maliyeti %50 azaltıldı.
- Ters ozmoz fluxes % 20 arttırılabildi, 17 l/m²h den 20.4 l/m²h'e çıkarak
- 1000 m³ su başına 300 kg kireç tasarrufu sağlandı.
- Operatör maliyeti azaltıldı.

Su Kalitesi	Ham Su	Mikrofiltrasyonla Arıtım	Kireçle Arıtım
Bulanıklık (NTU)	2-5	<0.1	1
Askıda Katılar (mg/l)	5-10	<1	2-3
Toplam Organik Karbon (mg/l)	10-12	8-10	8-10
Silt Density Index	>6	1-2	5-6
Bakteri (CFU/100 ml)	10 ⁵ -10 ⁶	5-6 log azaltma	3-4 log azaltma

Ters ozmoz membranları , selüloz asetat, pilot mikrofiltasyon ünitesinin çıkış suyu ile beslenerek $20.4 \text{ l/m}^2\text{h}$ 'lik akı ile 14 hafta boyunca hiç bir kimyasal temizleme yapılmadan çalıştırıldı. Bu da Su fabrikası 21'deki mevcut ters ozmoz membranı verimliliğini %20 artırmıştır. TFC (Thin Film Composite) tipi ters ozmoz membranları ile ilgili diğer deneylerde mikrofiltre çıkış suyu ile çalıştırılan ters ozmoz membranlarının $17.7 \text{ l/m}^2\text{h}$ 'lik akı ile temizleme yapılmadan 22 haftalık çalışma periyodu sağladığı görülmüştür.

Su Fabrikası 21'deki kireçle ön arıtım ve mikrofiltasyonla ön arıtım işlemleri akış şemaları;



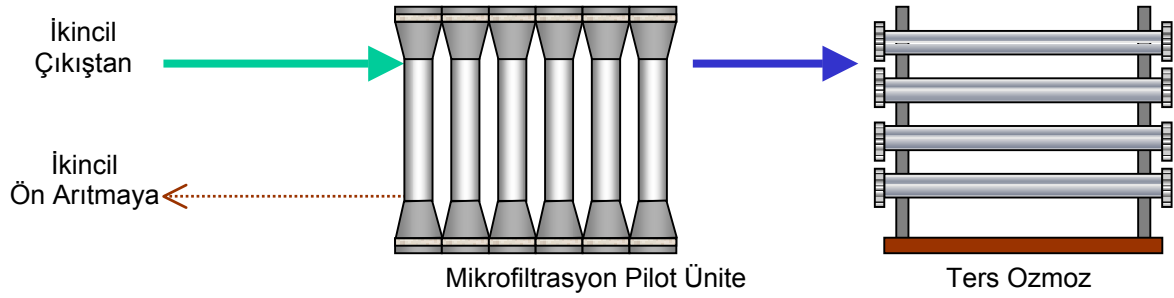
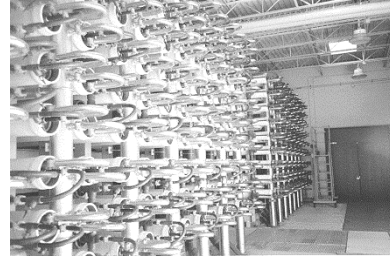
Geleneksel olarak arıtma yukarıdaki şekilde görüldüğü gibi kireçleme, durultma, karbonlama (karbondioksit ilavesi) ve çok katmanlı filtreyondan oluşmaktadır. Deneyimler göstermiştir ki ters ozmoz sisteminin performansının sürekliliği açısından bu çok aşamalı ön arıtımın işletilmesi oldukça zordur. Mikrofiltasyonla yapılan ön arıtım işletme açısından konvansiyonel sisteme oranla daha basittir. Mikrofiltasyonla yapılan ön arıtım işletme ve bakım maliyetlerini düşürürken kapasiteyi de artırmaktadır.

Batı Bölgesi Su İdaresi, El Segundo, California

($11.500 \text{ m}^3/\text{gün}$, $470 \text{ m}^3/\text{saat}$) 1997'den beri işletiliyor.

Batı bölgesindeki projeler; yapılan 9 aylık denemelere ve Su Fabrikası 21 de yapılan çalışmalar boyunca geliştirilen Sürekli Mikrofiltasyon/Ters Ozmoz teknolojisine olan güvene dayanılarak hazırlanmıştır. Batı bölgesinde atıksuyun tekrar kullanımına yönelik iki proje tatlı su akiferine tuzlu su girişini engelleyecek enjeksiyon projesi ile birlikte başlatıldı. Hyperion'dan gelen ikincil atıklar bu sistemin yükünü azaltacak bir yol olarak kullanıldı. 1997 yılında Mobil ve Chevron rafinerilerinin yüksek basınç kazanlarını beslemek amacıyla $15.000 \text{ m}^3/\text{gün}$ kapasiteli Sürekli Mikrofiltasyon/Ters Ozmoz (TFC tipi membranlarla) sistemi Memcor tarafından temin edildi. Yapılan ilk projede $11.500 \text{ m}^3/\text{gün}$ kapasiteli Sürekli Mikrofiltasyon tesisi , tatlı suya tuzlu su girişini engelleyecek enjeksiyon sistemine su temin eden Ters Ozmoz sisteminin ön arıtımı amacıyla kullanıldı.

Ayrıca batı bölgesinin sahip olduğu ve Mobil Rafinerisi yakınında işlettiği $12.000 \text{ m}^3/\text{gün}$ kapasiteli Sürekli Mikrofiltasyon/Ters Ozmoz sistemi bulunmaktadır. Bu tesisle Batı bölgesi müşterilerine 100'den fazla resirküle ettirilmiş su temin etmektedir.



Sürekli Mikrofiltrasyon ; kireç kullanımını ,geri kazanım sistemlerini, pıhtılaştırmayı , durultmayı , karbonlamayı ve filtrasyonu gereksiz kıldığı için atıksu geri kazanım prosesini basitleştirmiştir. Bunun sonucunda kimyasal madde tüketimi azalmış ve atık çamur oluşmadığı için de atık çamuru uzaklaştırma problemi de ortadan kalkmıştır.

Aşağıda Mart 1999'da AWWA Membran Konferansında sunulan , Ters Ozmoz sisteminin ön arıtımı amacıyla kullanılan Konvansiyonel sistem ile Mikrofiltrasyon sistemleri arasında İlk Yatırım ve İşletme maliyetleri açısından yapılan bir karşılaştırma tablosu yer almaktadır.[4]

Her iki ön arıtma sistemi için hesaplanan işletme maliyetleri Temmuz 1997 ile Ekim 1998 tarihleri arasındaki veriler dikkate alınarak hazırlanmıştır.

Maliyet Tablosu

Tanımlama	Konvansiyonel Ön Arıtma		Mikrofiltrasyon	
	(a) £	(b) £/1000 m ³	(c) £	(d) £/1000 m ³
Sabit Maliyetler				
İlk Yatırım Maliyeti	586,851	84	276,720	78
İşletme&Bakım Giderleri	197,446	28	49,362	14
Yedek Parça Temini	<u>21,875</u>	<u>3</u>	<u>49,269</u>	<u>14</u>
Sabit Maliyetler Alt Toplamı	806,172	115	375,351	106
Değişken Maliyetler				
Kimyasal Madde Maliyetleri	490,581	54	62,637	17
Çamur oluşumu ve kontrolü	310,467	34	7,960	2
Enerji	<u>122,916</u>	<u>13</u>	<u>49,994</u>	<u>13</u>
Değişken Maliyetler Alt Toplamı	923,964	101	120,591	32
Toplam Sabit ve Değişken Maliyetler		226		138

Kalite Tablosu

	Konvansiyonel Ön Arıtma	Mikrofiltrasyon
Ham Su Bulanıklığı (NTU)	4.5-7.5	4.5-7.5
Arıtılmış Su Bulanıklığı	0.12-0.32	0.06-0.10
SDI	4.2-6.5	0.8-2.2

Proses Tasarım Alanları

TEMEL ALANLAR	Konvansiyonel Ön Arıtma Durultucu 3 Katmanlı Filtrasyon Kartuş Filtre Ters Ozmoz	Mikrofiltrasyon Filtre Mikrofiltrasyon Kartuş Filtre Ters Ozmoz
DEĞİŞEBİLİR ALANLAR	Kireç Demir Klorür Sodyum Hipoklorit Sülfürik Asit Çökeltme Önleyici Madde	Sodyum Hipoklorit Sülfürik Asit Çökeltme Önleyici Madde

Lanzarote, Kanarya Adaları

(1997'den beri işletilen Ticari Tesis)

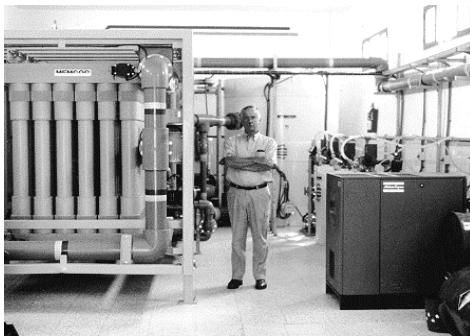
Kanarya adalarında su, özellikle doğu adalarını, Gran Canaria, Fuerteventura ve Lanzarote bölgelerinin gelişimini ciddi bir şekilde etkileyen az bulunur bir kaynaktır.[1]

Nüfus artışı ve ekonomik büyümenin yaşandığı son 20-30 yıl boyunca adalar genelinde su ihtiyacında bir artış meydana geldi. Yer altı suyunun fazla çekilmesine bağlı tuzlu su girişi ve atık su deşarjlarıyla şu anda birçok akifer kirlenmiş durumdadır. Bu günlerde deniz suyu ve acı suyun tuzluluğunun giderilerek yüksek maliyetle elde edilen tatlı su Doğu Adalarının ana su kaynağı haline gelmiştir.

Tarımsal sulama amaçlı su ihtiyacı toplam su ihtiyacının %60'ını oluşturmaktadır ve bu miktarın karşılanması için atık suyun geri kazanımı üzerinde durulmaktadır. 2006 yılı için yapılan bir proje ile tüm adadaki toplam 125.000 m³/gün'lük atık suyun %80'i geri kazanılacaktır.

Mikrofiltrasyonla ilgili pilot tesis çalışmaları Gran Canaria'daki DERE A araştırma ve geliştirme merkezinin yönetiminde Mart 1997 de tamamlandı. Mikrofiltrasyon ve Ters Ozmoz sistemleri kullanılarak kurulan Lanzarote'deki ticari tesis 1200 m³/gün kapasite ile çalışmaktadır.

Bu Sürekli Mikrofiltrasyon tesisi %85 kazanımla 1020 m³/gün mikrofiltreden geçirilmiş su üretirken bu suyun 600 m³/gün'lük kısmı Ters Ozmoz sisteminde arıtılarak %72 kazanımla 430 m³/gün tuzluluğu giderilmiş su üretmektedir.



Ters Ozmoz tesisinde giriş ve çıkış suyu Toplam Çözünmüş Katı (TDS) değerleri sırasıyla 1100 mg/l ve 20 mg/l'dir. Görüldüğü gibi Toplam Çözünmüş Katı (TDS) giderme oranı %98 dir. Bu tesiste FİLMTEC BW 30-400 tip membranlar kullanılmıştır.

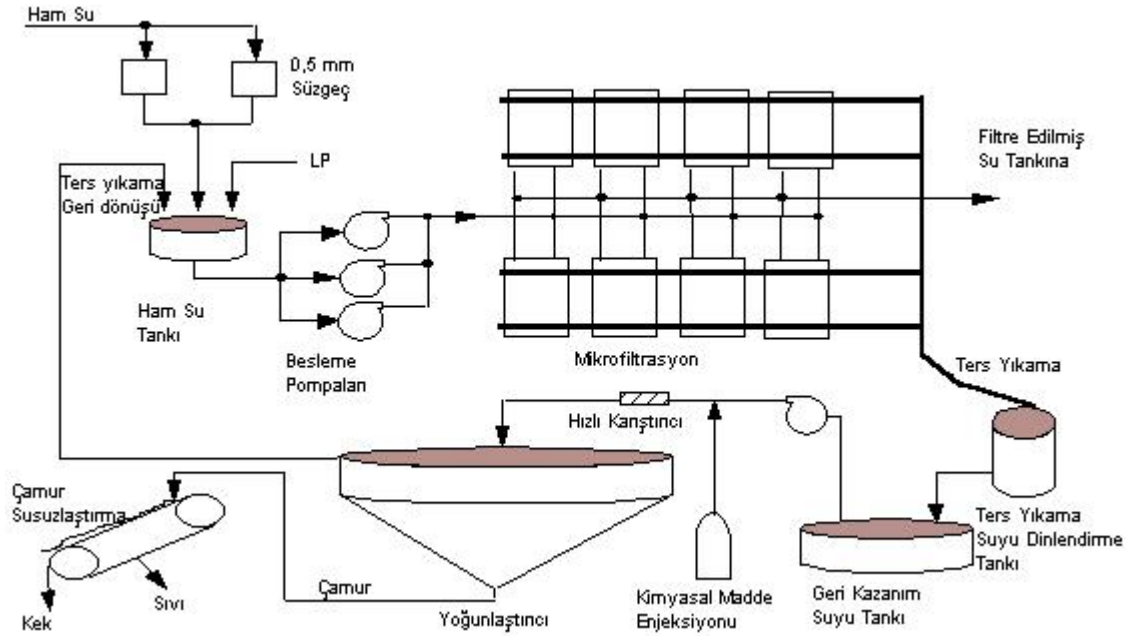
Sonuçlar;

- Sürekli Mikrofiltrasyon sistemi tüm askıda katı (çıkış değeri < 1 mg/l) bulanıklığı (çıkış değeri < 1 NTU) ve toplam ve fekal koliformları gidememektedir.

- Sürekli Mikrofiltrasyon sistemi çıkışındaki suda 15 dakikalık SDI ölçümü 3'ün altında olurken Atıksu arıtma tesisi çıkışındaki SDI değeri ise yüksek koloidal madde miktarı yüzünden ölçülemezdir.
- Kasım 94-Aralık 95 arasında ilk bir yıllık işletme esnasında Sürekli Mikrofiltrasyon sisteminin kazanım oranı ortalama % 85 olmuştur.

Samsung General Chemicals Co. Ltd, Daesan , Kore Cumhuriyeti
(30.000 m³/gün, 1.250 m³/saat kapasiteli 1996'den beri işletilen ticari tesis)

Daesan Bölgesindeki su kesintileri o bölgedeki endüstrileri kirlenmiş bir nehri endüstriyel su kaynağı olarak kullanmaya zorladı.Yerel Endüstriler 80'li yıllar öncesinden beri bu yüzeysel su kaynağından yüksek kalitede endüstriyel kullanım suyu temininde Ters Ozmoz sistemini kullanmaya başlamışlardı. Her nasılsa yapılan ilk tesislerde SDI değerini 3'ün altına indiremeyen ve bu nedenle ters ozmoz membranlarında tıkanmalara yol açan konvansiyonel ön arıtma kullanılmıştı. Bu membran tıkanması kapasitenin düşmesine ve membranların zamanından önce yetersiz kalmalarına sebep oldu. Mikrofiltrasyon sistemi SDI değerini 3'ün altına indirmeyi sağlayarak aynı zamanda daha bütünsel ve daha güvenli işletme şartlarını temin etti.



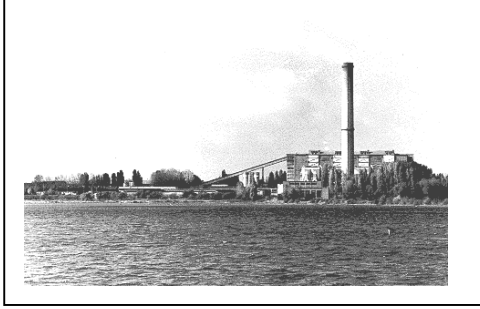
İşletme Sonuçları

Parametre	Giriş	Sürekli Mikrofiltrasyon Çıktısı	Ters Ozmoz Çıktısı
Bulanıklık (dry)	200 NTU	0.5 NTU (max)	
Askıda Katılar	50 mg/l (max.)	<1 mg/l	
Toplam Demir	1 mg/l (max)		
Toplam Silika	5.5 mg/l (max.)		
Toplam Koliform		10 cfu/ml (max.)	
SDI	Ölçülemeyecek kadar yüksek	3 (max.)	
Ters Yıkama Süresi		22 dakika	N/a
Besleme Basıncı		150 kPa	
CIP		7 gün	30 gün

Burada yüzey suyunun tuzluluğunun giderilmesi için kullanılan Ters Ozmoz sisteminin ön arıtımı amacıyla biri konvansiyonel diğeri Sürekli Mikrofiltrasyon olan iki farklı teknoloji kullanılmıştır.

Parametre	#1 Tesis	#2 Tesis
Ön arıtma sistemi	Konvansiyonel	Sürekli Mikrofiltrasyon
Ters Ozmoz Kapasitesi	210 m ³ /saat x 7 35.000 m ³ /gün	210 m ³ /saat x 6 30.000 m ³ /gün
Temizleme Periyodu	10 gün	30 gün

Vertesi Power Plant Co.
Bokod Güç İstasyonu 235MW, Oroszlany, Macaristan
(Kapasite: 88 m³/h, 1994'den beri işletilmekte)

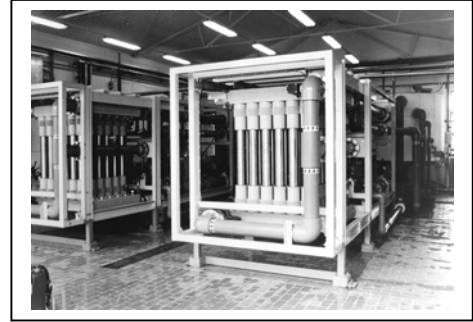


Yüksek basınçlı kazan besleme suları için alg yüklü acı göl suyunun arıtımı, içme suyu niteliğindeki iyi sular ile karşılaştırıldığında daha zordur. Konvansiyonel Ters Ozmoz, güç istasyonları için kullanılan bu tür su kaynaklarını arıtmak için kolaylıkla uygulanamazken Sürekli Mikrofiltrasyon, bu uygulamalarına kolaylık sağladı.

Son on yıldır soğutma gölleri kalitesi önemli ölçüde tavin edilmiştir. Çözünmüş tuz miktarı 6000 mg/l toplam çözünmüş madde (TDS)'ye, alg miktarı gelişme döneminde 225x10⁶ sayı/l'ye ve toplam askıda katı madde seviyesi

100 mg/l'ye yükselmiştir. Bu değişimler güç istasyonundaki mevcut deiyonizerin kullandığı kimyasal miktarını büyük ölçüde arttırmış, rejenerasyonlar arası periyod kısalmış ve işletme güçleşmiştir. Bu durum istenilen su kalitesi devamını sağlamak için iş ve bakım maliyetlerini gündeme getirmiştir.

Projenin amacı işletme maliyetlerini minimuma indirecek ve mevcut iyon değiştirme sistemini ham sudaki değişimlerden kaynaklanacak olan problemlere karşı koruyarak yüksek kalitede ve güvenilir su üretecek en iyi teknik çözümü bulmaktır. Ayrıca işçi ihtiyacını azaltmak ve daha elverişli işletme sağlamak da gereklidir. Mikrofiltrasyonlu ters ozmoz ön arıtımı aşağıda belirtilen faydaları ile, teklif edilebilir en iyi ve en ekonomik uygulanabilir teknik çözüm olarak seçilmiştir.



- düşük kimyasal tüketimi
- düşük enerji tüketimi
- tam otomatik işletme
- değişken ve kötü ham su kalitesi ile arı su kalitesinin garanti edilmesi
- iki aşamalı membran prosesi (CMF&RO)
- kimyasal rejenerant maliyetlerindeki düşüş ile deiyonizer kapasitesinin önemli ölçüde artırılması

Parametre	Sürekli Mikrofiltrasyon	Ters Ozmoz
Sistem	2x36M10C ünitesi	Parelel herbiri 26 m ³ /h kapasiteli 2xLF 26000 ünitesi
Membran malzemesi/yapısı	Polipropilen, 0.2 mikron hollow fibre	Deniz suyu yüksek tuzluluk tutabilen ince film membran (SWHR), spiral wound
Kazanım	% 85	% 60-70
Çıkış debisi	44 m ³ /h yedekli konumunda veya 88 m ³ /h paralel çalışma konumunda	26 m ³ /h yedekli konumunda veya 52 m ³ /h paralel çalışma konumunda
Besleme	Göl suyu (TDS 6000 mg/l)	
Geri yıkama süresi	15 dakika	
Temizleme aralığı (CIP)	5 gün	4-8 hafta

Ters yıkama sıklığı değişken ve ham su kalitesine göre otomatik olarak belirlenir. Sürekli Mikrofiltrasyon (CMF) üretim suyu bakteri ve askıda maddelerden arınmıştır. Bu, askıda maddeleri yaklaşık olarak 20 µm (mikron) seviyesinde uzaklaştıran ve Ters Ozmoz sistemine giriş suyundaki bakteri yükünü azaltmayan konvansiyonel ön arıtma sistemleri ile karşılaştırıldığında önemli bir yarardır.

Ters Ozmoz Sistemi

Ön arıtmadan geçmiş su basınçlı pompalar ile donatılmış düşük basınçlı Ters Ozmoz sistemine iki adet 5 µm polipropilen kartuşlardan (çelik housingli) geçirilerek beslenir. Bu arada sülfirik asit ve çökelmeyi önleyici kimyasal madde (anti-scalant) dozajlaması yapılır. Asit, besleme suyu pH'ını 7 'e ayarlamak, çökelmeyi önleyici kimyasal madde (anti-scalant), membran yüzeyi üzerinde kireç oluşmasını önlemek amacı ile kullanılır. Basınç pompaları 47-48 barlık gerekli işletme basıncını sağlayan çok kademeli santrifüj yüksek basınç pompalarıdır.

Zenon Systems Tatabanya Macaristan tarafından sağlanan Ters Ozmoz Sistemi herbiri 26 m³/h üretim kapasiteli paralel çalışan iki adet LF 26000 ünitelerini kapsar. Ters Ozmoz membranları 6 adet güçlendirilmiş her biri 6 adet SWHR membranları içeren plastik basınç kapları içine yerleştirilmiştir.

Ters Ozmoz % 60-70 kazanım oranına sahiptir. Bu kazanım oranı en uygun çökelmeyi önleyici kimyasal madde (anti-scalant) kullanımında Ters Ozmoz sisteminin işletme limitidir.

TDS giderimi %99.5 olup, minimum giderim 25 °C sıcaklık, 800 psi basınç ve 32.000 ppm NaCl standart test koşullarında % 99.2 'dir. Membranlar her 4-8 haftada bir temizlenirler. Temizleme işlemi, normal işletme yüksek basınç ve düşük debi kullanırken, düşük basınç ve yüksek debideki suyun membranlardan geçirilmesi ile gerçekleştirilir.

Arıtılmış su iletkenliği 10-15 µs/cm'dir. Mayıs 1994 tarihinde işletilmeye alınan bu sistem aşağı akışlı iyon değiştirme sistemi işletme maliyetlerini % 50 azaltmıştır.

Bu projenin başlıca yararları şöyledir:

- Membran teknolojisi minimum kimyasal tüketimi ile basit fiziksel ayırımı kullanır.
- Kimyasal kullanımı %90 azaltılmıştır.
- Çıkış değerleri orantısal olarak azalmıştır.
- İşletme, acil durum bakım işleri büyük ölçüde azaltılmıştır.
- Güç tüketimi azaltılmıştır.
- Geri ödeme süresi 4 yılın altında olacaktır.

SONUÇLAR

1. Sürekli Mikrofiltrasyon/Ters Ozmoz (CMF, RO) teknolojisi evsel atık su, değişken nehir suları ve kanal suları gibi uygulanabilirliği güç su kaynaklarının kullanılmasına izin verir.
2. Mikrofiltrasyon, Ters Ozmoz giriş suyu kalitesinin kontrollü ve tutarlı olmasını sağlar.
3. Sürekli Mikrofiltrasyon giriş suyu kalitesinden bağımsız sürekli yüksek kalitede çıkış suyu üretir.
4. Mikrofiltrasyon, Ters Ozmoz sistemi için gerekli olan membran sayısını % 40'a varan oranlarda düşürür.
5. Mikrofiltrasyon membranları Ters Ozmoz ön arıtım prosesini, hem önarıtım hem de Ters Ozmoz sistemi işletme maliyetlerini düşürmeye yardımcı olmuştur.
6. Sürekli Mikrofiltrasyon sisteminin konvansiyonel sistemlerden tüm ömür maliyetleri bakımından daha ekonomik olduğu kanıtlanmıştır.
7. Sürekli Mikrofiltrasyon TFC tipi Ters Ozmoz membranlarının evsel atıksular üzerinde sabit şartlarda işletimini sağlar.
8. Sürekli Mikrofiltrasyon ile çıkış sularının yeniden kullanımı-özellikle evsel atıksular için gerçektir. Böyle yapılarak gerçekleştirilen işletimler de oldukça gereklidir.

KAYNAKLAR

- [1] MP del Pino, Water reuse using CMF and EDR or RO, Innovations 2000, 1998Cambridge, UK
- [2] G.L Leslie et al., Pilot testing of microfiltration and ultrafiltration upstream of reverse osmosis during reclamation of municipal wastewater. 1997
- [3] Water desalination report, Vol. 34, No.47 November 26, 1998. MariaCarmen Smith, Pub-Ed, PO Box 10, Tracey's Landing, MD 20779, USA.
- [4] Won W, Sheilds P., Comparison Life Cycle Costs for Operation of Full Scale Conventional Pretreatment/RO and MF/Ro Systems, , West basin Municipal Waster District, 1935 Hughes Way, El Segundo, CA 90245.
- [5] R Gere A., Microfiltration Operation Costs, AWWA volume 89, Issue 10.

ÖZGEÇMİŞ

Yazar, Vivendi Water'a bağlı membran ayırma teknolojisiyle büyük kapasiteli su arıtma ve atıksudan geri kazanım uygulamaları yapan Memcor firmasında iş geliştirme sorumlusu olarak çalışmaktadır.

Su ve atıksu arıtımında 25 yıllık bir tecrübesi olan yazar 7 yıl süreyle BP'nin Avrupa, Afrika ve orta doğuda yağ ve gaz arama ve üretimi yapan Olipius firmasında teknik danışmanlık yapmıştır.

1987'de Memcor'a katılan yazar bu tarihten itibaren yüksek bulanıklık içeren ve kalitesi değişken olan suların membran ayırma teknolojileriyle arıtılması, crytospoidia giderimi ve atıksu arıtımı konularında çalışmaktadır. Enerji santralleri, rafineriler ve kazan besleme suları için atıksudan geri kazanım gibi büyük ölçekli uygulamalarda da bulunmuştur.

Cranfield Üniversitesi Su Bilimleri Okulunda misafir öğretim üyesi yapan yazar aynı zamanda Chartered Institution of Water Environmental Management ve Sales and Marketing Management enstitüleri üyesidir.