



T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MEMBRAN AYIRMA TEKNİĞİ İLE İÇME SUYU ELDE EDİLMESİ

Yasin ANDIRICI

YÜKSEK LİSANS

Kimya Anabilim Dalını

MAYIS 2014
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Yasin ANDIRICI

28/05/2014

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MEMBRAN AYIRMA TEKNİĞİ İLE

İÇME SUYU ELDE EDİLMESİ

Yasin ANDIRICI

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Kimya Anabilim Dalı

Danışman

Yrd.Doç.Dr. Fatih DURMAZ

2014, 105 sayfa

Jüri

Prof.Dr. Hüseyin KARA

Doç.Dr. Mustafa TABAKCI **Yrd.Doç.Dr. Fatih DURMAZ**

Bu çalışma, Konya ili içme ve kullanma suyunun yaklaşık yüzde kırkını karşılayan Altınapa baraj suyunun, bir membran arıtma tekniği olan ultrafiltrasyon sistemi ile arıtılmaya uygunluğunu incelemek amacıyla yapılmıştır. Bu amaçla baraj suyundan yaklaşık 3 aylık bir dönemde haftada bir kez olmak üzere yaklaşık yüzer litrelik numuneler alınarak pilot ölçekteki ultrafiltrasyon sisteminden geçirildikten sonra giriş ve çıkış sularının fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik analizleri yapılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir.

Analiz sonuçlarına göre; Ham su,Ultrafiltrasyon pilot sisteminden geçirildikten sonra ortalama giriş bulanıklık değeri 10 NTU iken partiküllerin neredeyse tamamen uzaklaştırılarak değerin 0,14 NTU a düştüğü, ortalama giriş suyu AKM değeri 9,5 mg/L iken tamamen uzaklaştırıldığı aynı şekilde sularda en çok bulunan bakterileren olan E.coli,

Koliform ve Enterekok un ham sudaki seviyeleri her ne olursa olsun tamamen uzaklaştırıldığı görülmüştür. Beklenildiği üzere suyun yapısındaki iyon miktarlarında, pH ve elektriksel iletkenliğinde ise kayda değer bir değişim görülmemiştir.Bu sonuçlar ışığında; Altınapa baraj suyunun ultrafiltrasyon tekniği ile arıtılmaya uygun olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Arıtma, İçme suyu, Membran Ayırma, Ultrafiltrasyon, Yüzey suyu

ABSTRACT

MS THESIS

OBTAINING DRINKING WATER BY MEMBRANE SEPERATIONTECHNIQUE

Yasin ANDIRICI

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF

SELÇUK UNIVERSITY

THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE

IN CHEMISTRY

Advisor

Asst.Prof.Dr. Fatih DURMAZ

2014, 105 pages

Jury

Prof.Dr. Hüseyin KARA

Assoc.Prof.Dr. Mustafa TABAKCI **Asst.Prof.Dr. Fatih DURMAZ**

This thesis is prepared for examining the suitability of Altınapa Dam water which provides approximately 40%of drinking and potable water of Konya, for ultrafiltration system which is a membrane separationtecnique. For this reason, every week 100l of water taken from dam, passed from ultrafiltration system, analyzed physically, chemically and microbiologically and results reviewed for 3 months period.

According to analyse results ; raw water after treatment in ultrafiltration pilot system when its avarage turbidity value İnput is 10 NTU, it decreases 0.14 NTU because of particuls are almost removed. When average İnput water AKM value is 9.5mg/lt and particuls are all removed from water ; even E.coli, Enterekok and Koliform - the most including bacteria in the water- have hıgh levels in raw water it removes from water any way.

As we expect, there is no change on amount of ions in water structure, ph and electrical conductivity. According to these results, water of Altınapa Barrage is appropriate for purficationing by ultrafiltration technique.

Keywords: Drinking Water, Membrane Seperation, Surface Water, Treatment, Ultrafiltration

TEŞEKKÜR

Bu çalışma sırasında her türlü desteğini esirgemeyen saygıdeğer hocam ve danışmanım Yrd. Doç. Dr. Fatih DURMAZ' a, tez çalışmamda değerli fikirlerinden ve yardımlarından faydalandığım, beni bilgi ve tecrübesiyle destekleyen, çalışmamda gösterdiği ilgi ve sabrından dolayı hocam Sayın Prof. Dr. Hüseyin KARA'ya, çalışmalarda kullanılan numunenin temini ve sağladığı diğer imkanlar için KOSKİ Genel Müdürlüğü'ne sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca bu çalışmam esnasında beni her yönden destekleyen aileme sonsuz teşekkür ederim.

Yasin Andırıcı

Konya 2014

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **i**

ABSTRACT ..... **v**

TEŞEKKÜR ..... **vii**

1. GİRİŞ **1**

1.1 Amaç ve Kapsam 1

2. KAYNAK ÖZETLERİ **3**

2.1 Su ve Önemi 3
2.2 Suyun Kaynakları 4
2.2.1 Su dağıtımı 4
2.2.1.1 Yüzey suyu 5
2.2.1.2 Nehir altı akımı 6
2.2.1.3 Yer altı suyu 7
2.2.1.4 Donmuş su 8
2.2.1.5 Yağmur suyu toplama 9
2.2.1.6 Geri dönüştürülen su 10
2.2.1.7 Tuzdan arındırma (Desalinasyon) 11

3. SU KİRLİLİĞİ **12**

3.1 Su Kirliliği ve Nedenleri 12
3.2 Su Kirliliğinin Zararları 17

4. SU TASFİYESİ **19**

4.1 Su Tasfiyesinin Amacı 19
4.2 İçme Sularının Özellikleri 19
4.2.1 İçme suyu standartları 22
4.3 Su Tasfiyesinde Amaç ve Temel İşlemler 24
4.3.1 Yumaklaştırıcılar 25
4.3.1.1 Yumaklaştırmanın verimliliğine etki eden unsurlar 25
4.4 Tasfiye Akım Şemaları 26

5. KONYA İÇME SUYU ARITMA TESİSİ **28**

5.1 Yüzey Suyu Arıtma Prosesinde Kimyasal Çöktürmenin Dezavantajları 28

6. SU ARITIMINDA KULLANILAN İLERİ TEKNOLOJİLERDEN MEMBRAN ARITMA SİSTEMLERİ **31**

6.1 Membran Teknolojisi 31
6.2 Membranların Sınıflandırılması 32
6.3 Membran Prosesleri 35
6.3.1 Genel bilgiler 35
6.3.2 Membran proseslerinin uygulama alanları 35
6.3.3 Membranın tanımı 36
6.3.4 Membran hazırlanmasında kullanılan materyaller ve bazı metotlar 36
6.4 Membranların İşlev ve Özellikleri 37
6.4.1 Basınç etkisiyle yapılan membran prosesleri 38
6.4.1.1 Mikrofiltrasyon (MF) 39
6.4.1.2 Ultrafiltrasyon (UF) 39
6.4.1.3 Nanofiltrasyon (NF) 39
6.4.1.4 Ters Ozmos (RO) 39

6.4.2 Elektrik etkisiyle çalışan membran prosesleri 41
6.5 Akım Türleri 42
6.6 Membranların Yapısı 43
6.7 Membran Modül Konfigürasyonları 44
6.7.1 Tübular modüller 44
6.7.3 Plaka ve çerçeve modüller 47
6.7.4 Spiral sarım süzücüler 47
6.8 Akı, Su Kazanımı, Rejeksiyon 49
6.9 Membran Kirlenmesi / Tıkanması 49

7. ULTRAFİLTRASYON 51

7.1 Ultrafiltrasyon Uygulamaları 52
7.2 Ultrafiltrasyonun Çalışma Prensibi 53
7.3 Ultrafiltrasyon Sisteminin Güvenliği 53
7.4 Ultrafiltrasyonun Ekonomik Avantajları 53
7.5 Ultrafiltrasyon Prosesi Özeti 54
7.6 Ultrafiltrasyonun Avantajları 55
7.7 UF prosesinin Genel Açıklaması 55
7.7.1 Teknoloji 57
7.7.1.1 Filtrasyon geri yıkama kimyasal genişletilmiş geri yıkama 57
7.7.2 Ultrafiltrasyon Prosesinin Suya Yönelik Uygulamaları 58
7.7.2.1 Son bariyer içme suyu üretimi 58
7.7.2.2 Yüzey suyu arıtımı 58
7.7.2.3 Deniz suyu arıtımı 58
7.7.2.4 Atık su geri kazanımı 59

8. MATERYAL VE YÖNTEM 60

8.1 Pilot UF Membran Sistem ve Özellikleri 60
8.2 UF Modülünün Diğer Teknik Özellikleri 62
8.3 Altınapa Baraj Suyunun Pilot-Ölçek UF Membran Sistemiyle Arıtılması 62
8.3.1 Filtrasyon adımı 63
8.3.2 Geri yıkama işlemi 63
8.3.3 Forward flush (İleri doğru çalkalama) İle Dikey Yıkama İşlemi 65
8.4 Analitik Ölçümler 66

9. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA 72

9.1 İyileşme Sağlanan Fiziksel ve Kimyasal Parametreler 85
9.1.1 Bulanıklık 85
9.1.2 AKM 86
9.2 İyileşme Sağlanan Mikrobiyolojik Parametreler 87
9.2.1 E.COLI bakterisi 87
9.2.2 Koliform bakteri 88
9.2.3 Enterekok bakterisi 89
9.3 Bulanıklık Gideriminin Grafiksel Gösterimi 90

10. SONUÇ VE ÖNERİLER 91

KAYNAKÇA 93

EKLER 97

ÖZGEÇMİŞ 105

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1: Membran Prosesler 32
Şekil 2: Değişik Ayrım Süreçlerinin Uygulanabilirlik Aralıkları 33
Şekil 3: Süzülen Madde, Gözenek Çapı Ve Membran Prosesleri Arasındaki İlişki 38
Şekil 4: Basınç Etkisiyle Çalışan Membran Prosesinin Şematik Gösterimi. 41
Şekil 5: Elektrodiyaliz (ED) Prosesi Akım Şematiği. 42
Şekil 6: Membran Akım Türleri Şematik Gösterimi. 43
Şekil 7: Hollow Fiber Modüllerin İşletim Modları. 45
Şekil 8: Hollow Fiber Bir Modülün Ara Kesiti 46
Şekil 9: Spiral Sarım Bir Membran 47
Şekil 10: Spiral Sarım Membran Modülleri Ve Basınç Kabı 48
Şekil 11: Çok Kademeli (Multi-Stage) Olarak Tasarlanmışbir Ro Arıtma Sisteminin Akım Şeması(Konsantre Akımına Göre Kademeli). 48
Şekil 12: Çapraz Akış Ve Dead-End Sistem Arasındaki Fark 56
Şekil 13: Kapalı Sonlu Filtrasyon 62
Şekil 14: UF Modülünün Diğer Teknik Özellikleri 62
Şekil 15: Filtrasyon İşlemi 63
Şekil 16: Geri Yıkama İşlemi 64
Şekil 17: Forward flush (İleri doğru çalkalama) İle Dikey Yıkama İşlemi 65
Şekil 18: UF pilot Sistem 65
Şekil 19: D1 UF çıkışına ait anyon kromatogramı 70
Şekil 20: D1 UF çıkışına ait katyon kromatogramı 71

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1: Sudan Geçen Hastalıklar 19
Çizelge 2: Dünya Sağlık Örgütü (WHO), Amerikan Çevre Koruma Kurumu (EPA), Avrupa Birliği (EC), Türk Standartları Enstitüsü (TSE) tarafından belirlenen içme suyu kalite standartları 23
Çizelge 3: Yumaklaştırıcılar 25
Çizelge 4: Çeşitli Vasıflardaki Ham Su Kaynaklarının Özellikleri 27
Çizelge 5: Membran yapımında kullanılan çeşitli maddeler 37
Çizelge 6: Basınç Etkisiyle Çalışan Membran Prosesleri İçin Tipik İşletme Basınçları. 40
Çizelge 7: Su Arıtımında Kullanılan Bazı RO ve NF membranları ve özellikleri 44
Çizelge 8: Çalışma aralıkları 72
Çizelge 9: Tüm analiz sonuçlarının toplu gösterimi 72
Çizelge 10: pH değişimi 73
Çizelge 11: İletkenlik değişimi 74
Çizelge 12: Toplam sertlik değişimi 75
Çizelge 13: Kalsiyum değişimi 76
Çizelge 14: Mağnezyum değişimi 77
Çizelge 15: Klorür değişimi 78
Çizelge 16: Sülfat değişimi 79
Çizelge 17: Nitrit değişimi 80
Çizelge 18: Nitrat değişimi 81
Çizelge 19: Florür değişimi 82
Çizelge 20: Amonyak değişimi 83
Çizelge 21: Sodyum değişimi 84
Çizelge 22: Bulanıklık değişimi 85
Çizelge 23: AKM değişimi 86
Çizelge 24: E coli değişimi 87
Çizelge 25: Koliform değişimi 88
Çizelge 26: Enterekok değişimi 89
Çizelge 27: Bulanıklık giderimi 90

1. GİRİŞ

1.1 Amaç ve Kapsam

Sanayileşme, küresel ısınma ve hızlı nüfus artışı gibi faktörlere bağlı olarak su kaynaklarının aşırı tüketimi günümüzün en önemli sorunu haline gelmiştir. Artan bu talep, insanları mevcut su kaynaklarını en az kayıpla içilebilir hale getirebilecek, yeni, daha sağlıklı, daha verimli ve ekonomik su arıtma yöntemleri üzerinde çalışmaya yöneltmiştir. Günümüzde içmeye elverişsiz olan su kaynaklarını içilebilir hale getirmek amacıyla kullanılan yöntemlerin birçoğu kimyasal çöktürme yöntemine dayanmakta olup bunun sonucu olarak suyun içerisinde insan sağlığı açısından zararlı olabilecek birçok kalıntı kalabilmektedir. Ayrıca bu kimyasallar her ne kadar ham su içeriğindeki bakteri ve virüsleri tamamen ve de bulanıklığa neden olabilecek partikülleri yüksek oranda giderse bile suyun kalitesinde önemli faktörler olan tat ve kokusunda bozulmalara neden olabilmektedir. Ayrıca son yıllarda yapılan çalışmalarda bu tip arıtma sistemlerin de sıkça kullanılan alüminyum sülfatın bir kalıntısı olan alüminyumun sınır değerlerinin altında kalsa bile sağlık açısından birçok zararları olduğu bulunmuştur.

Son on yılda su kaynaklarını daha modern sistemlerle içmeye elverişli hale getirmek için birçok avantaja sahip olan membran sistemleri üzerinde durulmaya başlanmıştır. Bu sistemlerin ilk kurulum aşamasında maliyeti yüksek olsa bile diğer arıtma sistemleriyle karşılaştırıldığında arıtılan suyun ton bazındaki maliyeti oldukça düşüktür. Membran arıtma teknikleri membranların gözenek çapına göre mikrofiltrasyon (MF) , ultrafiltrasyon (UF), nanofiltrasyon (NF) ve ters osmoz (TO) olarak dörde ayrılır.

Bu çalışmada Altınapa baraj suyunun fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik değerlerine göre ileri su arıtma yöntemlerinden membran prosesinin bir çeişidi olan Ultrafiltrasyon tekniğinin kullanılması uygun görülmüş ve bu teknikle yüzey suyundan içme suyu elde edilmesindeki verimliliğin ölçülmesi amaçlanmıştır. Altınapa baraj suyundaki iyon değerleri Sağlık Bakanlığı yönetmelik sınırlarının içerisinde olduğu için çalışmada kullanılacak membran sisteminin sadece bulanıklık, bakteri ve virüs giderimi sağlayan bir sistem seçilmesi gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. UF sistemleri gözenek çapı 0,1- 0,01 mikron olan 1-15 bar basınç aralığında çalışan sudaki bulanıklık değerini

0,1 NTU, AKM değerini 0 mg/L seviyesine indiren ve başka hiçbir kimyasal madde kullanmaksızın tam olarak bakteri-virüs giderimi sağlayan sistemlerdir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1 Su ve Önemi

İnsan/doğa ilişkisi bağlamında suyun tarihi oldukça eskilere dayanmakta, insanın kendi yaşamı için suyu yararlı kılma uğraşı ise bu ilişkinin temel belirleyeni olmaktadır. Doğanın kendi döngüsü içerisinde belli bir 'akışkanlığa' sahip olan su, birçoğumuzun yaşamı için sadece H_2O formülünden ibaret bir 'sıvı' değildir (İllich, 2007).

Su, değdiği her yere yaşam veren, birçok yönüyle yeni yaşamlar yaratan bir element, doğanın temel bileşenlerinden birisidir. Dolayısıyla insan ve doğa için yaşamsal önemde olan su, tarih boyunca insan ve doğa arasındaki ilişkinin temel belirleyenlerinden birisi olmuştur. Bu anlamda insanoğlunun "suyu yararlı kılma" uğraşısı, toplumsal, ekonomik ve kültürel yaşamın gelişimiyle eş zamanlı olarak ilerleme göstermiştir (Anonim, 2012).

Su canlıların yaşamlarını sürdürebilmeleri için gerekli ve vazgeçilmez olan tatsız ve kokusuz bir maddedir. Su yaşamın temel öğelerinden biridir. Su, bir besin maddesi olmasının yanında, içerisinde bulundurduğu mineral ve bileşiklerle vücudumuzdaki her türlü biyokimyasal reaksiyonların gerçekleşmesinde inanılmaz derecede etkin rol oynamaktadır. İnsanın %70'i sudur. Normal bir insanda yaklaşık 35 litre su bulunur. İnsan her gün terleme ve boşaltım sistemleriyle yaklaşık 2,5 litre su kaybeder. Vücudumuzun pH dengesinin korunmasından başlayarak, hücrelerdeki moleküllere ve organellere dağılma ortamı oluşturmasına; besinlerin, artık maddelerin ilgili yerlere taşınmasına kadar pek çok görev alır. Bu nedenle susuz hayat düşünülemez. Su canlının ve canlılığın her şeyidir. Su, aynı zamanda canlılar için bir yaşam ortamıdır (Baysal, 1989:9; Himes, 1991:198; Benjamin ve ark., 1997:192; Akın ve ark., 2005:133; Atabey, 2005:124).

Yeryüzünün dörtte üçünün sularla kaplı olması, dünyada su bolluğu olduğu görünümü veriyorsa da, içilebilir nitelikteki su oranı ancak % 0,74 civarındadır. 18. Yüzyılın son çeyreğinde, sanayi devrimi başlangıcında 1 milyar olan dünya nüfusu, 1950 yılında 2,5 milyar, 2005 sonunda ise yaklaşık 6,5 milyara ulaşmıştır. Dünya nüfusunun çok hızlı artışı, sanayi ve teknolojinin aşırı gelişmesi, ayrıca çevre bilincinin yeterince yerleşememesi veya yaygınlaşamaması gibi nedenler dünyada içilebilir su miktarının giderek azalmasına sebep olmaktadır. Bunların yanı sıra, içilebilir su kaynaklarının sorumsuzca kirletilmesi, geri dönüşümü olanaksız sorunların

yaşanmasına zemin hazırlamaktadır (Atalık 2006:20; Dağlı, 2005:21;Haviland, 2002:504).

Bir insan günde içmek için 5 litre (L) , kişisel temizliği için 25 L suya gereksinim duyuyor. Bir aile günde Kanada'da 350 L Avrupa'da 165 L , Afrika'da ise sadece 20 L su tüketebiliyor. TÜİK (Türkiye istatistik kurumu) in 2010 verilerine göre Türkiye de bir ailenin günlük su tüketimi ise 217 L dir.

Su zengini miyiz?

- Su zengini olduğu sanılan; ancak gerçekte su kaynakları sınırlı bir ülkede yaşıyoruz.
- DİE'ne göre Türkiye'nin nüfusu 2030'da 100 milyona ulaşacak ve Türkiye su fakiri bir ülke olacak (Atabey, 2010).

2.2 Suyun Kaynakları

2.2.1 Su dağıtımı

Su ticari bir ürün değildir, daha çok korunması, savunulması ve bakımı yapılması gereken bir mirastır. Dünyamızdaki su şu kaynaklardan herhangi birinde saklanabilir: atmosfer, okyanuslar, göller, nehirler, topraklar, buzullar, karlı alanlar ve yeraltı suyu. Hidrolojik çevrim atmosfer, litosfer ve hidrosfer biyosferleri arasında suyun hareketini ve depolanmasını betimleyen kavramsal bir modeldir

Su kaynakları insanlara yararlı unsurlardır. Su tarımsal, endüstriyel, rekreasyonel ve çevresel aktivitelerde ve evlerde kullanılır. İnsanların söz konusu alanlarda kullandığı suyun hemen hemen hepsi tatlı sudur. Yeryüzündeki suyun yaklaşık % 97'si okyanuslarda bulunur (tuzlu su). Tatlı suyun (%3) üçte ikisi ise kutuplardaki buzullarda donmuş haldedir. Tatlı suyun kalanı ise yer altında, göllerde, toprakta, atmosferde ve canlılarda bulunur.

Tatlı su yenilenebilir bir kaynaktır, ancak dünyanın temiz tatlı su kaynakları gitgide azalmaktadır. Dünyanın çoğu bölgesinde var olan su miktarı ihtiyaç duyulan su miktarından azdır ve dünya nüfusu arttıkça su ihtiyacı da artmaktadır. Suyun korunması gerekliliği 20. yüzyılda dünyadaki sulak alanların yarısından fazlasının kaybı sonucu su kaynaklarının korunması önemli hale gelmiştir. Biyoçeşitlilik açısından zengin olan tatlı

su ekosistemleri deniz veya kara ekosistemlerinden daha hızlı bir şekilde azalmaktadır. Su kaynaklarının su kullanıcılarına dağıtımı 'su hakları' olarak adlandırılır.

2.2.1.1 Yüzey suyu

"Yüzey suyu" yeraltı suyu haricindeki karalardaki sulardır; kıyılardaki tuzlu sular ve kıyı suları kimyasal durumuna bakılmaksızın bu gruba girer.

Yüzey suları yerkürenin yüzeyinde bulunan sulardır; tüm yüzeysel su kütleleri bunlar arasındadır. Halkın kullanacağı su dağıtım sistemlerini besleyen veya beslemesi düşünülen, tatlı veya tuzlu, yılın önemli bir kısmında akan veya durağan, doğal ya da yapay göller, göletler, pınarlar, nehirler, akarsular, bataklıklar, sulak alanlar ve gelgit suları sayılabilir.

Yüzey suları yağışlarla beslenir; okyanuslara boşalma, buharlaşma ve yer altına sızmayla da doğal olarak kayba uğrar. Yağışlar suyun doğal olarak artmasını sağlar, bununla birlikte su miktarını etkileyen birçok başka faktör vardır: iklim koşulları, topografya, doğal ve yapay su kaynaklarının depolama kapasitesi, zemin geçirgenliği vb. insan aktiviteleri de yüzey suyunun dağılımını ve kalitesini etkiler. Yüzey suyunun arıtımı genellikle katı maddelerin çıkarılması ve dezenfeksiyonla sınırlıdır.

Nehirler en yaygın tatlı su kaynaklarıdır, ancak seller ve kuraklık gibi nedenlerle su seviyesindeki değişiklikler, su kalitesinin bozulması, hastalıkların artışı ve yayılmasını sağlaması gibi problemler ortaya çıkarır. Nehir ,hepsi de aynı yerde toplanan bir ana kol ve çok sayıda tali koldan oluşan bir sistemdir; nehir sisteminin drene ettiği alan havza olarak bilinir. Nehirlerin en temel özelliği yerçekimi etkisiyle sürekli olarak tek yöne akmalarıdır. Avrupa'da sayısız nehir havzası ya da yatağı olmasına rağmen, nispeten küçüktürler ve uzunlukları da azdır. Yaklaşık 70 Avrupa nehri 10000 km'yi aşan bir havza alanına sahiptir. Sadece kıtanın derinlerine inen nehirler büyüktür. Avrupa'daki en büyük üç nehir: Volga (1), Tuna (2) ve Dinyeper (3) nehridir. Ancak, dünya standartlarına göre bu nehirler de nispeten küçüktür; havza büyüklükleri sırasıyla 14, 29 ve 48.'dir.

Avrupa'nın tamamında tatlı suyun ana kaynağı yüzeysel sulardır, çünkü kolayca elde edilebilir, büyük miktarlardadır ve diğer kaynaklara göre ucuzdur. Bu nedenle, çıkarılan toplam suyun % 81'ini oluşturur.

2.2.1.2 Nehir altı akımı

Nehir yatağının altındaki ve yanındaki geçirgen tortu içinden süzülen akıntıya hiporeik veya nehir altı akımı denir; öte yandan akarsudaki görünür akıntıya ise reik akım denir. Hiporeik akım yer altı suyu su tablası ile yüzey suyu arasındaki yer altı suyu akımıdır. Hiporeik terimi Yunanca kökenlidir, -hipo altında, -reo ise akım anlamına gelir.

Nehrin temelini oluşturan yer altındaki kayaların ve çakılların arasından geçen akıma ve havzasına hiporeik alan adı verilir. Bu alandaki su akışı oldukça büyüktür, hatta akarsuyun kendisinden daha büyük olabilir. Hiporeik akıntı, yüzeydeki sular kuruduğunda çöller ve kurak alanlardaki akıntının tümünü oluşturabilir. Hiporeik akıntının kaynağı akarsuyun kendisi veya çevreden akarsuya sızan su olabilir.

Hiporeik alan, yüzey sularıyla yer altı suları arasında dinamik bir ilişki sağlar ve akifer tam doluyken yer altı suyundan beslenir ve yer altı suyu azalınca onu besler. Hiporeik alanla ilgili bir dizi tanım mevcuttur. Bu tanımlar ekologlar, hidrologlar, hidrojeologlar, jeokimyacılar ve jeomorfologlar tarafından yapılmıştır.

Bu tanımlardan bazıları şöyledir:

- Akarsu kanalının altındaki veya yanındaki akarsuya su katkısı yapan alan

- Akarsu yatağının altında ya da yakınında bulunan ve açık kanaldan gelen suyla akarsu yatağının içindeki suyun birbirine karıştığı alan

- Akarsuyun etrafında fauna özelliği taşıyan alan

- Yer altı suları ve yüzey sularının birbirine karıştığı alan

- Bir miktar kanal suyu içeren akarsu yatağının altındaki alan

- Akarsu ve nehirlerin yüzey sularıyla yer değiştirdiği yer altı bölgesi

- Hem yüzey hem de yer altı sularının bulunduğu yer altı bölümü

Hiporeik alan gözlemlerde geçirgen bir ortam olarak betimlenir. Hiporeik sistemlerin çoğunda geçirgen ortamlarda yüzeysel akım olarak tanımlanan Darcy kanunları geçerlidir.

2.2.1.3 Yer altı suyu

"Yer altı suyu", yerin altında bulunan ve toprak altındaki sularla direkt ilişkili olan su demektir. Yer altı suları belediyelerin yararlandığı başlıca su kaynaklarından biridir.

Yağışlar, yüzey suları ve yeraltına sızan sular olarak dağılır. Yer altı suyu yerin altında bulunan sudur. Akifer, diğer adıyla yer altı su kaynağı jeolojik bir oluşumdur. Akifer terimi Latince kökenlidir. -aqui su, fer ise taşımak demektir. Bu oluşumun katı maddelerle dolu olmadığı kısmına gözenekli alan denir. Gözenekli alan yer altı sularının bulunduğu alandır.

Su içeren yer altı oluşumları iki yatay bölgeden oluşur: Tüm gözeneklerin suyla dolu olduğu saturasyon bölgesi ve tüm gözeneklerin hava ve suyla dolu olduğu havalandırma bölgesi. Havalandırma bölgesi de üç alt bölgeden oluşur. Kapiler bölge, ara bölge (vadoz su) ve zemin suyu bölgesi.

Akiferler şu şekilde sınıflandırılır:

- Alttan ve üstten su ve hava geçirmez oluşumlarla kuşatılmış sınırlı akifer (veya basınçlı akifer)

- Üst sınırı su tablası olan sınırsız akifer (freatik veya su tablası akiferi)

- Üstten veya alttan su kaybı ya da kazancı olan yarı sınırlı ya da sızdırabilir akifer.

Sahildeki akiferde oluşan fazla yer altı suyu tatlı su seviyelerinde artışa ve deniz suyunun akifere akmasına neden olur. Bu süreç deniz suyu girişi olarak bilinir. Bu durum akiferin kalitesini düşürür ve yer altı suyunun müteakip kullanımını önler; çünkü geleneksel bakım yöntemleri tuzu gidermez. Ayrıca, tuz kirliliği on yıllarca sürebilir.

Yer altı suyuna tuz karışması tatlı su ihtiyacının artmasına yol açar; bu da sahil suyunun tuzdan arındırılması gibi yöntemleri gerektirir. Akdeniz sahil şeridinde tuz karışmasından etkilenen geniş alanlar mevcuttur; bu durum tarım ve halk kullanımı için gereken su ihtiyacının artmasıyla sonuçlanmıştır.

Gelecekte su kaynaklarının nitelik ve nicelik açısından korunmasını sağlayan bir yönetim sistemine ihtiyaç olduğu açıktır. Günümüzde, su yönetim planının bir parçası olarak yer altı sularının saklanmasına büyük ilgi duyulmaktadır.

Yer altı su kaynakları akarsu, fırtına, yağmur vb kaynaklardan gelen sulardan oluşabilir ve farklı yöntemlerle esasen kuyular ve infiltrasyon havuzları aracılığıyla yeniden değerlendirilir. Bu yöntemlerle toplanan su birçok amaç için kullanılabilir.

Yer altı depolamanın başlıca öğeleri şunlardır:

- Depolanacak su kaynağı: Birçok su kaynağı mevcuttur; yüzey suyu, yer altı suyu, fırtına suyu, göl suları vb. Kullanılan su kaynağı hazır bulunuşluluk, kalite, güvenirlilik gibi faktörlere bağlıdır. Farklı kaynaklardan gelen sular farklı su kalitesine sahip olabilir.

- Yeniden değerlendirme metodu: Başlıca metotlar suyun havuzlar veya kuyular aracılığıyla yeniden değerlendirilmesidir. Metodun seçilmesi akifer tipine, derinliğine ve özelliklerine bağlıdır. Havuzlar ve vadoz kuyular sınırsız akiferlerde kullanılır. Başlıca tasarım kriterleri arazi hazır bulunuşluluğu, akifer tipi ve sel kontrolüdür.

- Depolama ve yönetim yaklaşımı: Akiferin su depolama kapasitesi yer altı su depolama sistemine uygun alanın seçilmesi aşamasında kritik faktörlerden biridir. Diğer bir faktör, depolama sırasında oluşabilecek su kalitesinin iyileşmesi ve / veya bozulmasıdır. Üçüncü faktör ise gözeneklerin kapanması gibi akifer üzerindeki olumsuz etkilerdir. Yer altı mağaralarında veya terk edilmiş madenlerde saklama gibi diğer metotlar da denenmiştir.

- İyileşme metodu: İyileşme boşaltım kuyuları veya çift-amaçlı yeniden değerlendirme ve iyileşme kuyuları veya yüzeydeki su kaynaklarına doğal boşaltım aracılığıyla sağlanır. Yer altı sularının yüzeye çıkışına örnek olarak akarsuların denize dökülmesi verilebilir.

- İyileştirilen suyun kullanımı: Su kalitesi depolanan suyun en son kullanımına bağlıdır. Son kullanımdan önce bakım gerekebilir. Başlıca kriterler nitelik, nicelik, kullanma süresi ve güvenirliliktir. Su madenciliği veya fazla su çekimi terimi, akiferin dolma kapasitesinden fazla su çekilmesi sonucu yer altı su seviyesinin düşmesi durumunda kullanılır.

2.2.1.4 Donmuş su

Daha önce belirtildiği gibi, içilebilir su olarak kullanılabilecek olası bir kaynak olan dünyadaki tatlı suyun üçte ikisi buzullarda ve kutup başlarında donmuş haldedir.

Buz deniz suyundan daha temizdir ve neredeyse içilebilir niteliktedir, ama eridiğinde deniz suyuyla karışır ve yararsız hale gelir.

Son yıllarda kuzey kutbundan ve Antarktika'dan tatlı su getirme teorisi öne sürülmüştür. Buzullar her yıl binlerce km buzu, buz dağları olarak kaybetmektedir.

Okyanuslara karışan yıllık buzdağı su miktarı dünyanın yıllık tatlı su tüketiminin ciddi bir kısmını oluşturmaktadır. Bu buzdağları yüzlerce km büyüklüğündedir ve yaklaşık onlarca yıl erimeden kalabilir. Bu yüzden, tatlı su ihtiyacı olan yere buzdağı götürmek kulağa mantıklı gelmektedir.

Kutuplardan su elde etmek için bir dizi metot ortaya atılmıştır. Bu metotlar:

a) Buzdağlarının büyük miktarlarda buzu alabilecek fabrikalara taşınması
b) Buzun büyük bloklar halinde taşınması
c) Küçük parçalar halinde taşınması vb metotlardır.

Suyun taşınması ve elde edilmesine ilişkin birçok problem vardır. Teknik zorluklardan biri , buzdağının varış noktasına nasıl yönlendirileceğidir. Birçok sınırlama söz konusudur; az enerji ve taşıma süresiyle olabildiğince çok buz kütlesi taşımak, buzdağının boyutu ve şekli, taşıma maliyeti, hava değişimleri, ıslah yöntemi, erime oranı, uluslar arası etkiler vb.

2.2.1.5 Yağmur suyu toplama

Doğal su kaynakları, toplanan yağmur suyu, geri dönüştürülen atık su ve tuzdan arındırılan su vb. başka kaynaklarla beslenebilir. Bu metotların hiçbiri su kullanımını azaltmaz, ama geleneksel yollarla su edinimini azaltma potansiyeli taşır. Son yıllarda, bu seçenekler su kaynaklarını artırma yolları olarak kullanılmaya başlanmış ve önemleri giderek artmıştır.

Yağmur suyu doğrudan toplanabilen iyi kalitede bir su kaynağıdır. Yağmur suyu toplama, müteakip kullanım için yağmur suyunun toplanması ve depolanması sürecidir. Yağmur suyu toplama işlemi antik çağlardan beri yararlanılan bir yöntemdir.

Sudan yoksun bölgelerde yağmur suyu tek mevcut ve ekonomik su kaynağı olabilir. Yağmur suyu çatı bazlı ve kara bazlı toplama iki kategoriye ayrılır. Çatıda biriken yağmur suları bahçe sulama, araba yıkama, tuvalet gibi evsel ihtiyaçların

giderilmesinde kullanılabilir. Çatı havzası oluğa ve aşağıya doğru inen bir boruya bağlıdır; buradan geçen yağmur suyu bir tankta depolanır. Yağmur suyu toplama sisteminin kapasitesi düşen yağmur oranına, toplama alanının boyutuna, depolama kapasitesine ve evin su ihtiyacına bağlıdır. Birçok durumda, sınır düşen yağmur miktarı değil depolama tankının boyutudur. Kara bazlı yağmur suyu toplama, yeryüzüne düşen yağmurun gölet vb yerlerde toplanmasıdır. Su geçirmez alanlara dönüştürülen bu özel olarak hazırlanmış yüzeylerde büyük oranlarda yağmur suyu toplanabilir. Bu amaçla, plastik veya beton gibi materyaller kullanılır.

2.2.1.6 Geri dönüştürülen su

Doğal su kaynakları, atık su arıtma tesislerindeki ve evlerde tuvalet haricindeki atık suların (gri su) yeniden değerlendirilmesi yoluyla desteklenir.

Avrupa'da atık suların geri dönüşümüne ilişkin hiçbir resmi tanım veya talimat yoktur. Aksine, AB'de yeniden kullanım uygulamalarıyla ilgili bir uyuşmazlık söz konusudur. İki çevre yönergesi bu konuyu ele alır:

a) Şehir atık suyu arıtma yönergesi: Arıtması yapılan atık suların uygun olduğu zaman tekrar kullanılmasını ele alır ve
b) Su yönergesi: Emisyon kontrollerini, etkinlik ve yeniden kullanım ölçümlerini, su yeterlilik teknolojilerinin teşvikini ve sulama için gerekli suyun korunması tekniklerini ele alır.

Geri dönüştürülen su- yeniden kullanılan su adı da verilir. Dünyanın birçok yerinde yıllardır kullanılmaktadır. Singapur, Florida, California, Birleşik Arap Emirlikleri ve İsrail'de gelecekteki su kaynaklarının güvenliğini korumak için geri dönüştürülmüş su kullanımı anahtar rol oynamaktadır. Geri dönüştürülmüş su, sulama, endüstriyel işlemler (soğutma), parklar ve golf sahalarının sulanması ve evsel ihtiyaçlarda (tuvalet temizliği, araba yıkama ve bahçe sulama) kullanılmaktadır.

Bazı bölgelerde geri dönüştürülmüş su doğrudan veya dolaylı olarak insanların tüketiminde kullanılmaktadır. Yeniden değerlendirilip doğrudan kullanılabilir hale getirilen atık sular, bakım ve ıslah çalışmalarından sonra içilebilir hale getirilmektedir. Bu sular geniş çaplı kamu su sistemlerinde kullanılmamaktadır. Dolaylı içilebilir su, kullanılmadan önce göle ya da nehre boşaltılır. Geri dönüştürülen atık sular özel bakım gerektirir ve bu suların içilebilir hale getirilmesi pahalıdır.

Gri su, duş, banyo, küvet, çamaşır makinesi ve mutfaklardaki atık sulardır. Mutfak lavabolarındaki gri sular daha kirli olduğu için tercih edilmez. Gri sular, seçilip depolanabilir ve tuvalet temizliğinde (sifon) ve bahçe sulamada kullanılabilir. Bu suların tuvalet ve bahçe temizliği gibi alanlarda kullanımı Kıbrıs'ta başarıyla yapılmaktadır, bu kullanım sayesinde kişi başına düşen su kullanımı % 40 oranında azalma göstermiştir. 2007'de gri suların geri dönüşüm maliyetinin % 75'i devlet desteğiyle karşılanmıştır.

2.2.1.7 Tuzdan arındırma (Desalinasyon)

Bazı bölgelerde yaşanan su kıtlığı büyük bir problemdir. Deniz suyunun tatlı suya çevrilmesi çözüm olabilir ama sudaki yüksek tuz oranı içilebilir ya da kullanılabilir olmasını engeller.

İspanya batı dünyası içinde desalinasyon tekniklerini en çok kullanan ülkedir. Dünyada ise Suudi Arabistan, BAE ve Kuveyt'ten sonra dördüncü sıradadır. Tuzdan arındırılmış su en çok tarım alanında kullanılmaktadır. Ülkedeki 700 tesis günlük 1600000 m^3 su üretmektedir, bu oran 8 milyon kişiye yeterli bir orandır. Kıbrıs, Yunanistan, İtalya, Malta ve Portekiz gibi diğer Akdeniz ülkelerinde de tuzdan arındırılmış su geleneksel bir kaynak olarak kullanılmakta ve kurak yerlerdeki tatil beldelerinin su ihtiyacını da karşılamaktadır. Örneğin, Malta'da su arzının %57'sini tuzdan arındırılmış su oluşturur. Kıbrıs'ta günlük 120.000 m^3 su üretme kapasiteli iki tesis kurulmuştur. Ayrıca, günlük 20.000 m^3 su üretme kapasiteli mobil bir desalinasyon tesisi de hizmete açılmıştır. Desalinasyon kurak sayılmayan bölgelerde de yapılır; Londra'daki su şirketi Thames Water bölgedeki ilk desalinasyon tesisini kurmak için 300 milyon Euro yatırımda bulunmuştur (Koç ve Toprak, 2011).

3. SU KİRLİLİĞİ

Su canlıların yapı taşıdır. İnsan vücudunun %65'i, bitkilerin yapraklarının %65-85'i, odun kısımlarının %50'si, kanın yapısının %80-90'ı sudan oluşmaktadır. Su fotosentezinde temel öğelerinden biridir.

Kirli suların yol açtığı hastalıklardan her yıl 2,2 milyon insan ölmekte, her 8 saniyede bir bebek can vermektedir.

(Colford, J. M., ve ark, 2006, Yoder, J., ve ark, 2008,Messner, M., ve ark, 2006) 2005 den 2006 yılına kadar yaptıkları çalışmalarda ve Amerika ulusal içme suyuyla bulaşan hastalıklar sisteminin raporları da incelenerek tahmini 4 ile 33 milyon arasındaki akut mide-bağırsak hastalıklarının içme suyundan kaynaklandığı kanıtlanmıştır.

Suyun kullanım alanı

- İçme
- Temizlik
- Sebze-meyve, bulaşık/çamaşır yıkanması
- Banyo
- Yüzme
- Bahçelerin sulanması

Su kıtlığı

Kişi başına düşen yıllık su miktarının 1.000 – 2.000 m^3'ün altına düşmesidir.

3.1 Su Kirliliği ve Nedenleri

Yeryüzündeki sular, güneşin sağladığı enerji ile sürekli bir döngü içinde bulunur. İnsanlar, ihtiyaçları için, suyu bu döngüden alır ve kullandıktan sonra tekrar aynı döngüye iade ederler. Bu süreç sırasında suya karışan maddeler, suyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini değiştirerek "su kirliliği" olarak adlandırılan durum ortaya çıkar. Su kirlenmesi, su kaynağının fiziksel, kimyasal, bakteriyolojik, radyoaktif ve ekolojik özelliklerinin olumsuz yönde değişmesi şeklinde olur.

Yeryüzünü saran ve okyanuslarda, denizlerde, göllerde, akarsularda ve yer altı sularında bulunan sularla atmosferdeki su buharının tümüne hidrosfer (su küre) adı verilir. Yeryüzündeki sular, güneş enerjisi etkisi ile sürekli bir dolaşım içinde bulunur.

Yeryüzünden buharlaşarak atmosfere çıkan sular yoğunlaşarak tekrar yeryüzüne dönerler. Bu dolaşıma "hidrolojik devre" denir.

Çevre kirlenmesi denilince genellikle hava, su ve toprağın kirlenmesi düşünülür. Bunlardan en kolay ve çabuk kirlenen kuşkusuz sudur. Çünkü her kirlenen şey genelde su ile yıkanarak temizlenir, bu da kirliliğin son mekânının su olması anlamına gelir. Havanın ve toprağın kirlilik bakımından zamanla kendi kendilerini yenilemeleri bir bakıma kirliliklerini suya vermelerine neden olur. Havanın içinde bulunan katı ve sıvı tanecikler, havadan çok ağır olduklarından, çok geçmeden aşağı doğru inerek karalara ve sulara ulaşırlar. Havanın içinde bulunan gaz ve buhar halindeki kirleticilerde zamanla yağmur suları ile yeryüzünde toprak ve suya karışırlar. Bunlara örnek olarak, kükürt, azot ve karbon dioksitler verilebilir. Havaya karışan pek çok kirletici madde çok dayanıklı olmadığından, zamanla oksijen, ışık ve ultraviyole ışınlarının etkisi ile parçalanır. Daha sonra dünyada toprağa, göle, denize ve havaya inerler. Bu kirleticilerden toprağa yayılanlarda zamanla mekaniksel ve sel suları yardımı ile veya başka etkenlerin yardımı ile topraktan suya geçerler.

Su kirliliği, antropojin etkiler sonucunda ortaya çıkan, kullanımı kısıtlayan veya engelleyen ve ekonomik dengeleri bozan kalite değişimleridir. Su kirliliğinin bir başka tanımı ise; su kaynağının kimyasal, fiziksel, bakteriyolojik, radyoaktif ve ekolojik özelliklerinin olumsuz yönde değişmesi şeklinde gözlenen ve doğrudan veya dolaylı yoldan biyolojik kaynaklarda, insan sağlığında, su ürünlerinde, su kalitesinde ve suyun diğer amaçlarla kullanılmasında engelleyici bozulmalar yaratacak madde ve enerji atıklarının boşaltılmasını ifade etmektedir.

a) Havadaki ve topraktaki kirletici maddeler mutlaka suya geçerler.
b) Dünyadaki tüm suların % 99'undan daha fazlası bir tek sistem içinde birbirine bağlı olup genel mahiyette kirlenme tehdidi altında bulunmaktadır.
c) Sularda, muazzam bir canlı varlık hazinesi, dolayısı ile gıda deposu mevcuttur. Burada oluşabilecek bir denge bozulması bütün dünyamızdaki yaşamı ciddi ve olumsuz yönde etkiler.
d) Kirletici madde miktarı çok azda olsa suda erimediği zaman, su üzerinde çok ince bir tabaka teşkil edince sudaki hayat önemli bir derecede etkilenebilir. Bunun nedeni atmosferden oksijen ve ısı alışverişinin zorlaşmasıdır.

Denizlerden buharlaşan sular yukarıda yoğunlaşıp yağmur halinde aşağıya düşünce pek çok kirliliği ve suda eriyen maddeleri beraberinde nehirlere ve özellikle denizlere doğru sürüklerler. Bu şekilde kirleticiler durmadan havadan ve topraktan sulara geçerler. Karalardan sökülebilen ve sular tarafından sürüklenen taş ve topraklarda bu kirletici maddeler gibi denizlere ulaşınca bir daha önceki yerlerine gidemezler. Onun içindir ki denizler bilhassa nehir ağızlarında mütemadiyen dolmakta ve karaların yüzölçümü az da olsa artmaktadır. Kısacası karalardan ve atmosferden suda erimiş olsun ya da olmasın, suya sürüklenen maddeler ve bu arada kirleticiler bir daha önceki yerlerine gidemezler. Her şeyden önce yer çekimi bunaengel olur. Erozyon sonucunda her yıl milyonlarca ton kıymetli toprak karalardan sulara ve dolayısı ile denizlere geçer. Bir bakıma bu da önemli bir çevre sorunudur. Dünyamızın verimliliği bu yüzden gittikçe azalmaktadır. Sulara ve denizlere geçen maddeler oksitlenebilir cinsten iseler (mesela organik maddeler) sudaki erimiş oksijeni yakacaklarından sudaki hayat şartlarını zorlaştırırlar. Genellikle organik maddeler oksijenle tahrip edilip zamanla parçalanırlar ve özelliklerini kaybedip zararsız hale gelirler. Suda erimiş haldeki oksijen oradaki hayatın devamında büyük bir etkendir. Bazı organik maddeler çok dirençli olup uzun zaman bozulmadan kalabilirler. Bu gibi maddelerin çevre üzerindeki olumsuz etkileri de uzun sürer ve ekolojik sistem dengesini ciddi olarak bozabilirler.Buna örnek olarak petrol ürünlerinden, suda ağır olup dibe çökenler gösterilebilir. Su kirliliğine neden olan unsurları genel olarak dört ana başlık altında toplamak mümkündür: Bunlar sırasıyla,

a) Nüfus artışı
b) Kentleşme
c) Sanayileşme
d) Tarımsal mücadele ilaçları ve kimyasal gübreler.

Yukarıda belirtilen dört ana başlık içerisinde yer alan endüstriyel ve kentleşmenin önemi tartışılmazdır. Bunlara bağlı olarak meydana gelen su kirliliği nedenleri;

-Fabrikalardaki atıklarda bulunan ağır metallerin suya karışması:

İçerdikleri toksik maddeler:

- Fenol

- Arsenik
- Siyanür
- Krom
- Kadmiyum

Enerji santralleri, çelik, kağıt ve araba fabrikaları gibi büyük endüstriyel kuruluşlar, çevreye zararlı maddeler açığa çıkaran önemli kuruluşların başında gelmektedirler. Özellikle büyük şehirlerde kurulan sanayi fabrikalarının sıvı ve katı atıklarının da su kirliliğine neden oldukları bilinmektedir. Ayrıca, sanayileşmenin gelişmesi ile şehirlere göç olayı daha da hızlanmış, bunun sonucunda da hızlı ve düzensiz şehirleşme ortaya çıkmıştır. Şehirlerdeki nüfus artışı ve buna bağlı olarak kentleşmenin yarattığı atıkların artış göstermesi, tarımsal mücadele ilaçlarının ve kimyasal gübrelerin bilinçsiz ve kontrolsüz kullanımı da göz önüne alındığında "su kirliliğine" etki eden unsurların önemi ortaya çıkmaktadır.

-Şehirlerdeki atık suların arıtma tesisinde arıtılmadan nehirlere, göllere, denizlere verilmesi

Su kirliliğinin önemli bir başka nedeni olan evsel atıklarda bulunan "sert (biyolojik parçalanmaya dayanıklı) deterjan" kalıntılarının doğal su kaynaklarının kirletilmesinde önemli payı olduğu bilinmektedir. Deniz ve göl kenarı gibi ortamlara yakın kurulan büyük şehirlerde evsel atıkların fazlalığı göz önüne alınırsa, kirlenmenin buralarda önemli boyutlarda yaşandığı açıkça görülebilir.

Atık yağların çevreye zararları

- ✓ 1 L atık yağ 1 milyon L içme suyunu kirletebilmektedir. Kullanılmış bitkisel atık yağlar evsel atık su kirliliğinin %25'ini oluşturmaktadır.
- ✓ Atık yağlar ekotoksik özelliğe sahiptir; bulunduğu ortamı kirletir, ortamda yaşayan canlılara zarar verir.
- ✓ Arıtılmayan atık suların içindeki bitkisel ve hayvansal atık yağlar denizlere, göllere ve akarsulara döküldüğü zaman o suyun kirlenmesi ve sudaki oksijenin azalması sonucu ortamdaki, başta balıklar olmak üzere diğer canlılar üzerinde büyük tahribata yol açar.

- ✓ Küçük fırınlarda yakılması, içindeki ağır metal ve klor bileşimleri atık hava ile birlikte atmosfere salınarak havayı kirletir ve insan sağlığına zarar verir. Bu nedenle bu işlem yasaklanmıştır.
- ✓ Kanalizasyona dökülen atık yağlar lavaboya döküldüğü zaman dren sistemine sıvanır, kanalizasyon borusu içindeki atıkların yapışmasına ve zamanla borunun daralmasına ve kanalizasyon sisteminin kullanılmaz hale gelmesine sebep olurlar. Böylece atık su arıtma tesislerine zarar verir ve işletme maliyetini artırır.
- ✓ ABD'de yapılan bir araştırmaya göre lavaboya dökülen atık yağların kanalizasyon sistemlerinin %40 oranında tıkanmasına sebep olduğu bildirilmiştir.

Atık yağ toplama projesiyle atık yağların içme suyunu kirletmesinin önüne geçilirken, diğer taraftan da toplanacak olan yağlar biyodizel'e dönüştürülecektir.

-Tarımsal alanlarda kullanılan ilaçların nehirlere karışması:

Son yıllarda hızlanan nüfus artışı ve buna karşın azalan tarım toprakları nedeniyle birim alandan alınacak ürün miktarının arttırılması amacıyla gübreleme, ilaçlama ve sulama gibi kültürel önlemler uygulanmaktadır. Ancak bu kültürel önlemler kontrollü ve bilinçli bir şekilde uygulanmadığı durumda önemli ölçüde su kirliliğine yol açabilmektedir. Kimyasal gübreler içerisinde özellikle azotlu gübreler, topraktan yıkanmaları sonucu yer altı ve içme sularına karışarak, fosforlu gübreler ise ötrofikasyon olayını meydana getirerek su kirliliğine neden olmaktadır.

-Gemilerin çöplerinin ve atık sularının denize dökülmesi:

- ✓ Kimyasal maddeler
- ✓ Sızan petrol
- ✓ Deniz kıyılarında gemi tamiri
- ✓ Metal parçalar
- ✓ Eşyalar

-Nükleer atıklar:

- ✓ Nükleer atık taşıyan gemilerin batması sonucu
- ✓ Hastanelerden
- ✓ Araştırma kuruluşlarından

- ✓ Bazı endüstri dallarından

Kaynaklanan kirlenmede önemli yere sahiptir.

-Ayrıca denizlerde açılan petrol kuyuları, bu kuyularda meydana gelen yangınlar ve kazalar sonucu suya petrol karışması.

3.2 Su Kirliliğinin Zararları

Doğrudan hastalık nedeni olabileceği gibi bazı hastalıkların yayılımını da kolaylaştırabilen bir kirlilik çeşidi olan su kirliliği başta kanser hastalığı olmak üzere kalp, kronik solunum yolu hastalıkları ve diğer hastalıklara yol açarken, gelişim ve sinir sistemi bozuklukları ile bağışıklık sistemi rahatsızlıklarına da neden olabilmektedir.

Tarımsal alanlarda üretimi artırmak amacıyla kullanılan kimyasal gübreler, zararlı böceklere karşı kullanılan ve içeriğinde cıva, kurşun ve diğer ağır metaller bulunan kimyasal zehirler, yağmur suları ile toprak altına geçerek yeraltı sularının kirlenmesine neden olabilmektedir. Akıntılarla yüzeysel sulara ve su havzalarına ulaşan bu kimyasal maddeler akarsulardaki canlı hayatının da sona ermesine sebep olmaktadırlar. Özellikle cıva ve radyoaktif madde gibi tehlikeli maddeler gerek deniz canlılarının yapısında gerekse bitkilerin yapısında birikerek insanoğlu ve diğer canlılar tarafından tüketildiği zaman zararlı etkiler görülmektedir. Özellikle tarımda kullanılan kimyasal maddelerle kirlenen suda bulunan "nitrat" çocuklarda ciddi hastalıkların görülmesine sebep olabilmektedir. Lağım suları ile kirlenen sularda bakteri ve virüs oranı artarak tifo, dizanteri, hepatit, kolera ve diğer önemli bulaşıcı hastalıkların bu yolla yayılımına sebep olmaktadır.

Besinlerin bileşiminde doğal olarak bulunan nikel maddesinin, kirli atıkların sulara karışması ve bitkiler tarafından alınmasıyla bitki yapısındaki miktarı önemli derecede artmaktadır. Bu tür bitkilerin tüketilmesiyle fazla miktarda nikel maddesi vücuda alınmakta ve buna bağlı olarak böbrek yetmezliği, karaciğer bozukluğu ve bazı kanser türlerinin oluşumuna neden olabilmektedir.

Çeşitli nedenlerle havada yoğun olarak bulunan kurşun oksit havadan su kaynaklarına ve dolayısı ile besinlere bulaşarak tüketilmeleri sonucu insan sağlığına zararlı etki gösterebilmektedir. Bu elementin özellikle ağız, yemek borusu, akciğer, meme, kalınbağırsak gibi önemli kanser türlerinin oluşumunda da rol oynadığı ve eski

su dağıtım sistemlerinde kullanılan kurşunun çocukların sinirsel gelişimini, büyümeyi olumsuz etkilediği ve davranış bozukluklarına yol açtığı ortaya çıkmıştır.

Canlı yaşamı ve dünyanın doğal dengesi için gerekliliği tartışmasız olan suyun çeşitli nedenlerle kirletilmesi sonucu gerek çevreye gerekse canlı ve insan yaşamına verdiği zararlar oldukça önemlidir (Atabey, 2010).

4. SU TASFİYESİ

4.1 Su Tasfiyesinin Amacı

İçme suyu tasfiyesinden gaye, suyun kullanma maksadına uygun hale getirilmesidir. Tabiatta mevcut su kaynaklan, bazı istisnalar dışında içme, kullanma ve sanayi su ihtiyaçları için doğrudan doğruya kullanılmaya müsait değillerdir. Bu yüzden suların bir tasfiye işleminden geçirilmesi icap eder.

4.2 İçme Sularının Özellikleri

İçme ve kullanma sularında istenilen ve istenmeyen vasıfları beş grupta toplamak mümkündür.

- Su, kokusuz, renksiz, berrak ve içimi serinletici olmalıdır.
- Su hastalık yapan mikroorganizma ihtiva etmemelidir.
- Suda sağlığa zararlı kimyasal maddeler bulunmamalıdır.
- Su, kullanma maksatlarına uygun olmalıdır.
- Sular agresif olmamalıdır.

Sularda fenoller, yağlar gibi suya kötü koku ve tat veren maddeler olmamalı, sular, renksiz, berrak ve içilebilecek sıcaklıkta olmalıdır. İçme suyu için en uygun sıcaklık 8 ila 12°C'dır. Ayrıca sulardaki çözünmüş oksijen konsantrasyonu 5 mg/L den daha büyük olmalıdır.

Suda bulunabilen bazı mikroorganizmalar çeşitli hastalıklara sebep olurlar. Bu çeşit hastalıklara "suyun sebep olduğu hastalıklar" denir. Sudan geçen bazı hastalıklar ve hastalığın sebebi olan organizmalar Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge1: Sudan Geçen Hastalıklar

Hastalık Adı	Organizma
Basilli dizanteri Tifo Kolera Amibli dizanteri Çocuk felci Sarılık	Shigella dysenterial Salmonella typhi Vibrio cholera Entamoeba histolytica Çocuk felci virüsü Hepatitis virüsü

Çizelgede verilen organizmalardan başka bulaşıcı hepatitis virüsü, su diyaresi virüsleri gibi bazı virüsler de sudan geçerek hastalık yaparlar. Halk arasında "kara sarılık" denen hastalığa sebep olan hepatitis virüsünün su ile geçmesi ve hastalık yapabilmesi için kuvvetli bir kirlenmenin gerekli olduğu ileri sürülmüştür. Hepatitis virüsü, iyi şekilde işletilen yumaklaştırma, çöktürme ve filtrasyon kısımlarından meydana gelen bir tasfiye tesisinde %90-99 oranında tutulabilmektedir.

Sudaki zararlı mikroorganizmaları yok etmek için en etkili yol dezenfeksiyondur. Suyun bakiye 0,1-0,2 mg/L klor kalacak şekilde ve uygun temas süresi ile klorla dezenfekte edilmesi halinde bağırsak patojen bakterileri, 0,3-0,4 mg/L bakiye klorla dezenfeksiyon halinde ise virüsler yok edilebilir.

Hastalık etkenleri olan yukarIda belirtilen mikroorganizmaların bakteriyolojik muayeneleri zordur. Bu yüzden gösterge (indikatör) organizmalar kullanılır. Bunlar:

- Koliform bakterisi, bilhassa E. koli olarak bilinen Escherichia koli.
- Streptococcus faecalis.
- Clostridium Perfringens Sporları

E kolinin, sularda bulunması, zararlı organizmaların mevcudiyetinin bir işaretidir. Dışkının 1 gramında 108 - 109 adet E. Koli bulunur. Bu sebeple bir içme suyu kaynağı tahlil edildiğinde E. Koli bulunmuşsa, bu kaynağın insan, memeli hayvan veya kuşların dışkılarıyla kirlendiği anlaşılır. Avrupa İçme Suyu Standartlarına göre: İçme suyu şebekesine girişlerden alınan 100 ml numunelerde koliform grubundan herhangi bir bakteri bulunmamalıdır.

Bazı kimyasal maddeler zehirli etki gösterir. Arsenik, kadmiyum, krom, kurşun, cıva, selenyum zehirli maddelerdir. Arsenik metalik olarak özellikle toz halinde-zehirsizdir. Ancak su, hatta havadaki nem ile birleştiği zaman arsenik trioksite (As_2O_3) dönüşür. Bu çok zehirli bir maddedir. Arsenik zehirlenmelerinde felç, sinir sistemi bozuklukları görülür. İnorganik arsenik bileşiklerinin kanser yapıcı etki gösterdiğide ileri sürülmüştür.

Cıva'nın vücutta yığılması neticesi, ilk etkileri olarak baş ağrısı, yorgunluk, kol ve bacaklarda ağrılar görülür. Diş etleri iltihaplanır. Diş etlerinde mavi-mor "cıva

çizgisi" meydana gelir. Kişide ruhi bozukluklar, hafıza zayıflıkları, gövde, kol ve ayaklarda duygu bozuklukları ortaya çıkar.

Kadmiyum ve bileşikleri, baş ağrısı, susuzluk hissi, boğazda kuruluk, sinirlilik ve kuvvetli tahriş öksürüğü gibi rahatsızlıklara sebep olur.

Krom'un ülser, bronşit, akciğer ve böbrek hastalıklarına sebep olduğu bilinmektedir. Kurşun ve bileşikleri, iştahsızlık, karın ağrıları, yorgunluk, vücutta umumi zafiyet hali, kurşun felçleri ve duyu organları bozukluklarına sebep olur. Baryum, kaslara ve kalp adalelerine, damarlar ve sinir sistemine zararlı tesirler yapmaktadır.

Nitrat, bilhassa bebeklerde, "süt çocuğu siyanozu"na sebep olur. Bunun sebebi bazı bakterilerin nitratları indirgeyerek nitritlere dönüştürmesi ve meydana gelen fazla miktardaki nitritin emilerek kandaki hemoglobini methemoglobine çevirmesidir. Bunun neticesi olarak oksijen dokulara taşınamadığından bebek ölümleri ortaya çıkar.

Florür, sularda bir miktar bulunursa diş çürümelerine karşı koruyucu bir etki göstermektedir. Ancak florürün fazla miktarda alınması zehirli etki yapar. Kişide iştah azalır, omurga ve bacak kemiklerinde sertleşme meydana gelir.

Radyoaktif maddeler, özellikle nükleer silah denemeleri ve nükleer santrallerin artıkları sebebiyle içme suları kirlenmektedir. Suda amonyumun (NH_4^+) bulunması, suyun kullanılmış sularla kirlendiğini ve kirlenmenin süre bakımından uzak olmadığını gösterir.

Klorür (Cl^-), suda özellikle sodyum klorür (NaCl) şeklinde bulunur. Suda fazla miktarda NaCl bulunması halinde suya insan veya hayvan idrarının karışmış olduğu düşünülebilir. Ancak deniz kenarındaki su kaynaklarında tatlı suya, denizden tuzlu su karışabileceği unutulmamalıdır. Sonuç olarak, sağlığa zararlı maddelerin içme sularındaki konsantrasyonları belli bir değerden fazla olmamalıdır. Bu değerler çeşitli standartlarda belirtilmiştir.

Sular içme suyu ve sanayide kullanma suları olarak kullanılabilir. İçme suyu olarak kullanılması halinde sudaki demir ve manganez içerikleri düşük olmalıdır. Demir, bilhassa yeraltı sularında (2) değerlikli Fe olarak, genellikle demir bikarbonat

$Fe(HCO_3)_2$ şeklinde bulunur. Fe, oksijenle temas ederse sarı—kırmızı bir bileşik olan demir hidroksit halinde çökelir. Bu sebeple suyun tadı ve rengi değişir.

Reaksiyon:

$Fe^{+} + O_2 + 10H_2O \rightarrow 4\ Fe(OH)_3 + 8H^{+}$ şeklindedir. (4.1)

Suda bulunan demir, borularda demir bakterilerinin çoğalmasına ve boruların tıkanmasına sebep olur. İki değerlikli Manganez de demire benzer özellikler gösterir.

Reaksiyon:

$6Mn + 2O_2 + 6H_2O \rightarrow 6MnO_2 + 12H^{+}$ (4. 2)

şeklindedir. Mangandioksit siyah bir çökelek halinde çökelir. Suyun sertliğinin de kullanma amaçlarına uygun olması icap eder.

Suların agresifliği, serbest karbondioksit (CO_2) ile bikarbonat (HCO_3^{-}) iyonunun dengede olmamasından ileri gelir. Suların agresifliği, boruların korozyonuna (aşınmasına) sebep olur, onların kısa zamanda tahrip olmalarına, dolayısıyla ilave masraflara yol açar. Ayrıca boruların aşınması halinde borudan ayrılan elementler suyun evsafının bozulmasına sebep olur. Suların agresif olup olmadıklarının tayininde genellikle Tilman Eğrisi ile Langelier indeksi kullanılmaktadır.

4.2.1 İçme suyu standartları

İçme sularının renksiz, berrak olması, hastalık yapıcı organizmaları, zararlı kimyasal maddeleri ihtiva etmemesi ve agresif olmaması gerektiği belirtilmişti. Sularda bu şartları sağlamak ve suda bulunması arzu edilmeyen maddelerin belirli bir seviyenin altında tutmak için çeşitli standartlar geliştirilmiştir. Bunlar arasında dikkate değer olanı Dünya Sağlık Teşkilatı (WHO) tarafından verilen standartlardır. (Eroğlu, 2008) Ülkemiz için kabul edilen içme suyu standardı ise TS-266 olup, Çizelge 2'de bazı parametreler için dünyada, amerikada, avrupada ve ülkemizde kabul edilen içme suyu standartları toplu halde verilmiştir.

Çizelge2:Dünya Sağlık Örgütü (WHO), Amerikan Çevre Koruma Kurumu (EPA), Avrupa Birliği (EC), Türk Standartları Enstitüsü (TSE) tarafından belirlenen içme suyu kalite standartları

Parametre	**Birim**	**TSE-266 (TSE2005)**	**WHO 1996**	**EPA (2005)**	**98/83/EC (EC1998)**
pH		6,5-9,5	-	6,5-8,5	6,5-8,5
Bulanıklık	NTU	1	5	1	1
Klorür	mg/L	25-600	250	250	250
SerbestKlor	mg/L	0,1-0,5	-	-	-
Sülfat	mg/L	25-250	250	250	250
Kalsiyum	mg/L	100-200	-	-	-
Magnezyum	mg/L	30-50	-	-	-
Sodyum	mg/L	20-175	200	-	200
Potasyum	mg/L	10-12	-	-	-
Nitrat	mg/L	25-50	-	10	50
Nitrit	mg/L	0,1	-	1,0	0,5
Amonyum	mg/L	0,05-0,5	1,5	-	0,5
Demir	mg/L	0,05-0,2	0,3	0,3	0,2
Mangan	mg/L	0,02-0,05	0,1	0,05	0,05
Bakır	mg/L	0,1-3,0	2,0	1,0	2,0
Florür	mg/L	1,5	1,5	2,0	1,5
Bor	mg/L	0,1-2	0,5	-	1,0
Krom	mg/L	-	0,05	0,1	0,05
Kurşun	mg/L	0,05	0,01	-	0,01
Çinko	mg/L	5,0	3,0	5,0	-
Kadmiyum	mg/L	0,005	0,003	0,005	0,005
Nikel	mg/L	0,05	0,02	-	0,02
Arsenik	mg/L	0.01	0.01	0,01	0.01
Koliform	Adet/100 mL	0	0	0	0
E.coli	Adet/100 mL	0	0	0	0
Enterekok	Adet/100 mL	0	0	0	0

4.3 Su Tasfiyesinde Amaç ve Temel İşlemler

İçme suyu tasfiyesi genellikle aşağıdaki amaçlardan biri veya birkaçı için yapılır. Bunlar:

- Su sıcaklığının düşürülmesi veya yükseltilmesi
- Renk, bulanıklık, tat ve koku giderilmesi
- Mikroorganizma giderilmesi
- Demir ve manganez giderilmesi
- Amonyum (NH_4^+) giderilmesi
- Oksijen konsantrasyonunun yükseltilmesi, suya bazen CO_2 verilmesi, bazen giderilmesi, hidrojen sülfür (H_2S), metan (CH_4) gibi gazların sudan giderilmesi, yani gaz transferi
- Asitlerden temizleme
- Su sertliğinin düşürülmesi
- Sudaki korozif özelliğin giderilmesi
- Tuzluluğun giderilmesi
- Zararlı kimyasal maddelerin giderilmesi

İçme suları tasfiyesinde yukarıdaki amaçlara ulaşmak için çeşitli temel işlemler yapılır. Bu temel işlemler aşağıda verilmiştir.

- Gaz transferi veya havalandırma

Suya oksijen veya CO_2 kazandırmak veya CO_2, H_2S, CH_4 gibi gazlan sudan gidermek için uygulanır.

- Izgaradan geçirme: Yüzücü ve iri maddeleri tutmak için tatbik edilir.
- Mikro eleklerden geçirme: Süspansiyon halindeki maddeleri veya algleri tutmak için uygulanır.
- Biriktirme: Su kalitesini iyileştirmek, konsantrasyondaki salınımları dengelemek için kullanılır.
- Çöktürme: Çökebilen katılan gidermek için yapılır.

- Yüzdürme: Genelde yağlar ve sudan hafif yüzücü maddeleri sudan ayırmak için tatbik edilir.
- Suyun pH'sını ayarlama: Suya asit veya baz ilave edilerek suyun pH'sının istenilen değere getirilmesi için yapılır.
- Hızlı karıştırma ve yumaklaştırma: Alüminyum ve demir tuzları gibi yumaklaştırıcı maddeleri ham suya ilave etmek suretiyle çökemeyen kolloidal maddeleri, çökebilen yumaklar haline getirerek sudan ayırmak maksadıyla yapılır.

4.3.1 Yumaklaştırıcılar

Yumaklaştırmadan amaç, çok küçük taneciklerin yumaklar haline getirilip çöktürülmesi olduğuna göre, birtakım kimyasal maddelerin ilave edilmesi suretiyle tanecik etrafındaki çift tabakanın sıkıştırılması, tanecik yüzeyindeki potansiyelin azaltılması ve kolloidlerin metal hidroksitler çökerken, onlarla birlikte sürüklenmesinin sağlanması gerekir. Bu amaçla çeşitli yumaklaştırıcılar kullanılır. Bu yumaklaştırıcılar Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge3: Yumaklaştırıcılar

Kimyevi madde	Formülü	Molekül Ağırlığı	Rengi	En yaygın Şekli	Sudaki Eriyebilirliği	Sudaki Eriyiğin Durumu
Alüminyum sülfat	$A1_2(SO_4)_3.18H_2O$	666	Beyaz	Toz ve Topak	36,3	Asit
Sodyum Alüminat	$NaAlO_2$	82	Beyaz	Toz	-	Alkali
Ferrik Klorat (Demir 3Klorür)	$FeCl_3.6H_2O$	270	Kahverengi	Topak	91,9	Asit
Ferrik Sülfat {Demir (3)Sülfat}	$Fe_2(SO_4)_39H_2O$	562	Sarımsı Kahverengi	Küçük Kristaller	-	Asit
Ferrous Sülfat {Demir (2)	$FeSO_4.7H_2O$	278	Yeşilimsi	"	26,6	Asit
Demir Sülfat Alüminyum Sülfat	$Fe_2(SO_4)_3.9H_2O$ $A1_2(SO_4)_3.18H_2O$	-	-	-	-	Asit
Kireç (sönmemiş)	CaO	56	Beyaz	Topak	-	Alkali
Kireç (Sönmüş)	$Ca(OH)_2$	74	Beyaz	Toz	0,128	Alkali

4.3.1.1 Yumaklaştırmanın verimliliğine etki eden unsurlar

Bir su tasfiye tesisinde yumaklaştırma kısımlarım boyutlandırmadan önce yumaklaştırmanın verimliliğine etki eden unsurların bilinmesi icap eder. Yumaklaştırma işlemine etki eden unsurlar aşağıda maddeler halinde belirtilmiştir.

a) Ham suyun kalitesi ve bulanıklığı
b) Sudaki kolloidlerin ve asılı maddelerin miktar ve özellikleri
c) Suyun pH değeri
d) Yumaklaştırma prosesinin çeşidi, hızlı karıştırma ve yumaklaştırmada bekleme müddetleri
e) Suyun sıcaklığı
f) Suyun alkalinitesi
g) Sudaki iyonların miktar ve özellikleri
h) Yumaklaştırıcıların cins ve dozları

- Filtrasyon: Suyu, daneli malzeme ile teşkil edilmiş filtrelerden geçmek suretiyle sudaki kolloid ve süspansiyon maddelerin tutulması işlemi için kullanılır.

- Dezenfeksiyon: Suda bulunan zararlı mikroorganizmaları bertaraf etmek için tatbik edilir.
- Kimyasal Stabilizasyon: İstenmeyen maddelerin zararsız hale getirilmesi işlemidir.
- Adsorbsiyon: Aktif karbon gibi maddelerle sudaki koku ve tat veren maddelerin tutulması için yapılır.
- İyon Değiştirme: Suyun iyon değiştiricilerden geçirilmesi suretiyle istenmeyen iyonların bir başka iyonla yer değiştirilmesi işlemidir.
- Kimyasal Çöktürme: Suda çözünmüş maddeler, oksidasyonla suda çözünmeyen bileşikler haline getirilerek çöktürme suretiyle sudan giderilmesi işlemidir.

Yukarda belirtilen işlemler, fiziki ve kimyevi işlemler olup sayıları çoğaltılabilir. Kaynatma, koku ve tat kontrolü, sertlik giderilmesi, demir ve mangan giderilmesi için tatbik edilen işlemler, ters osmoz, elektrodializ gibi metotlar da içme suyu tasfiye işlemleri arasında sayılabilir.

4.4 Tasfiye Akım Şemaları

İçme suyu tasfiyesinde en önemli problemlerden biri ham suyun evsafına ve tasfiye edilmiş suyun kullanılma maksatlarına göre en uygun tasfiye akım şemasının seçilmesidir. Ham suyun özellikleri, kaynaktan kaynağa çok büyük değişiklikler gösterebilir. Bazı kaynakların suları çok iyi vasıfta olup, basit bir dezenfeksiyon ile içme suyu şebekesine verilebilir. Bazı su kaynakları, mesela kirlenmiş nehirlerden su

alınmasında olduğu gibi, kötü evsafta olduklarından biriktirme, hızlı karıştırma, yumaklaştırma, filtrasyon ve dezenfeksiyon gibi pek çok tasfiye kısımlarım gerektirir. Bundan dolayı, su kaynağında çeşitli parametreler uygun zaman aralıkları ve sayıda ölçülerek, kabul edilen içme suyu standartları ile karşılaştırılmalı ve hangi parametrelerin iyileştirilmesi gerektiği tespit edilmelidir. Sonra tasfiye kısımları ve akım şemasına karar verilmelidir. Daha sonra her bir tasfiye çıkışında ve tasfiye edilmiş sudaki su kalitesi parametreleri tahmin edilerek, standartlarla mukayese edilmeli, çeşitli alternatiflerin olması halinde en ucuz çözümü veren yöntem tercih edilmelidir. Çizelge 4'de çeşitli vasıflardaki ham su kaynaklarının özellikleri verilmiştir (Eroğlu, 2008).

Çizelge4: Çeşitli Vasıflardaki Ham Su Kaynaklarının Özellikleri

Suyun İhtiva Ettiği Maddeler	Çok Temiz Kaynak, Tasfiye için Sadece Dezenfeksiyon İstenmektedir	İyi Bir Kaynak Filtrasyon ve Dezenfeksiyon	Pek İyi Olmayan Kaynak, Özel ve İlave Tasfiye ve Dezenfeksiyon
BOI_5mg/L aylık ort.	0,75-1,5	1,5-2,5	2,5
Maks.günl.	1,0-3,0	1,0-4,0	4,0
Koliform	50-100	50 - 5000	
EMS/100 mL ort.aylık maks.günl.	Numunelerin % 5 inden daha azında100 den fazla	%20 sinden azında 5000	5000% 5 inden azında 20.000
Çöz. O_2 mg/L ort.	4,0-7,5	4,0-6,5	4,0
Doyg. yüzdesi	75	60	
pH ort.	6,0-8,5	5,0-9,0	3,8-10,5
Klorür (maks) mg/L	50	50 - 250	250
Florür mg/L	1,5	1,5-3,0	3,0
Fenol bileşikleri (maks) mg/L	Yok	0.005	0.005
Renk (birim)	0-20	20-150	150
Bulanıklık (birim)	0- 10	10-250	250

5. KONYA İÇME SUYU ARITMA TESİSİ

Konya içme suyunun yaklaşık % 40'lık kısmını karşılayan KOSKİ içme suyu arıtma tesisleri 19 yıldır kimyasal çöktürme prosesi kullanarak günde max.104 bin m^3 olmak üzere Altınapa baraj suyunu içilebilir hale getirerek arıtma işlemini gerçekleştirmektedir. Bu bağlamda Konya Su Arıtma Tesislerinde ham suya pıhtılaştırıcı olarak: Alum $Al_2(SO_4)_3.18H_2O$, pH düzenlemesi için sülfürik asit, oksidasyon amacı ile klor ve pıhtılaştırıcı yardımcısı olarak ta polielektrolit kullanılmaktadır.

Konya kentinin içme ve kullanma suyu ihtiyacını karşılamak üzere 1989 yılında yapımına başlanan Konya içme suyu arıtma tesisi inşaatı 1995 yılında tamamlanarak hizmete açılmıştır. Tesis, su kaynağı olan Altınapa barajındaki su miktarına bağlı olarak kurak mevsimde 0.33 m3/s diğer zamanlarda 1.2 m^3/s'lik bir debiyi arıtacak şekilde tasarlanmıştır. Girişte ham suya koagülant madde olarak alüminyum sülfat ile pH ayarlaması için sülfürik asitin birlikte verildiği dozlama sistemi tesis edilmiştir. Sonra ham su, oksidasyon amaçlı klor ile koagülant yardımcısı olarak polielektrolitin dozlandığı bir dizi hidrolik şaşırtmalı karıştırma yapısını takiben çamur blanketli durultuculara ulaşmaktadır. Çamur konileri vasıtasıyla oluşan flokların sudan uzaklaştırılarak durultucu sonrası yüzeyden alınmış durutulmuş su hızlı kum filtrelerine iletilmektedir. Filtreleme sonrası pH ayarlaması için kireç ve dezenfeksiyon amaçlı klor dozlamasının yapıldığı temiz su daha sonra şebekeye verilmek üzere temiz su deposuna alınmaktadır. Tesiste ayrıca kontrol, yönetim, laboratuar, çalışma ve sosyal fonksiyonlu idare binası, enerji temin amaçlı trafo merkezi, ısıtma ve tamiratlar için atölye ve ısı merkezi, depo ve tesislere servis suyu temini amaçlı pompa istasyonu, lojmanlar, kimya binası, klorlama binası, vb. gibi yardımcı tesisler bulunmaktadır. İçme suyu arıtma tesisinde kullanılan kimyasal maddeler, koagülant olarak alüminyum sülfat, koagülant yardımcısı olarak polielektrolit (AN 913 PWG), ham suyun pH'ının düzeltilmesi için kireç kullanılmaktadır. Ham suya ayrıca oksidasyon amaçlı ön klorlama ve arıtılmış temiz suya depolama öncesi dezenfeksiyon amaçlı son klorlama uygulanmaktadır (Berktay ve ark. 1996).

5.1 Yüzey Suyu Arıtma Prosesinde Kimyasal Çöktürmenin Dezavantajları

Koagülasyon ve flokülasyon işleminin kullanıldığı arıtma tesislerinde bu sistemlerin boyutlandırılmasında önce verimliliğe etki eden faktörlerin bilinmesi gerekir. Bu faktörler, ham suyun bulanıklığı, sudaki kolloidlerin ve askıdaki katı

maddelerin miktar ve özellikleri, suyun pH değeri, koagülasyon ve flokülasyon prosesinin çeşidi, hızlı ve yavaş karıştırmada bekleme süreleri, suyun sıcaklığı ve alkalinitesi, sudaki iyonların miktar ve özellikleri ve kullanılan kimyasal maddelerin cins ve dozu olarak sayılabilir (Berktay ve ark. 1996).

Yumaklaştırma başlığı altında belirtildiği gibi yumaklaştırma verimliliğini etkileyen birçok faktör vardır. Özellikle giriş suyu pH'ı bulanıklığı ve mevsimsel sıcaklık değişimleri koagülantların verimliliğini büyük ölçüde etkilemektedir. Bunun sonucunda suyun durultulması aşamasında suda çözünen veya suda asılı kalan çok küçük flok partikülleri hızlı kum filtrelerini de aşarak şebeke suyuna karışmakta ve Sağlık Bakanlığının koymuş olduğu standartların (alüminyum için 0,2 mg/L) ya sınırında ya da biraz üzerinde ki değerlerde çıkabilmektedir.

Herhangi bir su kaynağına kimyasal madde dozlayarak arıtmak, ister istemez suyun tadında, kokusunda ve dolayısıyla kalitesinde bozulmalara yol açmaktadır. Özellikle alüminyum sülfat'ın kullanıldığı arıtma sistemlerinde çıkış suyunda kalan alüminyumun sağlık açısından bazı zararları olduğu çeşitli araştırmalarda ortaya çıkmıştır.

Arıtılımış sudaki yüksek alüminyum konsantrasyonları, ham suyun alüminyum konsantrasyonunun yüksek oluşuna ya da alüminyum tuzlarıyla arıtılan sularda aşırı dozlamaya, zayıf koagulasyona, ham suyun pH değerinin düşük olmasına klorlamaya veya bunu takip eden yetersiz filtrasyona bağlanabilir.

Alüminyum tuzları iyi bir koagulant maddedir. Bu tuzlar koagulasyon ve flukolasyon işlemleri sonucu su içinde kendiliğinden çökemediğinden askıda bulunan partikülleri yumaklar haline getirerek birleştirir ve çöktürülerek filtrelenmesine olanak sağlar. Bu kullanım kolaylığı onu geçmiş yıllarda arıtma işleminde en çok kullanılan kimyasal maddelerden biri durumuna getirmiştir. Ancak 90'lı yıllara gelindiğinde birçok gelişmiş ülke artıma tesislerini alüminyumdan arındırma konusunda yoğun çabalara girmiş ve tesislerde alüminyum tuzlarına alternatif olarak demir koagulantların kullanılmasına olanak veren dönüşümler yapmışlardır (Peters, 1991).

Bu uzaklaştırma çalışmaları sırasında aşağıdaki sonuçlara varılmıştır. Tesis çıkış suyunda kalıntı alüminyum miktarı mevcut limitlerin içinde dahi olsa, mikro-flok halinde içmesuyu şebekesine ulaşan partiküllerin şebekenin ölü noktalarında

birikmesine ve bu alanlardaki semt sakinlerinin musluklarından alüminyum solüsyonları akmasına genellikle engel olunamamaktadır. Bu nedenle tesislerde kullanılan alüminyum tuzu dozunu azaltmak veya arıtılmış sudaki kalıntı miktarlarını daha sıkı kontrol etmek, sorunu kalıcı bir çözüm getirememiştir.

Ayrıca son zamanlarda alüminyum zehirlenmesinin, çocuklardaki aşırı hareketlilik ve öğrenme bozukluğuna neden olabileceği sudaki alüminyum seviyelerinin Diyaliz Dementia hastalığının ortaya çıkmasında önemli bir faktör olduğu ileri sürülmektedir (Cooke ve ark. 1991).

6. SU ARITIMINDA KULLANILAN İLERİ TEKNOLOJİLERDEN MEMBRAN ARITMA SİSTEMLERİ

6.1 Membran Teknolojisi

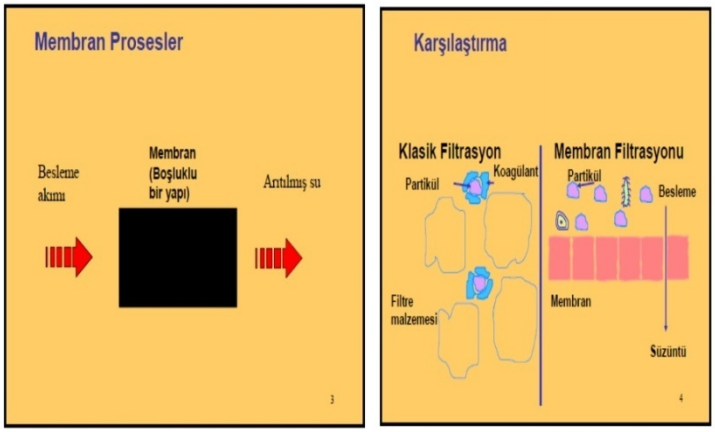
- İlk uygulamaları 1950'li yıllarda deniz suyundan tatlı su elde etme tesisleri ile başlamıştır.
- Atık sularının arıtılıp, tekrar geri kazanılmasında kullanılmaya 1970'li yıllarda başlanmıştır.
- 1950'li yıllar, bu sistemin ilk olarak ortaya çıktığı dönem
- 1960'lı yıllar, araştırmaların yoğunlaştığı dönem
- 1970'li ile 1980'lı yıllar ise özellikle membran proseslerin endüstriyel alanlarda yaygın olarak kullanılmaya başlandığı dönemdir.

Membran belirli türlerin hareketini kısıtlayan, metal, inorganik veya organik polimerlerden yapılan geçirgen veya yarı geçirgen bir malzemedir. Çeşitli boyuttaki maddelerin ayrılmasına çözüm getirmeleri ile birlikte, membran prosesler su ve atıksu arıtımında çok önemli bir konuma gelmiştir.

Yüksek maliyetli yaygın teknikler içme suları için mikrobiyolojik uygunluğu garanti etmemektedir.(Brugger, 2000). Bu problemin çözümü için membran teknikleri kullanılmaktadır ve bu prosesin kırsal nufusa dağıtılan içme suyunun nitelik ve kalitesini artırmayı mümkün kıldığı yapılan bir çok çalışmada kanıtlanmıştır. (Lin et al.,2000; Jolis et al., 1999 and Yuasa, 1998, Magara et al., 1998;Brahiti et al., 1994, Anselme et al., 1992, Tazi-Pain et al., 1992;Bersillon et al., 1989).

Membranlar karışım halindeki pek çok maddenin ayrılması maksadı ile kullanılır.

- Sıvılardan ve gazlardan mikron boyutundaki partiküllerin filtrasyonu
- Sıvılardan kolloidlerin ve büyük ölçekli moleküllerin (iyon boyutu da dahil) ayırımı
- Sadece iyonik türlerin ayırımı
- Sulardan veya diğer sıvılardan bütün askıda katı veya çözünmüş maddelerin ayırımı



Şekil 1: Membran Prosesler

Gıda sanayisinde farklı fazların birbirinden ayrılması amacıyla değişik filtrasyon teknikleri sıklıkla kullanılmaktadır. Filtrasyon bir akışkan sistemden boyut farkına dayanarak iki veya daha fazla bileşenin ayrılması olarak tanımlanır. Geleneksel olarak filtrasyon sıvı ve gaz akışkan içinde karışmayan katı parçacıkların ayrılması amacıyla kullanılır. Membran filtrasyon ise bu uygulamayı sıvı içinde çözünen katıların ve gaz karışımlarının ayrılmasını da kapsayan daha ileri bir aşamaya taşır.

6.2 Membranların Sınıflandırılması

Bir membranın öncelikli rolü seçici bir bariyer gibi davranmasıdır. Membranlar bir karışımın belirli bileşenlerinin geçişine izin verirken diğer bileşenleri alı koyar. Böylelikle ya süzüntü ya da tutulan faz bir veya birkaç bileşence zenginleştirilmiş olur. En genel anlamıyla membran iki faz arasındaki devamsızlık rejimi veya yığın hareketine karşı bariyer gibi davranan fakat bir veya daha fazla türün kısıtlı ve/veya düzenli geçişine izin veren fazdır. Bu tanımlara göre bir membran gaz, sıvı katı veya bunların kombinasyonlarından oluşabilir. Membranlar söyle sınıflandırılabilir:

a) Özelliklerine göre:

•doğal

•sentetik

b) Yapılarına göre:

•gözenekli

•gözeneksiz

c) Uygulanmalarına göre:

•gaz-faz ayırma

•gaz-sıvı ayırma

d) Membran davranış mekanizmasına göre:

•adsorpsiyon-yayınım

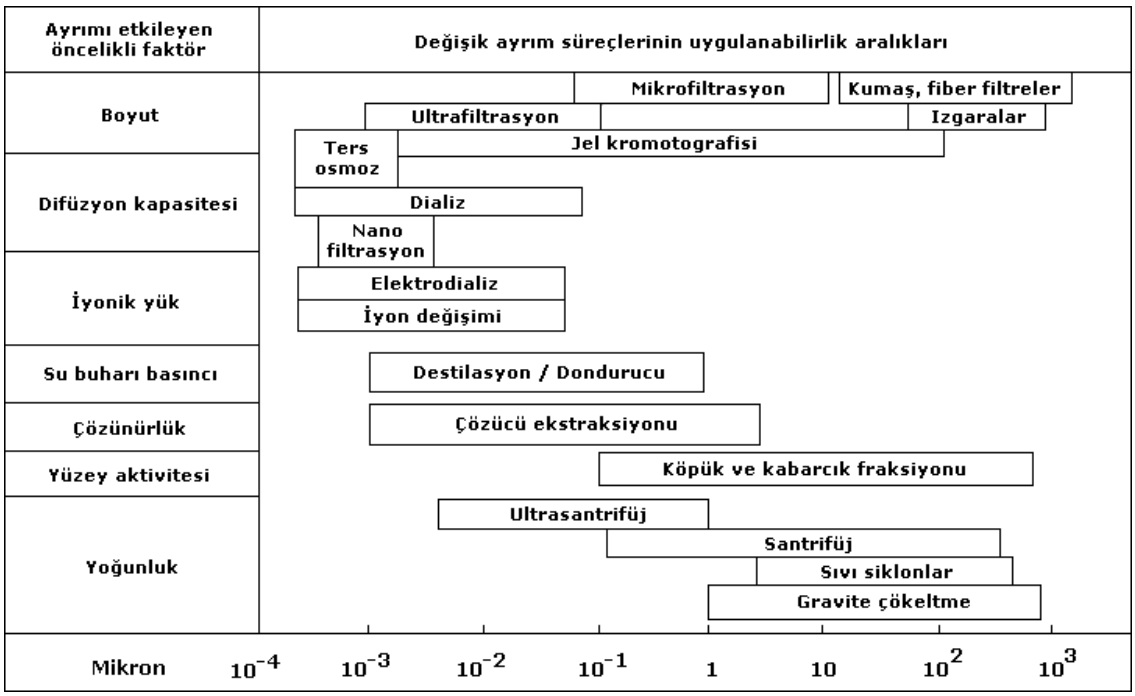
•iyon değiştirici

•ozmotik

•seçici olmayan membranlar

Ayrıca membranlar;

- Geçişken türlerini fiziksel veya kimyasal olarak değiştirebilirler (ör: iyon değiştiriciler, biyofonksiyonel membranlar),
- Elektrik akısını düzenlerler,
- Geçişi engellerler (ör: paketleme ve kaplamalar),
- Geçiş hızını düzenlerler (ör: kontrollü şalinim teknolojisi).



Şekil 2: Değişik Ayrım Süreçlerinin Uygulanabilirlik Aralıkları

Yani membranlar geçişken türlerin kimyasal özelliklerini etkilemelerine bağlı olarak pasif veya reaktif olabilirler. Membranın yapısındaki iyonik gruplar ve gözenekler membranlara seçici geçirgenlik veya yarı geçirgenlik gibi özellikler kazandırırlar.

Osmoz bir çözeltide çözünen maddenin çok yoğun olan fazdan az yoğun olan faza yarı geçirgen bir membrandan geçişidir. Burada itici güç her iki taraftaki çözelti arasındaki kimyasal potansiyel farkıdır. Diyaliz, makro molekülleri saflaştırmada kullanılan bir laboratuar tekniğidir. Buna örnek proteinlerden tuzun ayrılması olabilir. Diyalizde itici güç diyaliz torbası içindeki ve dışındaki geçişken türler arasında olan yoğunlaşma farkıdır. Elektrodiyaliz ise voltaj farkına dayanır ve iyon seçici membranlar farklı iyonik türlerin ayrımında etkilidir.

Basınç etkili membran prosesleri olan mikrofiltrasyon (MF), ultrafiltrasyon (UF), nanofiltrayon (NF) ve ters osmoz (TO) uygulamalarındaki fark, ayırımı hızlandırmak için uygulanan hidrolik basınçtır. Bununla birlikte membranın yapısı da hangi bileşenin geçip hangisinin tutulacağında etkilidir. İdeal olan TO tüm bileşenleri tutarken UF sadece makro molekülleri veya 10-200 Å (yaklaşık 0,001-0,02 mm) den daha büyük molekülleri ayırabilir. Diğer taraftan MF mikron boyutundaki yani 0,10 mm ile 5 mm boyutlarındaki asılı parçacıkları tutabilmesi için tasarlanmıştır. Yani en geniş anlatımıyla ters osmozun bir konsantre etme tekniği olduğu söylenebilirken UF aynı zamanda saflaştırma, konsantre etme ve makro molekülleri veya çok küçük koloidal süspansiyonları fraksiyonlarına ayırma yöntemi olarak görülebilir. MF asıl olarak bir filtrasyon temizleme yöntemi olarak kullanılırken, süspansiyonlarda asılı halde bulunan yeterli boyuttaki partiküller de mikrofiltrasyon membranlarında alıkonulur.

NF, TO membranlarına göre daha büyük poflardan oluşan fakat şeker gibi birçok organik bileşenin geçişine izin vermeyen diğerlerine göre daha yeni bir prosestir. Ancak çözünmüş bir bileşeni çözünmeyen formlarından ayırmakta da oldukça kullanışlıdır. Yani laktik, sitrik, asetik asit gibi organik asitleri düşük pH' larda kolaylıkla geçirirken yüksek pH' larda bunların tuz formlarını tutar.

Kullanışlılık yönünden membran teknolojisiyle karsılaştırılabilecek tek yöntem santrifüjlümedir. Ancak santrifüjleşmede iki faz arasında uygun bir yoğunluk farkının olması ve bileşenlerin birbiri içinde çözünmemiş olması şarttır. Membran ayırmada böyle bir gereklilik yoktur. Gerçektende uygun membran kullanıldığında çözünmüş

moleküllerin iyonik yüklerine göre ayrılabilmesi membran filtrasyonun en büyük avantajıdır (Yalvaç ve Yüceer 2010).

6.3 Membran Prosesleri

6.3.1 Genel bilgiler

Membranlar ayırma ve temizleme işlemleri için kullanılırlar. Membran prosesleri de ayırma işlemleri olarak isimlendirilebilir. Membran prosesleri fiyat ve arıtma etkisi bakımından hızlı bir şekilde su ve atık su endüstrisinde kendini kabul ettirmiştir. Günümüzde hızla gelişmekte olan polimer endüstrisi membran teknolojilerini çok daha rekabetçi hale getirmektedir. Günümüzden 20 yıl öncesine kadar membran prosesleri az bilinmekteydi. Bugün ise Amerikan Çevre Koruma Teşkilatı (EPA) tarafından en iyi arıtma teknolojilerinden biri olarak tanımlanmaktadır. Membran prosesinin içme sularında geniş ve çeşitli uygulama alanları mevcuttur. İçme suları için yüksek kalitede ürün vermektedir. Membran prosesleri atık su arıtımı, içme sularının uygun kaliteye getirilmesinin yanı sıra hafif tuzlu suların ve deniz sularının tuzsuzlaştırılmasında da kullanılır. Bu yöntem yüksek maliyetli olması sebebiyle ucuz su kaynaklarının bulunmadığı hallerde kullanılır. Son zamanlarda membran prosesleri yumuşatma ve organiklerin gideriminde de kullanılmaktadır. Sonuç olarak membran proseslerinin önemi anlaşılmaya başlanmış ve her geçen gün yeni uygulama alanları bulmuştur.

6.3.2 Membran proseslerinin uygulama alanları

- Su (ham su) arıtımı
- Evsel ve endüstriyel atık suların arıtımı ve geri kullanımı
- Hafif tuzlu sulardan ve deniz sularından tuz giderilmesiyle içme suyu elde edilmesi
- Yumuşatma ve organiklerin giderimi
- Endüstriyel proses suyu eldesi

Membran proseslerinin kullanıldığı başlıca endüstri alanları ise şunlardır: Kimya, petrokimya, çevre, eczacılık, ilaç, gıda, günlük gıdalar, meyve konsantresi, kağıt, tekstil, elektronik endüstrisi ve benzeri endüstriler. Mevcut uygulamalar arasında aşağıdaki alanlar ilk akla gelenler arasındadır:

1) İnsan kanının saflaştırılması (temizlenmesi) için diyaliz (yapay böbrek)

2) İçme suyu üretmek için tuzlu sulardan suyun arıtılması olan elektrodiyaliz

3) Deniz suyunun desalinasyonu için ters osmoz

4) Peynir, kazein, peynir altı suyu ve sütten büyük protein moleküllerinin konsantre edilmesi için ultrafiltrasyon

5) Eczacılık ve medikal ürünlerin, bira, şarap ve meşrubatların sterilizasyonu için mikrofiltrasyon

6.3.3 Membranın tanımı

Bir membran aynı zamanda diğer başka faktörlerde etkili olduğu halde maddelerin kabaca moleküler büyüklüklerinin baz alınarak ayrılmalarını sağlayan bir araçtır. Ayrıca yüklü parçacıkların üzerinden geçişini düzenler ve böylece bir elektrik potansiyelin oluşması için gerekli şartları oluşturur. Bir membran prosesinde iki fazı fiziksel olarak ayıran üçüncü bir faz olan membrana ihtiyaç vardır. Membran iki faz arasında bir ara fazdır. Bir membran prosesinde iki faz arasına yerleştirilen membran fazı, bu iki faz arasındaki kütle değişimini kontrol eder. Bir membran ayırma prosesindeki fazlar karışımlardır. Bu sebeple ayırma prosesinde karışımdaki bileşenlerden birisinin diğerlerine tercihen değişimine izin verilir. Dolayısıyla membran diğer bileşenlere karşı seçici davranır. Bu yüzden bir faz bileşenlerden birisi bakımından zenginleşirken diğer fazda hızla azalır. Bu açıklamalar kapsamında membran prosesi, bir bileşenin membran tarafından ayrılan bir fazdan diğer faza seçici ve kontrollü olarak taşınması denilebilir.

Herhangi bir türün membran üzerinden hareketine bir veya iki yürütücü kuvvet (itici güç) sebep olur. Bu yürütücü kuvvetler bir kimyasal potansiyel veya elektrik potansiyel değişiminden kaynaklanırlar. Kimyasal potansiyel gradyenti (değişimi), konsantrasyon veya basınç değişimi veya her ikisinden de kaynaklanabilir.

6.3.4 Membran hazırlanmasında kullanılan materyaller ve bazı metotlar

Ticari amaçlı kullanılan ilk membranlar homojen bir yapıya sahiptiler. 1950'lerin sonunda Loeb ve Sourirajan, selüloz asetat membranların hazırlanması için faz dönüşümü (phase inversion) metodunu geliştirmişlerdir. Bu metotta esterin bir

çözücüde çözünmesiyle elde edilen viskoz çözelti, ince bir tabaka halinde cam üzerine dökülmekte ve ester, filmin üst yüzeyinin soğuk suyla teması sonucu katılaşmaktaydı.

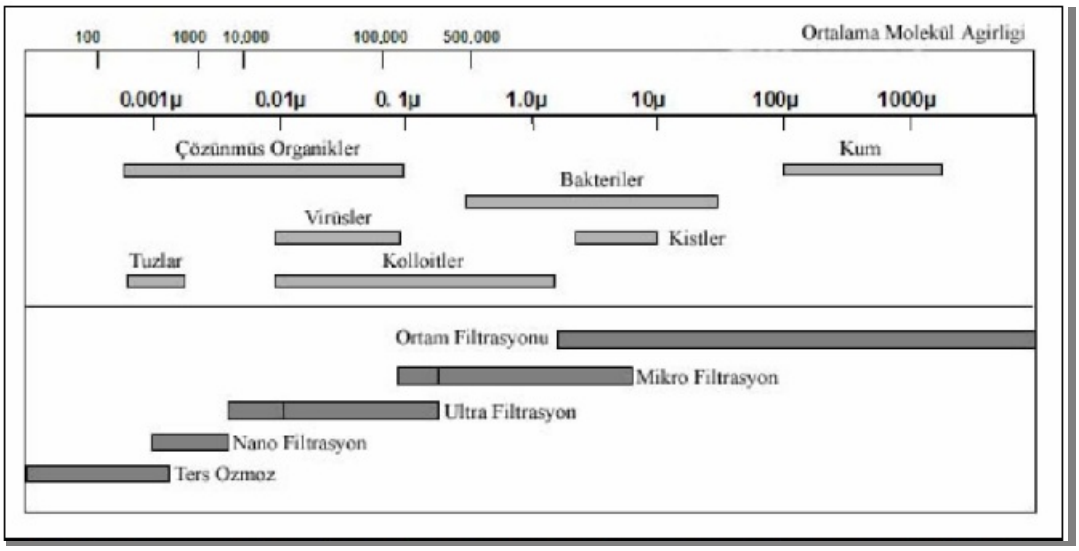
Daha sonra sentezlenen yapıyı sağlamlaştırmak üzere çeşitli gözenek oluşturucu maddeler ve şartlandırıcı ajanlar ilave edilmiş ve böylece farklı büyüklüklerdeki gözenekler elde etmek mümkün olmuştur. 1960'ların başında Michaels asimetrik bir poliiyonik membran sentezlemiş ve şimdi ise membran yapımında çok farklı yapıda ve özellikte polimerler kullanılmaktadır. Çizelge 5'te membran yapımında kullanılan çeşitli maddeler verilmiştir. Membran hazırlamanın diğer bir metodu ise bir polimer tabakasının çift taraflı gerilmesiyle (stretch) üretilirler. Birinci gerdirme (stretch) işleminde gözenekler oluşurken birinciye dik açılarla gerilme sonucu bu gözeneklerin açılması sağlanır.

Çizelge5: Membran yapımında kullanılan çeşitli maddeler.

Silikon	Polipropilen	Polifuran
Polisüfon	Selüloz asetat	Hidrofilik poliolefinler
Polikarbonat	Selüloz nitrat	Polialkilsülfon
Polivinilidendiflorid	Polieterimid	Sülfolanmışpolistiren
Poliakrilonitril	Akrilikler	Polimetilmetaakriilat
Naylon 6	Karbon	Polivinilklorid
Naylon 6,6	Sülfolanmışpolisülfon	Polieteramid
Aromatik poliamid	Polistiren	Polieterüre
Alümina	Zirkonya	Paslanmaz çelik

6.4 Membranların İşlev ve Özellikleri

Yapısı ve fonksiyonları farklı olan pek çok membran çeşidi vardır. Şekil 3'te gözenek çapı, membran ayırma işlemi ve süzülen maddelerin büyüklüğü arasındaki ilişkilerin karşılaştırılması görülmektedir.



Şekil 3: Süzülen Madde, Gözenek Çapı Ve Membran Prosesleri Arasındaki İlişki

Membran proseslerini proses sırasında uygulanan kuvvetler bakımından inceleyebiliriz.

Genelde uygulanan kuvvetler basınç ve elektriksel potansiyel kuvvetlerdir. Bunun yanı sıra membran hava sıyırması ve pervaporasyon gibi kuvvetler de vardır. Ancak bu iki kuvvet ticari anlamda pek önemli değildir.

6.4.1 Basınç etkisiyle yapılan membran prosesleri

Membranlar seçici bariyer görevi yapmaktadırlar. Membran özelliğine göre, su içerisinde bulunan muhteviyattan bazısı geçerken bazısı da geçişini tamamlayamaz ve membran içinde bloke olur. Suyun membrandan geçişi için tahrik edici bir kuvvete ihtiyaç vardır.

Su arıtımında tahrik edici kuvvet genelde basınçtır. Tahrik edici kuvvet olarak basıncı kullanan membran prosesleri aşağıdaki gibidir.

•Mikrofiltrasyon (MF)

•Ultrafiltrasyon (UF)

•Nanofiltrasyon (NF)

•Ters Osmoz (RO)

MF ve UF tipik olarak partiküller ve mikrobiyal içeriklerin giderilmesinde kullanılır. Bunlar düşük basınçla çalışan membranlardır. Ayrıca bu proseslerde negatif ya da pozitif basınçlarda kullanılabilir.

NF ve RO ise içinde organik ve inorganik çözünmüş muhteviyatı olan içme sularında kullanılır. Buradaki işletme basıncı MF ve UF'ye göre daha yüksektir. Bu prosesleri biraz daha ayrıntılı incelemek istersek;

6.4.1.1 Mikrofiltrasyon (MF)

Uzaklaştırılan partiküller yaklaşık 0,1-1 mikron aralığındadır. Genelde askıda katı maddeler ve büyük kolloidler atılırken makro moleküller ve çözünmüş maddeler membrandan geçer. Mikrofiltrasyon uygulamaları arasında bakterilerin, flok maddelerin veya askıda katı maddelerin uzaklaştırılması sayılabilir. Transmembran basıncı 0,7 bardır (10 psi).

6.4.1.2 Ultrafiltrasyon (UF)

10-1000 A^o aralığındaki partiküllerde makromoleküller ayırma gerçekleştirir. Bütün çözünmüş tuzlar ve küçük moleküller membrandan geçer. Uzaklaştırılan maddeler arasında kolloidler, proteinler, mikrobiyolojik kontaminantlar ve büyük organik moleküller vardır. Moleküler ağırlık cut-off (kesme) değerleri 1000-100.000 arasındadır. Transmembran basıncı 1-7 bardır (15-100 psi).

6.4.1.3 Nanofiltrasyon (NF)

Yaklaşık 1 nm (10 A^o) büyüklüğündeki partikülleri uzaklaştırır. Bu yüzden "nanofiltrasyon" olarak adlandırılır. Nanofiltrasyon, mikrofiltrasyon ve ters osmoz arasında çalışır. Molekül ağırlığı200-400'den büyük organik moleküller atılır. Aynı zamanda çözünmüş tuzların % 20-98'i uzaklaştırılır. Tek değerlikli anyonları olan (monovalent) tuzlar (NaCl, $CaCl_2$) %20-80 oranında uzaklaştırılırken çift değerlikli anyonları olan (divalent) tuzlar % 90-98 oranında atılır. Tipik uygulamalar arasında yüzey sularından renk ve toplam organik karbonun uzaklaştırılması, kuyu suyundan sertlik ve radyumun uzaklaştırılması, gıda ve atık su uygulamalarında organik maddelerin anorganik kısımdan ayrılması sayılabilir. Transmembran basıncı 3,5-16 bardır (50-225 psi).

6.4.1.4 Ters Ozmos (RO)

Ters ozmos, mümkün olan en yüksek seviyede süzmedir. Ters osmoz membran, çözünmüş bütün tuzlara ve anorganik molekülleri ve molekül ağırlığı 100'den büyük olan organik moleküllere bir engel-bariyer görevi yapar. Öte yandan su molekülleri membrandan serbestçe geçerek ürünü oluştururlar. Çözünmüş tuzların atılımı % 95-99 arasındadır. Ters osmozun çok çeşitli uygulamaları şunlardır: deniz suyunun veya

kireçli suların içme suyu eldesi amacıyla desalinasyonu, atık su geri kazanımı, gıda ve meyve suyu işleme, biyomedikal ayırmalar, evlerdeki içme suyunun ve endüstriyel proses suyunun saflaştırılması. Ayrıca ters osmoz, yarıiletken sektörü, güç üretimi (kazan besi suyu hazırlanması) endüstrisi ve laboratuar/medikal uygulamaları için ultra saf su üretiminde yaygın olarak kullanılır. Transmembran basıncı14-69 bardır (200-1000 psi).

Membran prosesinde MF ile UF arasındaki esas fark tuttukları molekül ağırlıkları veya membran gözenek boyutlarında ortaya çıkar. Tutulacak molekül ağırlığı membran üreticileri tarafından su özelliğine göre belirlenir. Üretici tarafından belirlenen bu şartnameye göre glikol ve protein gibi makro çözünebilir molekül kütlesinin % 90'ının tutunması sağlanabilmelidir. Gözenek boyutu membran yüzeyindeki mikro boşlukların çaplarını tanımlamakta kullanılır.

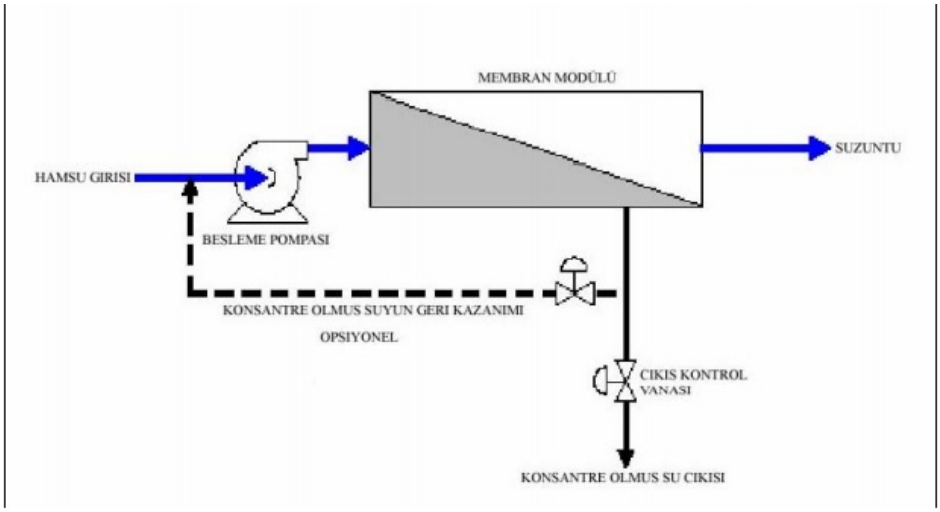
Boşluk boyutundan başka performansı etkileyen diğer etkenlere örnek olarak filtrasyon süresi boyunca membran yüzeyinde kek katmanının oluşması da söylenebilir. Bu membran kullanımı açısından olumsuz bir etki yaratır. Bu yüzden membrana etki eden tüm faktörlerin izlenmesi gerekir.

Farklı basınçlarla çalışarak istenen içeriğin ayrılmasında farklı sonuçlar elde edilebilir. Çünkü basıncın farklılaşmasıyla katılar ve daha küçük olan tuzlar giderilebilir. Giderilmesi istenen içerikler çok geniş bir yelpazede olduğundan basınçlarda çok farklı olabilmektedir. Aşağıda basınçetkisiyle çalışan membran prosesleri için tipik işletme basınçları Çizelge 6'da verilmiştir.

Çizelge6: Basınç Etkisiyle Çalışan Membran Prosesleri İçin Tipik İşletme Basınçları.

Membran Prosesi	Tipik İşletme Basıncı Aralığı (psi)
Ters Osmoz	
Deniz Suyu	800-1200
Az Tuzlu Su	
Düşük Basınç	150-300
Standart Basınç	350-600
Nanofiltrasyon	50-150
Ultrafiltrasyon/Mikrofiltrasyon	3-40; vakum olarak 3-12

En çok bilinen çeşitleri RO ve NF olan basınç tahriki ile çalışan membran proseslerinin şematik olarak gösterimi Şekil 4'te verilmiştir.



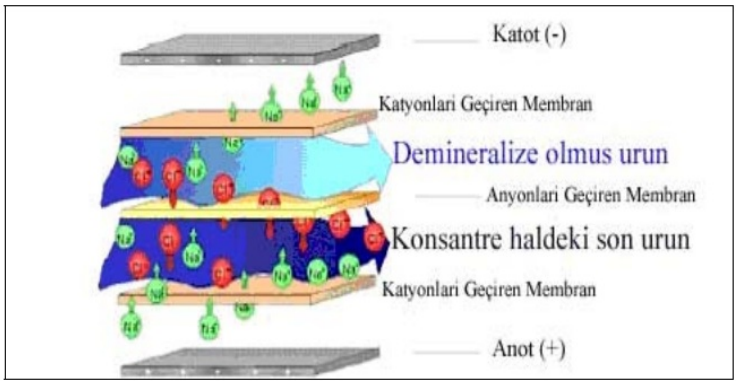
Şekil 4: Basınç Etkisiyle Çalışan Membran Prosesinin Şematik Gösterimi.

Ham su, besleme pompasıyla basınçlandırılır. Basınçlandırılmış su membran yüzeyinden işletme düzeni uyarınca çapraz akış ile geçer. Basınçlandırılmış giriş akımının bir kısmı membrandan geçer ve süzüntü (ürün) olarak ortaya çıkar. Kalan kısım ise konsantre hale geçer ve sistemden atılır. Membranın seçici özelliği; membrandan çıkan akımın giriş akımına göre çok düşük konsantrasyonlarda muhteviyat bulundurması olarak tanımlanabilir. Membran proseslerinin seçiciliği sayesinde, muhteviyatın ayrılması kolay olarak kontrol altına alınabilir. Yarı geçirgen özelliğe sahip membranlar (RO ve NF) için suda çözünürlüğü ve difüzyon oranı tuzlardan daha fazla olan muhteviyatlar ve diğer bileşikler besleme suyunda bulunur. UF ve MF'de ise ayırma basit bir membrandan süzülme ile gerçekleştirilir. Bazı durumlarda membran yüzeyinde birikme meydana gelir. Bu birikme ve akım türleri Şekil 5'de görülebilir. Bazı firmalar vakum ile tahrik edilen MF ve UF sistemlerini tavsiye eder. Bu sistemlerde süzüntü suyu emilerek proses tankından alınır. Bu düzenlemede pozitif basınç yapmak için kullanılan pompa süzüntünün çıktığı akım boyuna taşınmış ve vakum sağlanmıştır.

6.4.2 Elektrik etkisiyle çalışan membran prosesleri

Bu proseste elektriksel potansiyel sayesinde çözünmüş iyonlar suyu geçirmeyen ancak iyonları geçirebilen membranlardan geçer ve proses tamamlanır. Bu proses aşağıdaki şekilde şematik olarak gösterilmiştir (Şekil 5). Şekilde görüldüğü gibi anyonlar (-) ve katyonlar (+) pozitif ve negatif yüklerin arasındaki alandan etkilenerek membranlardan geçerler. Elektrotlara akım verildiği zaman oluşan alan sebebiyle

katyonlar negatif yüklü elektroda doğru hareket ederler. Katyonlar katyon membranından geçerler ancak anyon membranlarından geçemezler ve bu membran üzerinde tutunurlar. Sonuçta tuz konsantre olmuş akımda daha da yoğunlaşır. Sonuç itibariyle ürün olarak elde edilen su, başlangıçta alınan besleme suyundan daha seyreltilmiş ve konsantre akım ise daha yoğun olarak membran ünitesini terk eder.

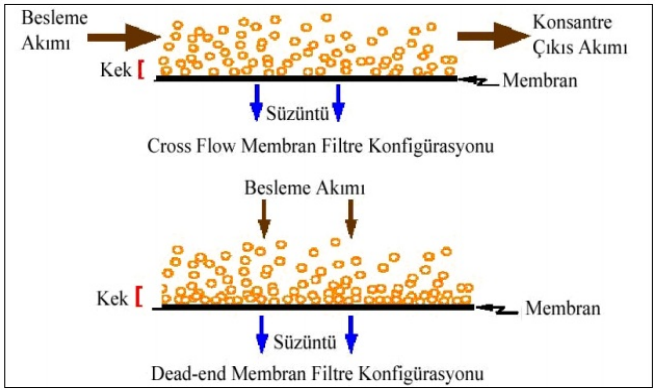


Şekil 5: Elektrodiyaliz (ED) Prosesi Akım Şematiği.

6.5 Akım Türleri

Mevcut çeşitli filtrasyon teknolojileri besi çözeltisinden uzaklaştırılan partiküllerin büyüklüğü baz alınarak iki kategoride sınıflandırılabilir. İlki askıda katı maddelerin konvansiyonel makrofiltrasyonu olan besi çözeltisinin filtre medyası üzerinden dik yönde geçirilmesidir. Bütün çözelti medyadan geçer ve sadece bir çıkış akışı oluşturur. Bu tür süzme elemanlarına örnek olarak kartuş filtre, torba filtreler, kum filtreleri ve multimedya filtrelerini verebiliriz. Makrofiltrasyon 1 mikrondan büyük partiküllerle sınırlıdır.

İkincisi ise küçük partiküller ve çözünmüş tuzların uzaklaştırılmasında kullanılan "teğet akış" olarak Türkçeye çevirebileceğimiz "crossflow" süzmedir. Bu metotta membran yüzeyine paralel olarak akan basınçlı bir besi vardır. Besi çözeltisinin bir kısmı membrandan süzülürken süzülmeden akan kısım arkadan gelen besi çözeltisi tarafından uzaklaştırılır. Membran yüzeyi üzerinden sürekli bir akış olduğu için atılan partiküller birikmez. Şekil 6'da crossflow süzme görülebilir.



Şekil 6: Membran Akım Türleri Şematik Gösterimi.

6.6 Membranların Yapısı

Evsel atık suların arıtımında kullanılan membran prosesleri uygulamalarının hemen hemen tümünde, membranlar sentetik organik polimerlerden yapılmıştır. Basınçla tahrik edilen proseslerde sıvının taşınmasında hem selülozik olan hem de selülozik olmayan membranlar kullanılır. Selülozik membranlar genelde asimetrik (membran tek bir maddeden yapılmıştır ancak yoğun bir bariyer tabakası ile gözenekli destek tabakası mevcuttur) olurlar. Selülozik olmayan membranlar ise hem asimetrik hem de kompozit (bariyer ve destek tabakası ayrı malzemelerden yapılmış olan) olabilmektedirler. Aşağıdaki Çizelge 7'de kullanılan bazı RO ve NF membranlarının kompozisyonları ve formları verilmiştir.

ED proseslerinde sentetik polimerler kullanırlar. Bu sentetik polimerler vinil bileşiklerinin çapraz bağlı sülfonlanmış kopolimerleri (katyon transfer tipi) olabileceği gibi kuaterner amonyum anyon değiştirici gruplar ile vinil monomerlerinin çapraz bağlıkopolimerleri (anyon transfer tipi) de olabilir. Bunlar düz tabaka formunda bir iyon değiştirici reçine gibi düşünülebilir. MF ve UF membranları malzemeleri bakımından çok çeşitlidir. Genelde polipropilen, polivinil diflorid (PVDF), polisülfon, polietersülfon ve selüloz asetat kullanılan malzemeler arasındadır. Membran malzemelerinin çeşitli olması farklı özellikler göstermelerine sebep olur. Bu farklıözellikler pH, oksidan duyarlılığı, yüzey yükü ve hidrofobiklik olarak sayılabilir. Bu materyal karakteristikleri membranın proseste kullanılıp kullanılmayacağınıbelirler.

Çizelge7: Su Arıtımında Kullanılan Bazı RO ve NF membranları ve özellikleri

Proses	Bariyer Kompozisyonu	Membranın Formu
Ters Osmoz (RO)	Selüloz Asetat (CA)	Asimetrik, Düz tabakalı
	CA Blend	Asimetrik, Düz tabakalı
	Selüloz Triasetat	Asimetrik, Hollow fiber
	Alifatik Poliamid	Kompozit, Düz tabakalı
	Aromatik Poliamid	Kompozit, Düz tabakalı
	Aromatik Poliamid	Asimetrik, Hollow Fine Fiber
Nanofiltrasyon (NF)	Aromatik Poliamid	Kompozit, Düz tabakalı
	Polypiperazid	Kompozit, Düz tabakalı
	Polivinil Alkol Türevleri	Kompozit, Düz tabakalı
	Sülfonlanmış Polietersülfon	Kompozit, Düz tabakalı

6.7 Membran Modül Konfigürasyonları

6.7.1 Tübular modüller

Tübular membran modülleri değişik sayılarda tüp içerirler ve uzunluk olarak 6 m'ye ulaşabilirler. Tübular membran modülü gözenekli paslanmaz çelik veya plastik bir tübe direkt olarak polimer çözeltisinin döküm yapılmasıyla hazırlanır. Bu sayede membranlar paslanmaz çelik tüpler ile desteklenmiş olurlar. Çoğu tasarımlarda tüpler seri bağlıdır. Bu sebeple besi kanallarının çapı büyük verildiği sürece geri kazanımı maksimuma çıkarmak için bir modül çoklu geçiş konfigürasyonu şeklinde çalışabilir. Bu modül sisteminin avantajları besi çözeltisi akış hızının kolayca ayarlanması ve besi kanalları ve daha da önemlisi ürün kanallarının mekanik olarak kolayca temizlenebilmesidir. Bu da sık temizliğin gerekli olduğu gıda ve günlük gıda uygulamaları için uygunluk sağlar.

Tübular konfigürasyon temizliğinin kolay olmasının yanında önemli bir avantajıda çoğu şartlar altında çok fazla basınç düşmesi olmadan türbülans akışısağlayacak kadar büyük bir tüp çapına (ters osmoz uygulamaları için tipik olarak 0,5 inch) sahip olmasıdır. Bu özellik onu tıkanmaya karşıçok dirençli yapar. Fakat bu modülün iki dezavantajı vardır:

1) Geniş besi kanallarından (ve modüller üzerinden çok miktarda suyu pompalamak için gerekli ekipmandan) dolayı yüksek enerji kullanımı ve

2) Modüllerinin paketleme yoğunluğunun düşük olmasından kaynaklanan yüksek yatırım maliyeti.

6.7.2 Hollow Fiber Modüller

Silindirik geometrisi olan membranlar iç boşluk çapına göre sınıflandırılabilirler.

1) Hollow fiberler: 0,5-2,5 mm

2) İç çapıdar olan fiberler: 3-8 mm

3) İç çapıgenişolan fiberler: 10-25 mm

Ticari fiber modüller 3 farklı konfigürasyonda çalıştırılabilir.

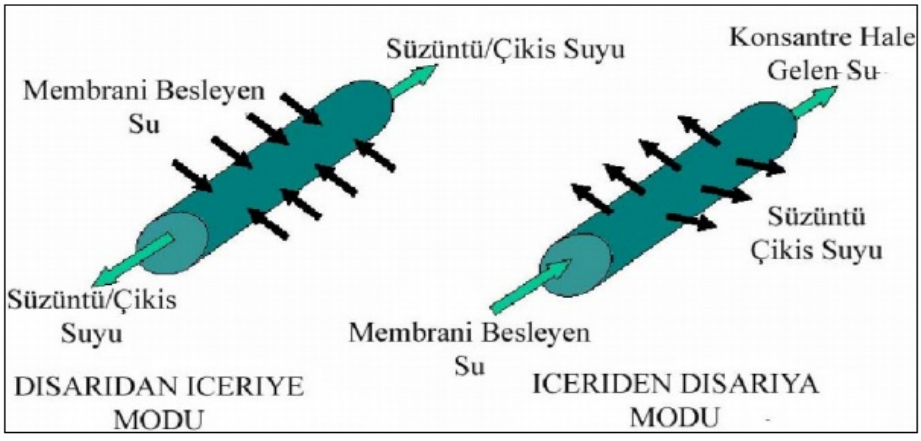
Bunlar:

1) Besinin fiberin dış kısmından verildiği süzücüler: besi ve ürün zıt yönde akar

2) Besinin fiberin dış kısmından verildiği süzücüler: besi fibere teğet akar

3) Besinin fiberin iç kısmından verildiği süzücüler. Besi ve ürün zıt yönlerde akar

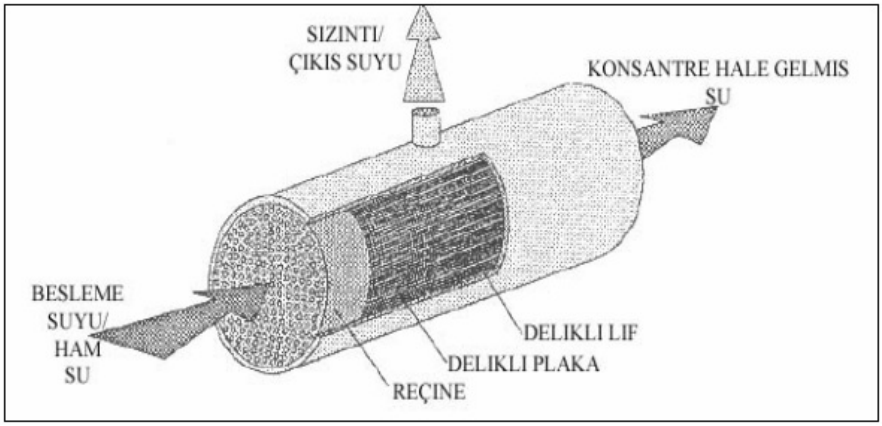
Aşağıda Şekil 7'de hollow fiber membranların iki modu gösterilmiştir.



Şekil 7: Hollow Fiber Modüllerin İşletim Modları.

Bütün bu akış şekillerinin hepsi için süzücüler (permeators) plakalı ve tüp ısı değiştiriciler (eşanjörler) gibi yapılmışlardır. Çapları genelde 100-500 μm arasında olan fiberler birbirlerine paralel olarak düzenlenirler ve tüp boyunca cihazın başından veya sonundan veya her iki tarafından da geçer. Yüksek basınçlı besiyi düşük basınçlı

üründen korumak için sızdırmazlık parçası olan salmastralar kullanılır. Şekil 8'de hollow fiber bir modülün ara kesiti görülmektedir.



Şekil 8: Hollow Fiber Bir Modülün Ara Kesiti

Besinin fiberin dış kısmından verildiği süzücülerde besi, membran fiberlerinin dışyüzeyi ile temas halindedir. Besi fiberin içine difüzlenir (nüfuz eder) ve daha sonra fiber iç boşluğuna kadar iner ve buradan basınç cihazının dışına çıkacağı tüpleri tutan halkadan geçerek dışarı çıkar. Kabuk kısmından beslenen ticari cihazlarda iki farklı akışkonfigürasyonu olan zıt akım ve radyal teğet akış (crossflow) kullanılır.

Zıt akışlı modüllerde besi ve ürün çıkışları zıt yönlerde fakat fibere paralel akar. Öte yandan, radyal bir teğet akış modülünde ise besi, fiberlerin boyuna dik olacak şekilde radyal yönde hareket eder. Besinin fiberin içindeki boşluğa verildiği süzücüler ise aynı zamanda ticari olarak da kullanılmaktadır. Bu sistemde iki adet fiber tutucu halkaya ihtiyaç vardır. Bunlardan birinden besi girişi olurken diğerinden uzaklaştırılan maddeler çıkar. En etkili işlem şekli ürünün besiyle zıt yönde (counter current) uzaklaştırılması olduğu için bu metot kullanılır.

Bu konfigürasyonda kullanılan hollow-fiber membranların su geçirgenliği, spiral sarım membranlarda kullanılan düz tabakalı ince film kompozit veya asimetrik membranlardan daha azdır. Fakat hollow-fiber membranların tuz giderme oranı daha yüksektir ve daha yüksek basınçlarda çalışabilirler.

C. M., Smith, ve ark, 2009, Morales-Morales, H. A., ve ark, 2003, Lindquist, H. D. A., ve ark, 2007, Hill, V. R., ve ark, 2005-2007, Polaczyk, A. L., ve ark, 2008, Tarafından yapılan çalışmalarda: Hollow Fiber Ultra Filtrasyon membranlarının geniş miktarlardaki su örneklerinde çeşitli mikropların (bakteri, virüs, spor..) giderilmesinde etkili bir teknik olduğunu kanıtlamaktadır.

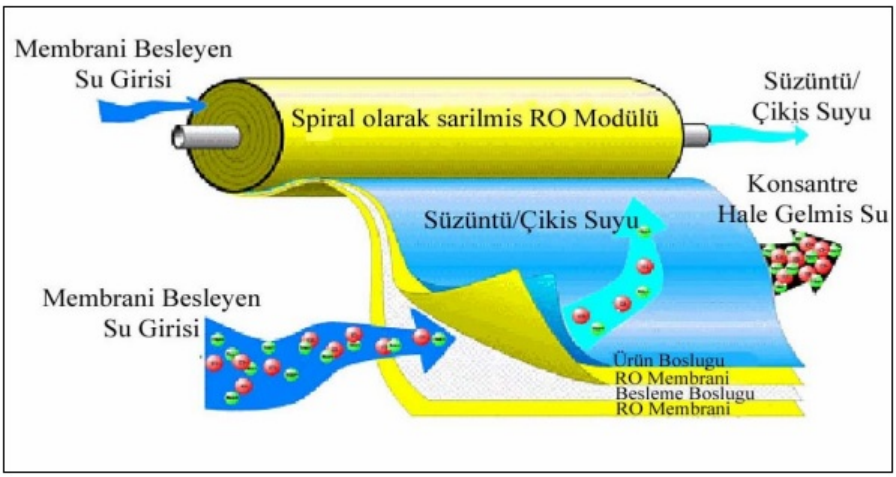
6.7.3 Plaka ve çerçeve modüller

Bu modüllerde spiral sarım modüllerde olduğu gibi iki düz tabaka membranın aynı zamanda ürün kanalıolan bir destek tabakasıyla ayrıldığı sandviç türü bir membran kullanılır. Bazı dizaynlarda membranlar disk formundadır. Membran diskleri ayırıcılarla birbirlerinden ayrılmıştır. Bunlar besi çözeltisinin membran halkasının bir tarafından radyal olarak içeri girmesine ve yine radyal olarak dışarı çıkmasına imkan verirler. Bu modül dizaynı yüksek geri kazanımları mümkün kılan uzun besi kanalları oluşturur.

6.7.4 Spiral sarım süzücüler

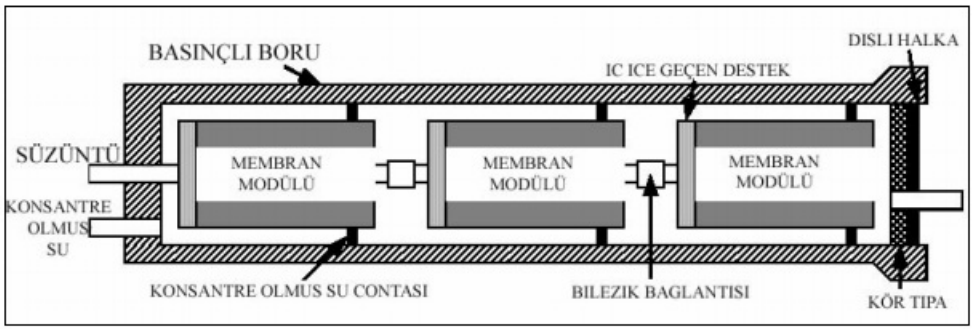
Düz membran filmlerinden oluşan spiral sarım bir süzücü Şekil 9'da gösterildiği gibi yapılır. İki membran tabakası, arasında bir ayırıcı ile beraber delikli bir tübe sarılır. İşlem sırasında basınçlı besi membranın dış yüzüyle temas eder. Besi membran üzerinden difüzlenir ve sonra sarılmış membran boyunca besiden daha düşük basınçlı toplama tüpüne doğru akar. Ürünün membran boyunca yolculuğu spiral bir harekete benzer ve zarfın merkezi olan perforeli tüpe kadar devam eder. Tuz ya da atıklar modülün öbür ucundan çıkarlar.

Spiral sarım modüllerde besi ve ürün akışı birbiriyle ne aynı yönde ne de zıt yönde akarlar. Aksine, spiralin herhangi bir noktasındaki akış yaklaşık aynı düzlemdedir fakat birbirlerine diktir. Spiral sarım bir modül elde etmek için membranlar bir basınç cihazının içine yerleştirilmelidir. Uzun, tek bir yaprağın toplama tüpü etrafına sarılması yerine her biri toplama tüpüne bağlı birden fazla zarf içeren çok zarflıya da yapraklı modüller olabilir. Üretimi kolaylaştırmak ve uzun ürün kanallarından kaynaklanan basınç düşmelerinden kurtulmak için spiral sarım modüllerin çoğu çok yapraklı tiptedir.

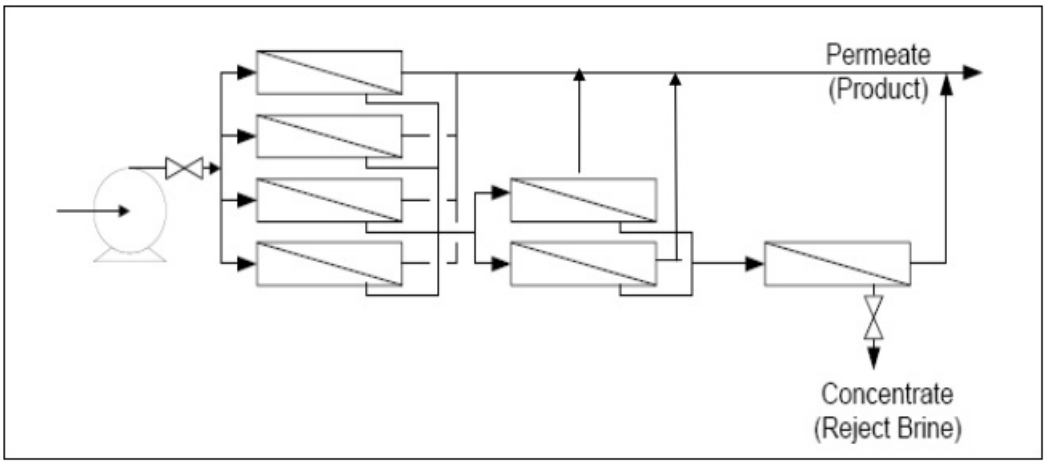


Şekil 9: Spiral Sarım Bir Membran

Genelde besi kanalı ayırıcıları gözenekli polipropilenden yapılırlar ve tasarımları uygulamaya bağlı olarak değişir. Mesela deniz suyu desalinasyonu için gözenek, türbülansıen yükseğe çıkarmak, basınç düşmesini en aza indirmek ve yüksek paketleme yoğunluğunu sağlamak üzere dizayn edilir. İki membran tabakası arasına yerleştirilen ürün kanalı ayırıcısı genellikle besi kanalı ayırıcısından daha küçük gözeneklerden yapılmıştır. Bu ayırıcılar membranın yüksek basınca karşı koymasını sağlayacak kadar ve yeterli desteği sağlayacak kadar küçük fakat ürünün toplama tüpüne yolculuğu için düşük dirençli bir yol sağlayacak kadar da açık olmalıdır. Genelde çok yapraklı spiral sarım modüller için endüstriyel standart 203 mm (8 inç) çap ve 1 m uzunluktaki bir modül için yaklaşık 33,9 m^2 membran kullanılmaktadır. Ne var ki, daha büyük çaplı modüllerde yapılabilir. Çapı 279 mm (11 inç) ve yaklaşık 65 m^2 membran içeren çok yapraklı modüllerde mevcuttur. Şekil 10, spiral sarım membranmodüllerini ve basınç kabını göstermektedir. Şekil 11, çok kademeli (multi-stage) olarak tasarlanmış bir RO arıtma sisteminin akım şemasını göstermektedir.



Şekil 10: Spiral Sarım Membran Modülleri Ve Basınç Kabı



Şekil 11: Çok Kademeli (Multi-Stage) Olarak Tasarlanmışbir Ro Arıtma Sisteminin Akım Şeması(Konsantre Akımına Göre Kademeli).

6.8 Akı, Su Kazanımı, Rejeksiyon

Akı: Bir membran içinden geçen su akış oranı olup, membran birim alanının birim zamanda geçirdiği hacim miktarıdır. Akı membran prosesleri için en önemli tasarım parametresi olduğu gibi aynı zamanda da en önemli işletme parametrelerinden birisidir. Arıtılacak suyun kalitesine göre seçilecek akı hem ilk yatırım maliyetini hem de işletim maliyetini doğrudan etkileyecektir. Akının formülü aşağıda Denklem 1.1'de verilmiştir.

$$\text{Akı} = Qp/A \qquad (6.1)$$

Qp=permeyt (süzüntü) debisi (L/s)

A=membran toplam alanı (m^2)

Su Kazanımı: Çapraz akışlı (cross flow) membran sistemlerinde sisteme beslenen suyun/atık suyun bir kısmı membrandan geçerek (permeyt=süzüntü) arıtılır, geri kalan kısmı ise membran yüzeyinden arıtılmadan konsantre hattına geçer. Çapraz akışlı sistemlerde arıtılan su miktarının toplam beslenen suya/atık suya oranı membran sisteminin su kazanımını (recovery) verir. Su kazanımı aşağıda verilen Denklem 1.2 yardımıyla hesaplanır.

$$\text{Su kazanımı}(\%)\ (\text{recovery}) = Qp/Qf \times 100 \qquad (6.2)$$

Qp=permeyt (süzüntü) debisi (L/s)

Qf=giriş/besleme debisi (L/s)

Rejeksiyon (arıtma verimi/giderim): Membran prosesinde arıtılacak olan su/atık su içerisindeki hedef kirleticinin (organik madde, mikrokirletici, ağır metal, çözünmüş katılar vs.) membran prosesinde giderilen miktarını belirten terimdir. Rejeksiyon aşağıda verilen Denklem 1.3 yardımıyla hesaplanır.

$$\text{Rejeksiyon}(\%)\ (\text{kirletici, çözünmüş madde vs giderimi}) = (Cf-Cp) / Cf \times 100 \qquad (6.3)$$

Cp= permeytdeki kirletici konsantrasyonu (mg/L)

Cf= girişdeki kirletici konsantrasyonu (mg/L)

6.9 Membran Kirlenmesi / Tıkanması

Çok küçük partiküllerin membran yüzeyinde birikmesiyle meydana gelir. Cross–flow hidrodinamiği nedeniyle besleme suyundaki partiküller membran yüzeyinde

birikirler. Membran akış oranı, çapraz akış hızı ve partiküllerin yayılması konsantrasyon miktarına bağlı olarak değişir. Membran tıkanmasının temel belirtisi sabit basınç altında akının azalmasıdır. Süzüntü suyunun kalitesi azalır ve modül basınç kaybı artar.

• İnorganikler

Genel inorganik kirleticiler ince dağılmış kil ve silt, oksitler, metallerin sülfitleridir. İnce dağılmış kil ve silt daha çok yüzeysel sularda bulunur. Oksitler ise metal içeren malzemelerin korozyonundan, oksitlendirilmiş yer altı veya yüzeysel sularında, atık su ve su arıtmada kullanılan metal tuzlarından (özellikle alüm) kaynaklanır.

• Mikrobiyal

Mikroorganizmalar özellikle de bakteriler membran yüzeyinde biyofilm oluştururlar ve polimerik membranlara zarar verirler. Mantar ve küfler sistem kapandığında depolanma sürecinde bile membran yüzeyinde koloni oluştururlar.

• Organikler

Büyük moleküler ağırlığa sahip organik muhteviyat (hümik asit, fulvik asit, taninler ve ligninler) membranın tıkanmasına neden olurlar. Besleme suyunun içinde bulunan katyonlar, kalsiyum, demir, kil ve kompleks oluşturabileceği muhteviyat tıkama yapma özelliğine sahiptir (Kitiş ve ark. 2009).

7. ULTRAFİLTRASYON

Ultrafiltrasyon tekniği ilk kez 1907 yılında kullanılmıştır. Ultrafiltrasyon, yüksek molekül ağırlıklı bileşenleri ısı uygulaması ve faz değişimine uğratmadan konsantre etme imkanı sunar.

Gıdada bulunan küçük molekül ağırlıklı bileşenleri beslemedeki konsantrasyonuna yakın bir oranda içerirken büyük molekül ağırlıklı bileşenler membran tarafından tutulur. Ultrafiltrasyon uygulamalarında basınç 1-15 bar arasındadır. Bu basınç değerleri ters osmoz uygulamalarına göre çok daha küçüktür (Anonim, 2012).

Ultrafiltrasyon

* Ultrafiltrasyon işletme açısından mikrofiltrasyona benzemektedir.

* 0,1-0,01 μm arasındaki partikülleri tutmak amacıyla kullanılır.

* Ultrafiltrasyon membranı delik çapı 0,05-1 nm arasında değişmektedir.

* UF üst tabaka kalınlığı 50-250 μm arasında değişen ve yüksek geçirgenlik ve seçiciliği olan bir alt tabaka ile desteklenmiştir.

* Esas filtrasyon olayı üst tabakada meydana gelmektedir.

* Alt tabaka sadece üst tabakaya mesnet oluşturmaktadır.

* UF membranları çözünmüş maddeleri ve küçük partikülleri ayırmak için kullanılmaktadır.

* Ayırmada temel etken moleküler büyüklük olmakla birlikte, moleküler şekil ve yüküde rol oynamaktadır.

* Ultrafiltrasyon membranlarında por büyüklüğü dağılımını belirlemek pahalı olduğu ve ayrıca ultrafiltrasyon da ayrılacak maddelerin partikül ölçüleri genellikle bilinemediği için burada karakteristik ayırma büyüklüğü olarak "molekül ağırlığı" kullanılır.

* Bir membran filtrasyonun da moleküllerin % 90-95 inin tutulduğu molekül ağırlığı alanı MWCO (Molecular Weight Cut Off) "AYIRMA SINIRI" olarak verilmektedir.

* Ultrafiltrasyon membranları için tipik molekül ayırma sınırı yaklaşık 1,000-100,000 D (Dalton)=kg/kmol arasındadır.

* Her bir membran türü için bu değer belirlenmiştir.

7.1 Ultrafiltrasyon Uygulamaları

* Gıda ve süt endüstrisi

* İlaç endüstrisi (enzimler, antibiyotikler)

* Tekstil endüstrisi

* Kimya endüstrisi (yağ-su karışımları, boya geri kazanımı)

* Kağıt endüstrisi

* Deri endüstrisi

* RO ve NF öncesinde ön arıtma amaçlı

* Ultrafiltrasyon membranları içme suyunda ileri arıtma amaçlıda kullanılmaktadır .

* Klorlama ile insanlarda kanserojenik etki yapan THM' lar oluşmaktadır. Dolayısıyla THM oluşumuna sebep olan organik maddeler klorlama öncesinde tutulmalıdır.

* UF membranları bu amaçla kullanıldığı takdirde THM oluşumu %20-50 arasında azalmaktadır.

* UF membranları bakteri ve virüs giderimi açısından da oldukça güvenlidir. İçme suyu tesislerinde kurulan tam ölçekli UF proseslerinde elde edilen sularda hiçbir mikroorganizmaya rastlanmamıştır.

* Hızlı kum filtresi geri yıkama sularını UF membranların da arıtmışlar ve UV dezenfeksiyonundan sonra elde edilen su şebekeye verilmiştir.

Temelde bir filtreleme işlemi olan ultrafiltrasyon tekniği su arıtımında kendi başına veya osmoz öncesinde uygulanır. Düşük basınçlı filtreleme süreci olan yöntemde ham su 0,1-0,01 mikron büyüklüğünde gözenekleri olan filtre dokusundan geçirilir. Sudaki istenmeyen maddeler tutulurken hiç katı madde ve mikroorganizma içermeyen su prosesin diğer safhaları aktarılır.

Ultafiltrasyon membranları Nanofiltrasyon ve Ters Osmoz membranlarından farklı yapıda olup Hollow Fiber membranlardır. Membran yapısı PES, PVP, PVDF, PS malzemeden imal edilir. Membran ömrü, uygun işletme bakım şartlarında Nanofiltrasyon ve Ters Osmoz membranlarına göre çok daha uzun ömürlüdür.

Bilimsel gelişmeler sonucu filtrasyon teorilerinin en son noktasıdır. 0,01 mikronluk gözenek boyutu ile en hassas filtrasyon bu teknoloji ile sağlanabilmektedir. Benzeri arıtma sistemleri olan nano-filtrasyon ve ters osmoz teknolojilerinin aksine suyun kimyasal yapısında hiçbir değişiklik yapmadan, suyun tüm fiziksel özelliklerinde maksimum düzeyde iyileştirme yapar. Bu teknoloji sayesinde, suda bulunan askıda katı maddeler, bulanıklık, %99 oranında renk pigmentleri ve en önemlisi sularda bulunması muhtemel bakteri ve virüslerin tamamı giderilmektedir. Bu özelliği ise, kaynak suları veya içme suları arıtımında çok önemli bir avantaj sağlamakta, ayrıca dezenfeksiyon kimyasalları kullanarak suyun yapısını bozmaya gerek kalmamaktadır.

7.2 Ultrafiltrasyonun Çalışma Prensibi

Sistem kılcal borucuklardan oluşan bir membran yapısına sahiptir. Cross-flow (çapraz akış) yöntemiyle, kılcal borucuklardan içeri giren ham su, borucukların yanal yüzeyinden filtre edilmiş olarak alınırlar. Sistemin geri yıkamaları ve dönemsel temizleme işlemleri, tesis otomasyonu dahilinde sürer ve personel kullanılmadan sistemin çalışması sağlanır.

7.3 Ultrafiltrasyon Sisteminin Güvenliği

Üretim kalitesinin yanı sıra yapılan laboratuar ve saha çalışmaları, sistemin %100 güvenilirlikle çalışmakta olduğunu göstermiş, ABD ve Avrupa'daki 10 yıllık uygulamalarında sistem çıkışında hiçbir bakteri veya partiküle rastlanmamıştır. Ayrıca tesiste kullanılan elemanlar kesinlikle bakteri üretmeyecek veya üzerinde bakteri tutunamayacak materyallerden seçilmiştir.

7.4 Ultrafiltrasyonun Ekonomik Avantajları

Endüstriyel su filtrasyonun da, suyun berraklık ve bazen de rengini iyileştirmek üzere; kum filtreler, aktif karbon, kartuş filtreler ve hassas kartuş filtreler kullanma zorunluluğu vardır. Bu sistemde ise, bu tarz ön filtrasyonun hiç birine gerek duyulmayıp, sadece iri partikülleri, 100 mikrondan büyük olmak üzere tutmak yeterli olacaktır. Bu amaçla torba veya elek tipi filtreler kullanılabilmektedir.

7.5 Ultrafiltrasyon Prosesi Özeti

Ultrafiltrasyon Prosesi özellikle büyük ölçekli su arıtma sistemleri için bir Membran Filtrasyon prosesidir. Tescilli ultrafiltrasyon membranları kullanılır ve 8" lik standart bir modül içine yerleştirilerek üzeri kapatılır. Nominal gözenek çapları minimum 10 nm ve maksimum 20-25 nm civarındadır bu özellik gözenek boyutundan kolloid ve katı madde, bakterileri de içeren tüm büyük partiküler maddelerin giderimini sağlamaktadır.

Membran mükemmel kimyasal dayanıklılık özelliği sağlamak için işletilir. Geniş pH aralıklarında çalıştırılabilir. Öyle ki klorlu besleme sularının arıtılması özelliğini sağlamasında veya membranların oksitleyici kimyasallar ile temizlenmesinde oksidan maddelere karşı oldukça toleranslıdır. Membranlar içi dışında da işletilebilir. Bu şu anlama gelir; Membran tarafından alıkonulan maddeler açıkça belirlenmiş bir boşluk içerisindedir, bu boşlukta membranlar hem geri yıkanır hem de kimyasalla temizlenir. İçi dışında (Inside Out) işletimin başlıca avantajlarından birisi besleme suyunun membran iplikleri arasında katı madde oluşabilen membranların kabuk bölgesine (dış kısım) girmesine kesinlikle izin verilmemesidir. Önce katı maddeler her bir iplikler arasında tutulur. Özellikle iplikler reçine içine yerleştirildiğinde giderimin gerçekleşmesinde zorluk olabilir.

Ultrafiltrasyon prosesi özellikle Dead end Operation da işletilir. Enerji tüketimi oldukça düşük tutulur. Membran arasındaki tipik basınç 0,3 – 0,8 bar (5-12 PSI). Membran yüzeyinde tutulan katı maddeler hiçbir kimyasal içermeyen ultrafiltrasyon üretim suyu yardımıyla periyodik olarak temizlenir. Katı maddelerin her zaman geri yıkama ile giderilmesi sebebiyle membran üzerinde fazla katı birikimi engellenir.

Membran yüzeyinde absorplanan her bir katı madde yerinde (in situ) Kimyasal olarak Genişletilmiş Geri yıkama (in situ Chemically Enhanced Backwash (CEB))ile giderilir. Membranlar modül temizleme amaçlı kesinlikle çıkartılmamaktadır. CEB sırasında geri yıkama süresince az miktarda kimyasal muamele edilir. Kısa ıslatma periyodu (genellikle 5 – 10 dk) sonrası kimyasal üniteden dışarı atılarak membranın temiz ve orijinal durumuna geri dönülür.

Genellikle yerinde Temizleme (CIP) prosedürleri gerekli değildir ve böylece üniteler arası CIP in tekrar kullanılmasıyla çaprazlaştırmadan kaçınılmıştır. Tesisin işletilmesinde işletmeye müdahaleye gerek yoktur. Bir Membran kabı içerisinde 4 adete

kadar Membran modülü yerleştirilir ve tüm modüller paralel işletilir. Bu işletim içsel modül karışık modül içinin karışıklığı sayesinde başarılır.

Membran iplikleri Koruge plakalar ile 20 bölüme ayrılır. Geri yıkama CEB işlemini geliştirir. Dahası bypass tüpü membran modülünün iç kısmı ile bağlantılıdır. Membran kabının ortasında bulunan Bypass tüpü modülü besler ve CEB atığı ve geri yıkama suyunun deşarj edilmesini ve böylece prosesin hidrodinamikliğinin optimizasyonunu sağlar.

Ultrafiltrasyon prosesinin işletilmesi ultrafiltrasyon tesisi içinde koagülasyon hattı bulunmasıyla genişletilebilir. Bu durum hem prosesi pozitif olarak etkiler hem de organik maddeler, demir gibi besleme suyunda bulunan çözünmüş birkaç bileşenin giderimi verimi arttırılır. UF'nin tek başına kullanımına nazaran daha iyi kalitede su üretilir. Pozitif etki geri yıkama ve kimyasal genişletilmiş geri yıkama sıklığının az olması ile gerçekleşir. Tüm sistemin geri kazanım ve verimi böylece geliştirilir. Katı maddeler için kesin bir bariyer olması nedeniyle kullanılan UF Membranları besleme suyunun kalitesine bakılmaksızın yüksek kalitede su üretecektir.

7.6 Ultrafiltrasyonun Avantajları

UF membranları çok küçük gözenek çapına sahiptir. Bu özelliğinden dolayı besleme suyu kalitesine bakılmaksızın bakteri, bunun gibi mikroorganizmaları da içeren tüm askıda katı maddeler için kesin bir bariyer olarak görev yapar. Tipik üretim suyu analiz sonuçları aşağıda verilmiştir.

Askıda Katı Madde	< 0,5 mg/L
Bulanıklık	< 0,1 NTU
Bakteri Giderimi	> 6 log
Virüs Giderimi	> 4 log

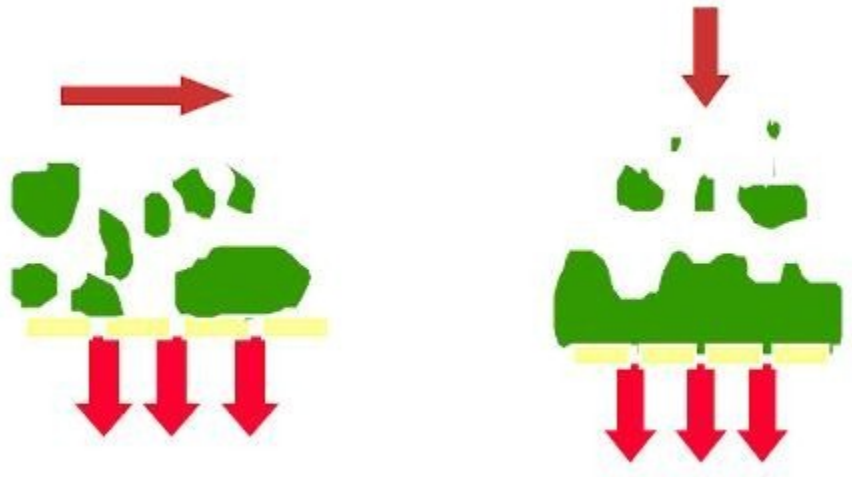
7.7 UF prosesinin Genel Açıklaması

Ultrafiltrasyon prosesi özellikle geniş ölçekli su arıtma sistemleri için kullanılabilir biçimde dizayn edilmektedir. Bu tür uygulamalar aşağıda sıralanmış sular için genellikle belirlenmiştir.

- Yeraltı suyu

- Yüzey Suları
- Deniz Suyu
- Atıksu Arıtma Tesisi Çıkış Suları

Bilindiği üzere bu sularda bulanıklık ve askıda katı madde miktarı oldukça düşüktür (50 mg/L'nin altında). Bu tür uygulamalarda eğer katı madde renk ve ya bakteri giderimi gerekli ise Dead end Filtrasyon en uygun arıtma şeklidir. Geniş ölçekli bu sistemlerde görünen şu ki enerji ihtiyacı çok önemli bir konudur



Şekil 12: Çapraz Akış Ve Dead-End Sistem Arasındaki Fark

Temel olarak sistem kahve filtre makinesi gibi çalışır. Askıda haldeki tim katıları ayırır ve membran yüzeyi üzerinde tutar. Alıkonulan katı maddeler "fouling (tıkanma)" olarak adlandırılır ancak aslında terim olarak yanlış bir ifadedir. Çünkü bu alıkonulan katı maddeler prosesin esasını oluşturur. Sabit membran boyunca akışın sağlanması için membranlar arası işletim gücü sabit olarak arttırılmalıdır. Sistem akışın debi yönünün tersine çevrilmesiyle belli aralıklarla geri yıkanır. Bu işlemin adı "semi dead end filtrasyon"dır. Katı maddeler dren hattından dışarı atılır. Tüm sistem kendini tekrar eder. Tüm katı maddelerin sistemden uzaklaştırıldığı sırada membranların tamamıyla temizlenmesi için daha sert metotlara ihtiyaç duyulmaktadır. Bazı bileşikler membran üzerine kolaylıkla tutunabilmektedir. Öyle ki mekanik güç yardımıyla temizlenemez. Bu bileşikler organik ve mikrobik orijinlidir. Yavaşça ancak geri dönüşümsüz bir şekilde membranı bloke ederler. Bloke olmuş membranlar tıkanır. Bu partiküler maddelerin giderimi bu prosesin başlıca amacı değildir. Partiküler maddeler hem çözelti içerisindedirler hem de membranı geçeceklerdir. Bu, membran yüzeyine

yapışmak için kuvvetli eğilim gösterecekler veya membran tarafından giderilen mikroorganizmaları ihtiva edeceklerdir. Bu partiküller öncelikle büyük boyutlu partiküllere dönüşerek membran yüzeyi üzerine oturacaklar. Bu tip fouling (tıkanma)' nın en önemli özelliği kimyasal olarak giderilebilir olmasıdır. Buna dönüştürülebilir fouling (reversible fouling) denir. Asıl önemli olan dönüştürülemeyen maddeler tarafından tıkanmanın gerçekleşmesidir. Buna dönüştürülemez fouling (non- reversible fouling) denir.

7.7.1 Teknoloji

Son yıllarda geliştirilmiş olan Semi dead end konseptinde, 8" dead end ultrafiltrasyon membran elementi temel alınmıştır. Bu konseptte genellikle RO ya adapte edilebilen 8" basınçlı kap kullanılmaktadır. Kabın içinde birkaç membran elementi yatay olarak yerleştirilir. Her bir elementin uzunluğu 1,5 metre ve kılcal membran ile doludur. Membranlar genellikle 0,8- 1,5 mm çapındadır ve her bir elemente 22 – 35 m^2 membran alanı vardır

Filtrasyon içten dışa doğrudur. Besleme suyu (yeşil) membranların her birinden geçirilir ve kabuk kısmı (shell side)'ndan dışarı çıkarılır. Su, üretim borusu (mavi) yardımıyla toplanıp membran elementini terk eder. Temiz su tankı pompa vasıtasıyla beslenir. İlk pompa besleme suyunu membranlara göndermeye, ikinci pompa ise geri yıkama veya kimyasal genişletilmiş geri yıkama işlemleri için teşkil edilir. UF üretim suyu hem geri yıkama hem de temizleme işlemleri için kullanılmaktadır.

Yerleşimde temizleme kimyasallarının geri yıkama su hattına enjekte edilmesi ve yeri yıkama işleminin yapılabilmesi için bir veya birden fazla dozlama pompasına ihtiyaç duyulabilir. Ünite dead end durumunda çalıştığı sürece enerji tüketimi 0,1 kWh/m^3 olacaktır.

7.7.1.1 Filtrasyon geri yıkama kimyasal genişletilmiş geri yıkama

Bu işlemlerin en önemli özelliği her 3 durumda da son kullanıcı açısından mümkün olduğunca tüm maliyetin düşürülmesidir. Yalnız maliyetin azalması, m^2 membran alanı başına mümkün olduğunca yüksek üretim oranının artması anlamına gelmez.

Kimyasal genişletilmiş geri yıkama ya nazaran, geri yıkama işlemi esnasında kimyasal kullanılmamasından dolayı geri yıkama oldukça ucuz bir metottur ve çok kısa

sürmektedir (genellikle 20- 60 saniye). Geri yıkama membran yüzeyinden alıkonulan katı maddelerin giderimi için tercih edilir.

7.7.2 Ultrafiltrasyon Prosesinin Suya Yönelik Uygulamaları

Yüzlerce değişik uygulaması olmasına rağmen geniş ölçekli su arıtma tesislerinde kullanımı ile sınırlanır. Bunlardan bir kaçı;

- Son bariyer içme suyu üretimi
- Yüzey suyu arıtımı
- Deniz suyu arıtımı
- Atık su geri kazanımı

7.7.2.1 Son bariyer içme suyu üretimi

İçme suyu kalitesi için artan zorunlu su kalite standartları nedeniyle, su firmaları su dağıtım kanallarındaki mikrobik enfeksiyonlardan kaçınmak için oldukça fazla gayret sarf etmektedirler. Bunu gerçekleştirmek için bütçelendirme yapılmakta, sıklıkla analizler yapılmakta veya su arıtma tesisi çıkışına bakteri ve virüsler için fiziksel bariyer yapılmaktadır

UF kullanılarak bir bariyer teşkil edilmesi basittir. UF membranları ile 6 log' a kadar bakteri ve 4 log'a kadar da virüs giderimi yapılmaktadır. Müşterinin isteği ve su firmalarına göre bu değerler artabilir. UF kavramı için İçme suyu kalitesi yüksek seviyededir (çok düşük bulanıklılık ve katı madde içeriği). Bu tesisler saatte m^2 membran alanı başına 135 L gibi yüksek akım hızları (flux) ile çalıştırılabilir. Suyun oldukça temiz olmasından dolayı yapılan ikinci UF sistemi ile geri yıkama ve kimyasal olarak temizleme uzun aralıklarla yapılır. Eğer gerekli ise ikinci bir Uf ünitesi konarak üretilen su %99 oranında geri kazanılabilir.

7.7.2.2 Yüzey suyu arıtımı

UF' nin en yaygın kullanımı Yüzeysel suların arıtımıdır. Özellikle sulama suyu olarak kullanılabilir su veya Proses suyu üretimi için RO ünitesini besleyecek nitelikte su elde etmek için UF Sistemi yüzeysel suların arıtımında kullanılan en yaygın metottur.

7.7.2.3 Deniz suyu arıtımı

Orta Asya Su kesintisi ile sık sık karşı karşıya kalmaktadır. Bu problemi çözmek için buharlaştırma yöntemi en yaygın kullanılan metottur. 1960'lardan itibaren bu

ülkelerdeki ihtiyaçlar önceden sezilmiştir. Birçok deniz suyu arıtan ters osmoz üniteleri ciddi membran tıkanma sorunları ile karşı karşıyadır. Bilindik ön arıtma sistemleri yeterli kaliteye sahip su sağlayamamaktadır. Bir çok tesis orijinal dizayn kapasitesinin altında çalışmaktadır. Hatta bazıları dizayn edilmelerine rağmen % 30'dan fazla su üretilememektedir.

Pilot çalışmalar şunu göstermiştir ki, Deniz suyu için RO tesisine beslenen besleme suyunun kalitesinin mükemmel düzeyde sağlanması UF sistemi ile de yapılabilmektedir. Uzun süreli çalışmalarda filtrelenmiş suyun SDI (silt yoğunluk indeksi)'ı 2 den daha az değerde olabileceği belirlenmiştir. Bu testler herhangi bir UF'nin ön arıtma yapılmadan çalıştırılabilir olduğunu göstermiştir.

7.7.2.4 Atık su geri kazanımı

İlginçtir ki; Batı Dünyası sadece arıtılan suyu dren hattı ile sularına vermek ile oldukça kötü sonuçlar ile karşılaşacaklardır. Çok makul bir fiyata UF kullanılarak çıkış suyunun tekrar kullanımı sağlanabilir

Belediye veya endüstriyel atık su arıtma tesislerinden gelen çıkış suyu, proses ve kullanıma suyu elde edilebilmesi için mükemmel bir sudur. Yeni bir uygulama olması Batı dünyasındaki müşteriler için anlaşılması oldukça zordur. Teknolojik durumlardan çok fiziksel durumdan dolayı bu problemle karşılaşılmaktadır (Anonim, 2013).

8. MATERYAL VE YÖNTEM

8.1 Pilot UF Membran Sistem ve Özellikleri

Tez çalışması kapsamında pilot-ölçek UF sistemi olarak İnge®dizzer 4040 6.1 model, PES (polietersülfon) materyalinden oluşan manuel membran sistemi kullanılmıştır. Membran modülünün teknik özellikleri aşağıda belirtilmiştir.

- Saatte 200 L arıtma kapasiteli
- Kimyasal ters yıkamada kullanılacak maddelerin özellikleri

*Asit pH (min 1)

*H_2O_2(max 500 ppm)

*Serbest Cl^2

- İçten dışa besleme;

Prensip olarak besleme suyu kılcalların dışında içeri doğru (dıştan içe) ya da kılcalların içinden dışarı doğru (içten dışa) geçirilebilir. İçten dışa konfigürasyonlarda ters yıkama sırasında suyun yönü tersine döner. Bu nedenle filrasyondan çok daha yüksek bir basınç fiberin dışına etkir. Basıncın fiberin dışına ve tüm boyuna etkimesi ise kirleticilerin uzaklaştırılması konusunda kritik bir etkendir. Bunun anlamı Filtrasyon sırasında kılcalların içine giren besleme suyu süzülerek dışarı çıkar. Geri yıkama modunda ise dıştan içeri doğru geçen su geri yıkamayı sağlar. İçten dışa konfigürasyonda fiberin içine giren kirli besleme suyu fiberin dışyüzeyindeki besleme suyuna oranla çok daha küçük hacimdedir. Bu özellik en baştan kirlilik tabakasının ekonomik bir şekilde ve görece kısa zamanda geri yıkama ile atılmasını sağlar. Bu dizayn bize düşük operasyon basıncı ve nadir sisteme kapatarak kimyasal yıkama olarak geri döner. Bunun yanında geri yıkama atığı tamamıyla kılcal kanallardan atılır.

- Dikey dizayn edilmiş membran sistemi;

Başlarda UF sistem dizaynı RO ve NF sistem dizaynı ile paralellik göstermiştir. Dört modüle kadar tek kabın içine yerleştirilirler. Besleme suyu modülün iki tarafından girer ve merkezde bir ölü nokta oluştururdu. Yatay çok elementli tasarımın birçok dezavantajı vardı. En önemli dezavantajı ise düşük geri yıkama verimiydi. Geri yıkama

sırasında akıyı tüm kılıf boyuna dağıtamıyordu. Bu nedenle kılıfın ortasında bulunan ve çöküntünün en çok olduğu ölü noktanın yıkanması imkansız hale geliyordu. Güvenilirlik testlerinde ise tek kılıfta dört membran bulunması hasarlı modülü bulma işini laboratuar hassasiyetinde çalışmalar gerektirecek kadar zordu. Eskiden su kaçakları için oringler kullanılırken aynı zamanda kaçaklar için potansiyel oluşturmaktaydı.

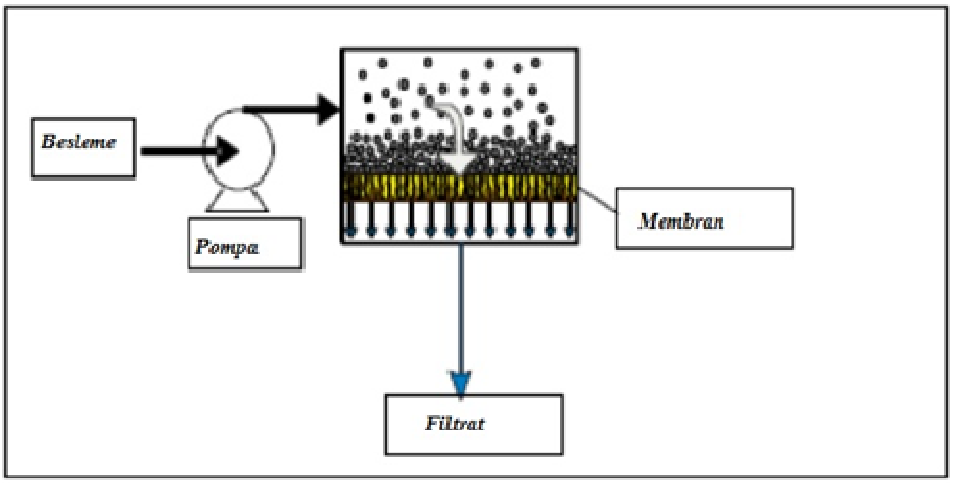
Dikey konfigürasyonlar tekli ya da çiftli dizilimler karşılaştırıldığında yatay dizaynın kısıtlamalarından kaynaklanan kalite düşüşünü üründe yaşamaz. Çünkü besleme suyu alttan ya da üstten geri yıkama suyu aynı şekilde birbirini takip edecek şekil veya alternatif periyotlarla çalıştırılabilir. Modüller kolaylıkla bakım için çıkartılabilir. Çift dizilim konfigürasyonlu tren sistemi yatay sistem ile eşit ya da daha az bakım ister. En ileri avantajı ise güvenilirlik testinin kolaylıkla ve titizlikle yapılabilmesi sayesinde su ve havadan kaynaklanan koç darbelerinin mekanik stresini daha iyi kaldırır. Bunun tersine yatay konfigürasyonlar düzgün bir menfezleme oluşamaz.

- Düz Akış (Kapalı Sonlu) çalışma prensibi;

Hollow fiber UF membranları iki ana prensiple şekillendirilir. Biri çapraz akış, diğeri ise kapalı sonlu akıştır. Kapalı sonlu akış aynı zamanda düz akış ya da direkt akış olarak da adlandırılır. Membrana giren tüm su ürün tarafına geçer. Besleme suyundaki tüm çöküntü partiküller membran yüzeyinde kalır ve geri yıkama ile besleme tarafından alınır.

Neredeyse tüm su kaynaklarının katı yükleri nişasta ve protein gibi geleneksel çapraz akış uygulamalarından çok daha küçük olduğu için düz akış modu her türlü su arıtma uygulamasında ortaya çıkmaktadır. Bazı uygulamalarda UF/MF proseslerinde çapraz akış kullanılmıştır. Bunun nedeni yüksek derecede kirleticilerin membran yüzeyinde bulunmasını engellemektir. Şematik akış diyagramı Şekil 13'te gösterilmiştir. Yüksek çapraz akış hızları besleme kanalında düzensiz şartlar oluşturur. Bu türbülans yüksek partikül yoğunluğu olan besleme sularında membran yüzeyinin bu partiküllerden temizlenebilmesi için yüksek derecede efektif bir zemin sağlar. En büyük dezavantajı ise besleme kanalı boyunca oluşan yüksek orandaki basınç düşüşünden dolayı gerekli hızı yaratmak için çapraz akış pompasının ve borulamasının dikkate

değer derecede artan enerji ihtiyacı sonucu daha büyük ve maliyetli sistemleri gerektirmesidir.



Şekil 13: Kapalı Sonlu Filtrasyon

- Bütünleşmiş basınç kabı ve son kapakları,
- İçten dışa filtrasyonun geri yıkamanın verimini garantiler,
- Basınçlı UF konfigürasyonu, yüksek esneklikle işletme sağlar,
- Verimliliği yüksek derecede etkileyen partiküllerin temizlenmesini ileri çalkalama (forward flush) ile verimli kılar.
- Por çapı ortalama 0,02 mikrondur.
- Forward flush(İleri doğru çalkalama) İle Dikey Yıkama İşlemi

8.2 UF Modülünün Diğer Teknik Özellikleri

0,9 mm İç Çaplı Multibore® UF Modül Özellikleri				
Modül Bilgileri			dizzer® P 4040-6.0	
Part Numarası			EP-0049	
Membran alanı	m^2	sq.ft.	6.0	65
Uzunluk	mm	inch	960 ± 1.5	37.8
Modül dış çapı	mm	inch	100	3.94
İç çap	mm	inch	28.4	1.12
Islak ağırlık	kg	lbs.	4.5	10

Multibore® 0,9 membran			
Membran bilgileri			
Lif başına kılcal boru		7	
İç çap	mm	0.9	
Dış çap	mm	4.0	
Gözenek çapı	µm	yaklaşık 0.02	
Basınç	bar	psi	>10 >150
Materyal		PESM	

Şekil 14: UF Modülünün Diğer Teknik Özellikleri

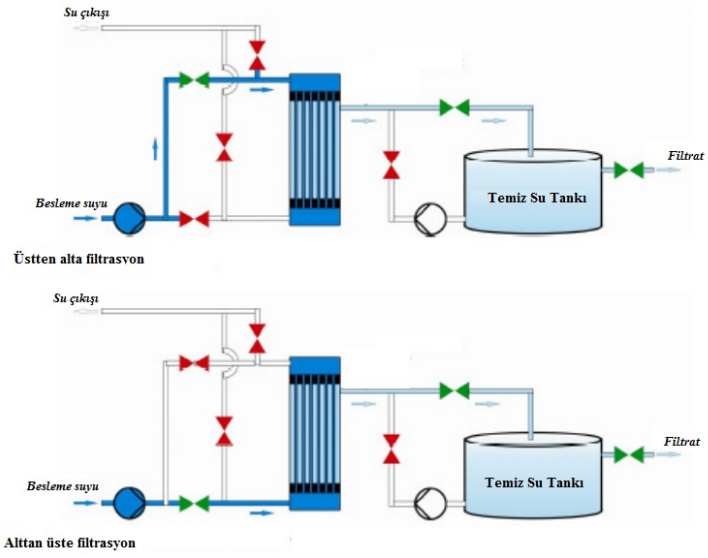
8.3 Altınapa Baraj Suyunun Pilot-Ölçek UF Membran Sistemiyle Arıtılması

Tez çalışmasının ana amacı; Altınapa baraj suyunun mevcut kimyasal arıtma metoduna alternatif olarak; Ultrafiltrasyon membran sistemlerinin kullanılmasında ki

verimliliğin saptanması amacıyla ham suyun pilot bir UF membran sistemden geçirilerek giriş ve çıkış sularının önemli bazı fiziksel,kimyasal ve mikrobiyolojik parametrelerinin incelenmesi ve bunun sonucunda kimyasal arıtmaya göre bir çok avantaja sahip membran sistemlere geçişin uygun olup olmayacağını araştırmaktır.Bu amaçla besleme ve ürün tankı, iki adet pompa,kimyasal yıkama ünitesi,UF modül,ön filtre ve kum filtresinden oluşan saatte 200 lt kapasiteli pilot ölçek UF sistem dizayn edilmiştir ve daha sonra haftada bir kez ortalama yüzer litre yüzey suyu sistemden geçirilerek arıtılmış ve ardından giriş ve çıkış sularının gerekli parametreleri ölçülerek değerlendirilmiştir.

8.3.1 Filtrasyon adımı

Filtrasyon durumunda suyun saflaştırılması gerçekleştirilir.Bu amaçla yüzey suyu başlangıçta üstten alta doğru membrandan geçirilir. Basınçlı besleme suyu tamamıyla UF'den geçerek ürün tarafından çıkar. Kirleticiler geri çevrilir ve kirlilik içinde biriktirilir. Filtrelenmiş su ürün/geri yıkama tankına beslenir. Bu tanktan filtreleme sonrasında gereken tüketim çekilir. Bir sonraki filtrasyon işlemi ilkinin zıt yönünde (alttan üste) yapılarak membranlar üzerinde oluşabilecek kirliliklerin giderilmesi de sağlanır.



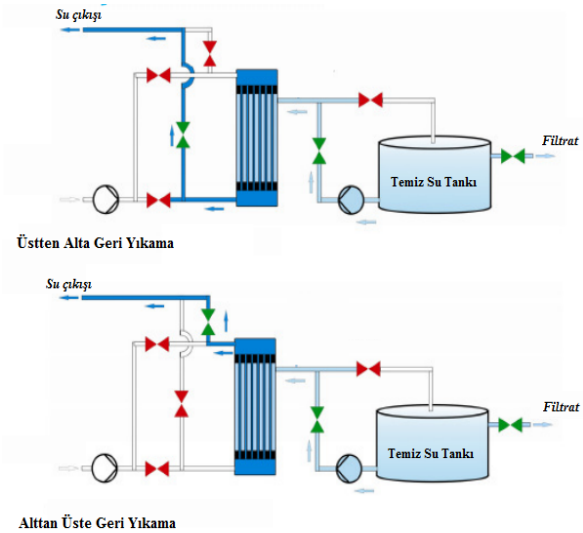
Şekil 15: Filtrasyon İşlemi

8.3.2 Geri yıkama işlemi

Filtrasyon adımında UF membranında tutulan besleme suyundaki kirleticiler membran yüzeyinde kümeleşerek fouling tabakası oluştururlar. Bu tortuyu membran yüzeyinden uzaklaştırmak ve optimum işletme şartlarını yaratmak için periyodik geri

yıkama yapmak gereklidir. Eğer başka bir kimyasal kullanımına gerek yoksa membran modülünün sadece maximum 200 ppm'i geçmeyecek şekilde dozlanmış temiz su ile geri yıkaması yapılır. Geri yıkama işlemi opsiyonel olarak alttan üste ya da üstten alta olabilir.

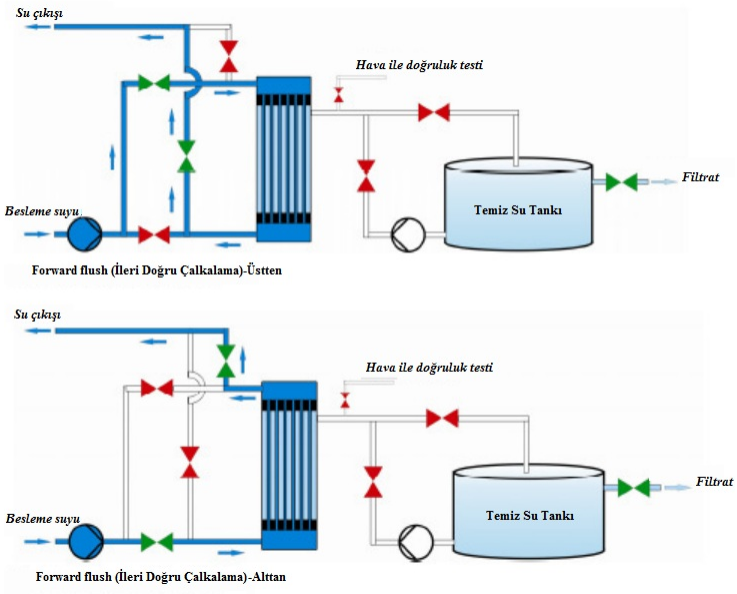
Geri yıkama için kullanılan su, ürün/temiz su tankından alınır ve modüllerin üretim çıkışından beslenir. Membranı filtrasyonun tersi yönünde dıştan içe doğru kateden su fouling tabakasının membran yüzeyinden ayrılmasına ve atık olarak tahliyesine olanak sağlar. Daha sonra geri yıkama suyu fiberlerden ve besleme kanalından atılır. Verimli bir geri yıkama gerçekleştirmek için geri yıkama suyu filtre suyundan yaklaşık olarak 2/3 oranında fazla olmalıdır. Bu durum membranlar üzerinde filtrasyon adımına oranla daha büyük bir mekanik stres yaratır. Bu da mekanik fiber stabilitesini birincil önceliğe getirir. Besleme suyu kalitesine bağlı olarak geri yıkama zamanı 30 ila 60 saniye arasındadır. Geri yıkama akış yönleri yapılan filtrasyon modunun akış yönüne göre değişir. Örneğin üstten Filtrasyon modun da kirleticiler çoğunlukla membranın alt kısmında birikir. Bu birikimi atmanın en verimli yolu önceki filtre modunun yönünde geri yıkama yapmaktır. Bu durumda geri yıkama akış yönü tepeden aşığı yöndedir ve bu moda üstten geri yıkama modu denir. Bu şekilde tortunun en kısa yoldan fiberleri terk etmesi sağlanır. Aynı prensip ile alttan üste doğru yapılan geri yıkama da alttan geri yıkama olarak adlandırılır (Şekil 15).



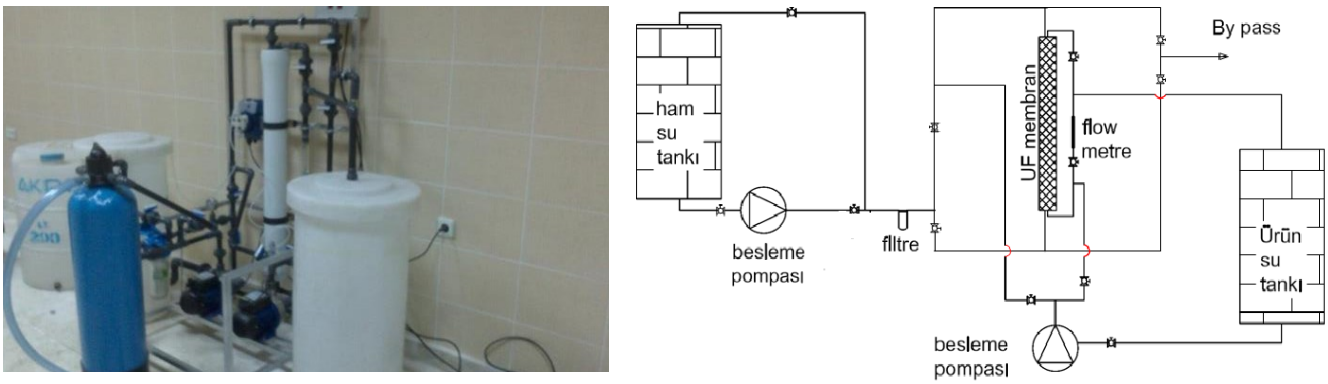
Şekil 16: Geri Yıkama İşlemi

8.3.3 Forward flush (İleri doğru çalkalama) İle Dikey Yıkama İşlemi

Yüksek AKM'ye sahip besleme sularında ileri doğru çalkalama yani kısa süreli olarak çapraz akışta ileri doğru sistemi çalıştırmak fiber tıkanması olasılığına karşı dikkate değer bir fayda sağlar. İleri çalkalama genellikle geri yıkamadan hemen önceyapılır. İleri çalkalama modunda besleme suyu tümüyle fiberin içinde hareket ederek atılır. Konsantre tarafındaki vana açık ve filtre tarafındaki valf kapalıdır. İleri çalkalama yaklaşık 20-30 saniye sürer. Tüm besleme suyunu fiberin bir ucundan diğer ucuna iterek oluşması mümkün partikül yığıntısını ve AKM'nin bir kısmını çalkalayarak atmak verimli bir ileri çalkalamanın yapması gereken görevdir. İleri çalkalamada kullanılan su atık hattına gider. Şekil 16'daki diyagramlar üstten ileri çalkalama ve alttan ileri çalkalamayı gösterir.



Şekil 17: Forward flush (İleri doğru çalkalama) İle Dikey Yıkama İşlemi



Şekil 18: UF pilot Sistem

8.4 Analitik Ölçümler

pH: Elektrometrik metoda (Standard Metot 4500-H+) göre WTW marka Terminal 740 model pH metre ile ölçülmüştür (APHA, 1995)

İşlem:

- Cihazın fişi prize takılmış ,açma/kapama düğmesine basılıp pH 4.01, 7.00, 10.01 Buffer Standart çözeltilerinin oda sıcaklığına gelmesi beklenmiştir.
- Oda sıcaklığına gelmiş olan Buffer standart çözeltilerinin günlük kontrol ölçümleri yapılmıştır.
- pH elektrodu yıkanıp kurulanmış ve su numunelerinin oda sıcaklığına gelmesi beklenmiştir.
- Su numuneleri behere konulmuş ve pH elektrodu numuneye daldırılarak Measuretuşuna basılmış ve menüden pH'ın seçilmesi sağlanmıştırtır.
- Daha sonra sırasıyla AR (Automatic Read–otomatik okuma) ve Run Enter (başlat) tuşlarına basılmıştır.
- Bu esnada yanıp sönmeye başlayan AR işareti, ölçüm kararlı hale gelip sabitleştikten sonraekranda okunan değer sonuç olarak kaydedilmiştir.
- Elektrot numuneden çıkarılıp saf su ile yıkanıpkurulanmıştır.

Elektriksel İletkenlik: Elektrometrik metoda (Standard Metot SM 2510 B) göre WTW marka Terminal 740 model pH metre ile ölçülmüştür.

İşlem:

- Cihazın fişi prize takılmış ,açma/kapama düğmesine basılıp iletkenlik Standart çözeltisi (1413µS/cm) nin oda sıcaklığına gelmesi beklenmiştir.
- Oda sıcaklığına gelmiş olan iletkenlik standart çözeltisinin günlük kontrol ölçümleri yapılmıştır.
- İletkenlik elektrodu yıkanıp kurulanmış ve su numunelerinin oda sıcaklığına gelmesi beklenmiştir.
- Su numuneleri behere konulmuş ve iltkenlik elektrodu numuneye daldırılarak Measuretuşuna basılmış ve menüden iletkenlik'in seçilmesi sağlanmıştırtır.
- Daha sonra sırasıyla AR (Automatic Read–otomatik okuma) ve Run Enter (başlat) tuşlarına basılmıştır.
- Bu esnada yanıp sönmeye başlayan AR işareti, ölçüm kararlı hale gelip sabitleştikten sonraekranda okunan değer sonuç olarak kaydedilmiştir.

- Elektrot numuneden çıkarılıp saf su ile yıkanıpkurulanmıştır.

Bulanıklık: Türbidimetrik metoda (SM 2130 B) göre HACH marka 2100 N model Türbidimetre kullanılarak NTU biriminde ölçülmüştür.

İşlem :

- Cihaz arkadaki açma kapama düğmesine basılarak açıldıktan sonra 0,1-20 NTU aralaığındaki standart bulanıklık çözeltileriyle kalibrasyonu yapılmıştır.
- Daha sonra hafif çalkalanarak homojen hale getirilen numuneden kapaklı numune şişesine 25 mililitre kadar alınmış ve numune şişesinin dış çeperi tamamen kurulanıp temizlenmiştir.
- Numune şişesi , cihaz üzerindeki numune yuvasına şişe üzerindeki ok işareti ile cihaz üzerindeki çizgi kesişecek şekilde dikkatli bir şekilde yerleştirilmiş ve cihazın kapağı kapatılıp değer sabitleninceye kadar beklenmiş ardından sonuç kaydedilmiştir.

AKM : Standart Metot 2540 D'e göre tayin edilmiştir (APHA, 1995).

İşlem:İyice karıştırılan 250 mililitre hacmindeki numune sabit tartıma getirilmiş 0,45 µm'lik filtre kağıdından süzülmüştür. Filtre kağıdı103-105 0 ^{o}C'da bir saat süre ile etüvde kurutulmuştur. Desikatörde oda sıcaklığına soğutulup, tartılmıştır ve AKM konsantrasyonu belirlenmiştir.

E.Coli, Koliform, Enterekok : Escherichia coli ve koliform bakterileri TS EN ISO 9308-1 e göre, enterekok bakterileri ise TS EN ISO 7899-2 ' e göre analiz edilmiştir.

İşlem: Membran filtrasyon tekniğine göre, her üç bakteri tipi için belirtilen hazır besiyerlerinin üzerine, 100 er mililitre numunenin geçirildiği 0,45 mikronluk filtre kağıtları konulmuş ve 37 ^{o}C'lik inkübatörde 48 saatlik inkübasyondan sonra belirlenmiştir (Sartorius).

Kromatografik analizler: Kromatografik analizler prensip olarak ; Karışım içindeki maddelerin sabit bir faz üzerinde hareketli bir faz yardımıyla fiziksel ve kimyasal özelliklerindeki farklılıklara bağlı olarak farklı hızlarda hareket ederek ayrılmaları tekniğine dayanır. Kromatografik yöntemler, kimyasal

ve fiziksel özellikleri birbirine çok yakın bileşenlerden oluşan karışımları; tamamen ve kısa sürede ayırır.İyon kromatografi cihazı sıvı kromatografi türü olup sistemin katı destek maddesi bir iyon değiştirici reçinedir. İyon Kromatografi cihazı kullanılarak çözünmüş bromür,klorür, florür, nitrat, nitrit, fosfat ve sülfat,bromat, amonyum,sodyum,potasyum,lityum, kalsiyum, mağnezyum,baryumanalizleri yapılabilir.

Kalsiyum, magnezyum, sodyum, potasyum, amonyum iyonları ; TS EN ISO 14911 e göre, klorür, sülfat, nitrit, nitrat, florür iyonları ise SM 4110 B-ION /ICS e göre kalşbrasyonu yapılmış olan DİONEX marka ICS 5000 model iyon kromatografi cihazıyla ölçülmüştür.

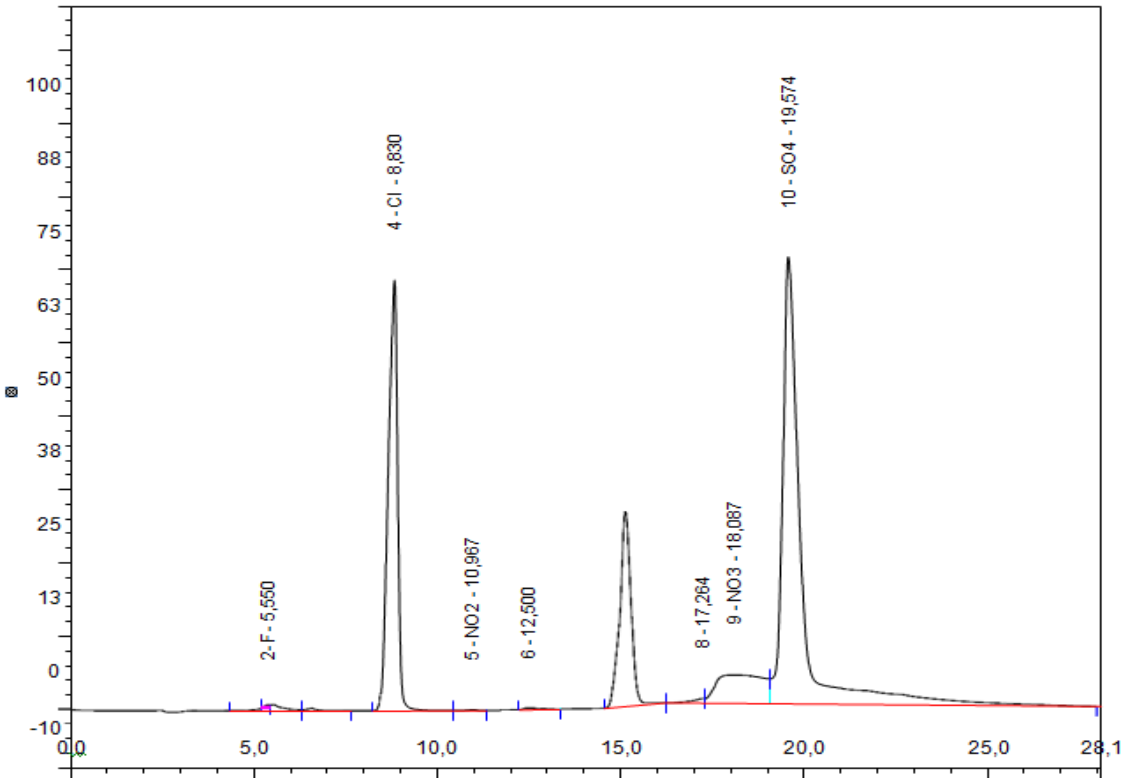
İşlem :

- Sistemler düğmelerine basılarak açılır.(Soldan sağa doğru. Oto-örnekleyici, DC(detektörkompartmanı), EG (eluent generatörü) ve SP (ızokratik pompa))
- Bilgisayar açılır.
- Chromeleon basılarak iyon kromatografi programı açılır.
- Anasayfa da (analizlerin bulunduğu dosya) kontrol panel açılır.
- Pompa üzerinde bulunan atık vanaları açılır.
- Isokratik pompa sayfasında bulunan Prime ON yapılır. Sistemde bulunan hava kabarcıkları 5 dakika
- boyunca temizlenir.
- Hava kabarcıkları yok olunca Prime Of yapılır.
- Pompa üzerindeki atık vanaları kapatılır.
- Isokratik pompa sayfasından anyon ve katyon için MOTOR ON yapılır. (pompa akışı 1/dak olmalıdır.)
- Basınçların sabit olması beklenir Sistem basıncı sabit olmalıdır. Basınç çok oynuyorsa sistemde(pompada) hava var demektir Sistemdeki havanın dışarı atılması işlemi (purge)tekrarlanır.Basınçanyonlar için 1600-1800 psi ,katyonlar için 900-1200 psı olmalıdır.
- Kontrol panel üzerinde bulunan Eluent Generatör sayfasından EGC-1 Control, EGC-2 Control ve CR-TC OF konumundan ON konumuna getirilerek Eluent Generatör açılır.

- EGC KOH (anyon hareketli faz) Target Concentration ve EGC KOH Applied Concentration 12Mm ve EGC MSA-metan sülfonik asit (katyon hareketli faz) 18 Mm olması gerekir.
- Detector Compartment sayfasından Compartment TC ve Column TC set point (30 derece), Mode ON, Supressor 1 settings type CSRS(4mm)' Mode ON Current (60 mA) ve Supressor 2 settings type ASRS (4mm) Mode ON Current (112 mA), Column –TC set point (30 derece) Mode ON' yapılır.Temperature 30 derece olduğunda sistem hazırdır.
- Kontrol paneli üzerindeki Cond.Dedektör sayfasına gelinir.CDet2 (anyon) için Total signal değerigörünür. Total signal 1 'den küçük olması gözlenir.Cell Heater Mode Of konumundan On konumunagetirilir. Cell Heater Set Point 35 ºC ayarlıdır.Cell Heater Temp. 35 ºC olması gözlenir.
- Kontrol paneli üzerindeki Cond.Dedektör sayfasına gelinir.CDet1(katyon) için Total signal değeri görünür.Total signal 3 'den küçük olması gözlenir.Cell Heater Mode Of konumundan On konumuna getirilir.Cell Heater Set Point ve Cell Heater Temp.35 ºC olması gözlenir.
- Dedector Compartment sayfasından sistemin hazır olup olmadığı kontrol edilir.
- Yaklaşık 30 dakika sonra sistem analiz yapmaya hazır olur.Cihaz bu şekilde analize hazır hale getirildikten sonra Numune iletkenliği ölçülmüş ve okunan değer 250 µS/cm den büyük olduğu için 1e 1 oranında seyreltme yapılmıştır. ve numune 5 mililitre hacimdeki temiz filtreli polietilen viallere konulmuştur.
- Otosampler üzerinde bulunan RESET tuşuna basılmış ve Oto sampler'e numuneler yerleştirilmiştir.
- Yapılacak analiz için isimler ve pozisyonları bilgisayarda depo sayfasına yazılmış ve anasayfa üzerindeki Start tıklanarak analiz başlatılmıştır.
- Oto sampler sıra ile tüm numuneleri inject etmeye başlar.
- Sonra depoda çalışılan numune işaretlenip kopyalanmış ve anyon için anyon, katyon için katyon dosyası üzerine yapıştırılmıştır.
- Sonra anyon/katyon dosyası açılmış,çalışılan numunede metod kısmında kullanılan metod ismi seçilmiş, numune üzerine çifttıklanarak açılmıştır.
- Alt kısımdaki integration tıklanarak Ret Time kısmına bakılarak geliş zamanı, amount kısmına bakılarak miktarına bakılmıştır. (miktar ppm (mg/L)olarak görünür.

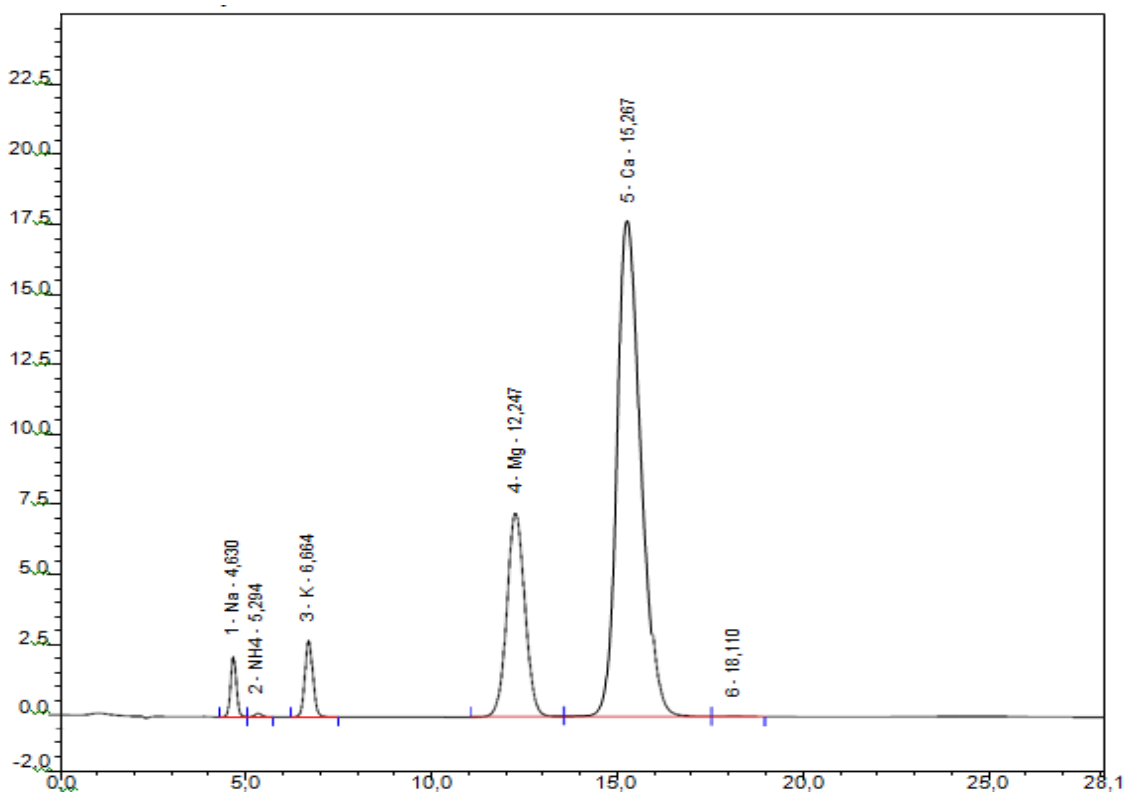
- Printer layout tuşu tıklanarak rapor formatı gözlenmiş ve File--- print tıklanarak rapor yazdırılmıştır.

Sample Name:	**uf-1**	*Inj. Vol.:*	**5,0**
Sample Type:	**unknown**	*Dilution Factor:*	**2,0000**
Program:	**ANYONKATYON ANALIZPROGM5000**	*Operator:*	**n.a.**
Inj.Date /Time:	**02.11.13 15:38**	*Run Time:*	**28,10**



Şekil 19: D1 UF çıkışına ait anyon kromatogramı

Sample Name:	**uf-1**	*Inj. Vol.:*	**5,0**
Sample Type:	**unknown**	*Dilution Factor:*	**2,0000**
Program:	**ANYONKATYON ANALIZPROGM5000**	*Operator:*	**n.a.**
Inj.Date /Time:	**02.11.2014 15:38**	*Run Time:*	**28,10**



Şekil 20: D1 UF çıkışına ait katyon kromatogramı

9. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

Yüksek lisans tezi çalışması temel sonuçları aşağıda özetlenmiştir.

2 Kasım 2013 ve 4 Ocak 2014 tarihleri arasında Pilot ölçek UF sisteminin işletildiği yaklaşık üç aylık süre boyunca yüzey suyu ve UF çıkış parametreleri aşağıdaki çizelgelerde gösterilmiştir.

Çizelge 8: Çalışma aralıkları

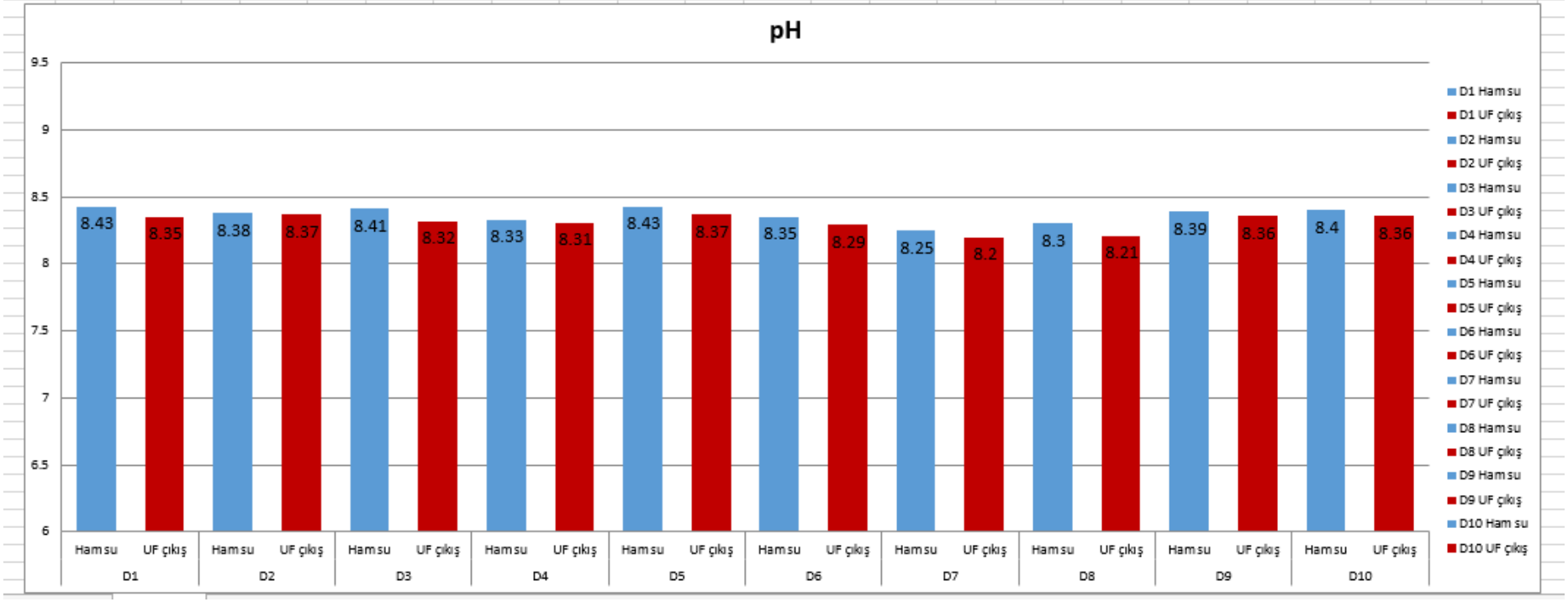
02.11.2013	Deney 1	D 1
09.11.2013	Deney 2	D 2
16.11.2013	Deney 3	D 3
23.11.2013	Deney 4	D 4
30.11.2013	Deney 5	D 5
07.12.2013	Deney 6	D 6
14.12.2013	Deney 7	D 7
21.12.2013	Deney 8	D 8
28.12.2013	Deney 9	D 9
04.01.2014	Deney 10	D 10

Çizelge9:Tüm analiz sonuçlarının toplu gösterimi

	D1		D2		D3		D4		D5		D6		D7		D8		D9		D10	
	Ham Su	UF Çıkış	Ham Su	UF Çıkış	Ham Su	UF Çıkış	Ham Su	UF Çıkış	Ham Su	UF Çıkış	Ham Su	UF Çıkış	Ham Su	UF Çıkış	Ham Su	UF Çıkış	Ham Su	UF Çıkış	Ham Su	UF Çıkış
pH	8,43	8,35	8,38	8,37	8,41	8,32	8,33	8,31	8,43	8,37	8,35	8,29	8,25	8,2	8,3	8,21	8,39	8,36	8,4	8,36
Bulanıklık (NTU)	21,4	0,14	10,1	0,15	11,4	0,14	10,8	0,16	11,9	0,16	8,4	0,15	6	0,18	7,2	0,16	7,9	0,17	7,61	0,15
İletkenlik (µS/cm)	351	342	339	334	343	340	344	339	353	341	351	344	355	350	354	351	350	345	353	351
Toplam Sertlik (FS)	21	20	19	18	18	18	19	18	19	19	21	20	21	21	21	21	21	21	21	21
Kalsiyum (mg/L)	48,33	48,13	39,27	38,56	38,73	38,41	39,01	38,09	41,19	40,34	48,13	47,2	50,19	49,21	49,76	48,89	49,19	49	50,22	49,72
Mağnezyum (mg/L)	21,05	20,17	21,87	21,14	21,18	21	21,51	21,1	20,87	20,5	21	20,19	21,2	21	20,96	20,71	21,15	20,61	20,96	20,81
Klorür (mg/L)	6,31	6,13	6,65	6,4	6,51	6,27	6,78	6,51	6,33	6,31	6,76	6,22	6,62	6,49	6,92	6,65	7,02	6,76	7,12	7
Sülfat (mg/L)	26,35	25,06	25,2	24,96	25,33	25	24,01	23,92	25,45	25,32	24,79	24,05	25,76	25,02	25,13	24,78	25,63	25,6	25,18	25,1
Nitrit (mg/L)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Florür (mg/L)	0,09	0	0,13	0,11	0,09	0,03	0,08	0,08	0,07	0	0,19	0,17	0,11	0,09	0,16	0,15	0,1	0,1	0,06	0,03
Nitrat (mg/L)	4,33	4,12	4,31	4,23	4,39	4,16	5,12	4,49	4,19	3,8	4,79	4,73	4,96	4,9	5,12	5,08	5,4	5,09	5,1	4,81
Amonyak (mg/L)	0	0	0,03	0	0,02	0	0,01	0	0,06	0	0,02	0	0	0	0,01	0	0	0	0	0
Sodyum (mg/L)	5,23	5,12	5,82	5,4	5,69	5,44	6,19	5,73	5,32	5,22	5,22	4,79	6,02	5,9	6,49	6,4	5,81	5,67	5,9	5,6
Potasyum (mg/L)	3,4	3,25	3,45	3,34	3,59	3,3	3,92	3,61	3,4	3,33	3,76	3,37	3,71	3,68	3,79	3,77	3,9	3,61	3,92	3,55
AKM (mg/L)	10,8	0	12,8	0	12	0	10,8	0	9,6	0	8,8	0	8	0	8	0	7,2	0	8	0
E.Coli (Adet/100 ml)	200	0	108	0	20	0	0	0	30	0	50	0	0	0	0	0	0	0	0	
Koliform (Adet/100 ml)	1200	0	960	0	840	0	1050	0	760	0	800	0	1200	0	1000	0	720	0	1200	0
Enterekok (Adet/100 ml)	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0	40	0	0	0	0	0

Çizelge 10: pH değişimi

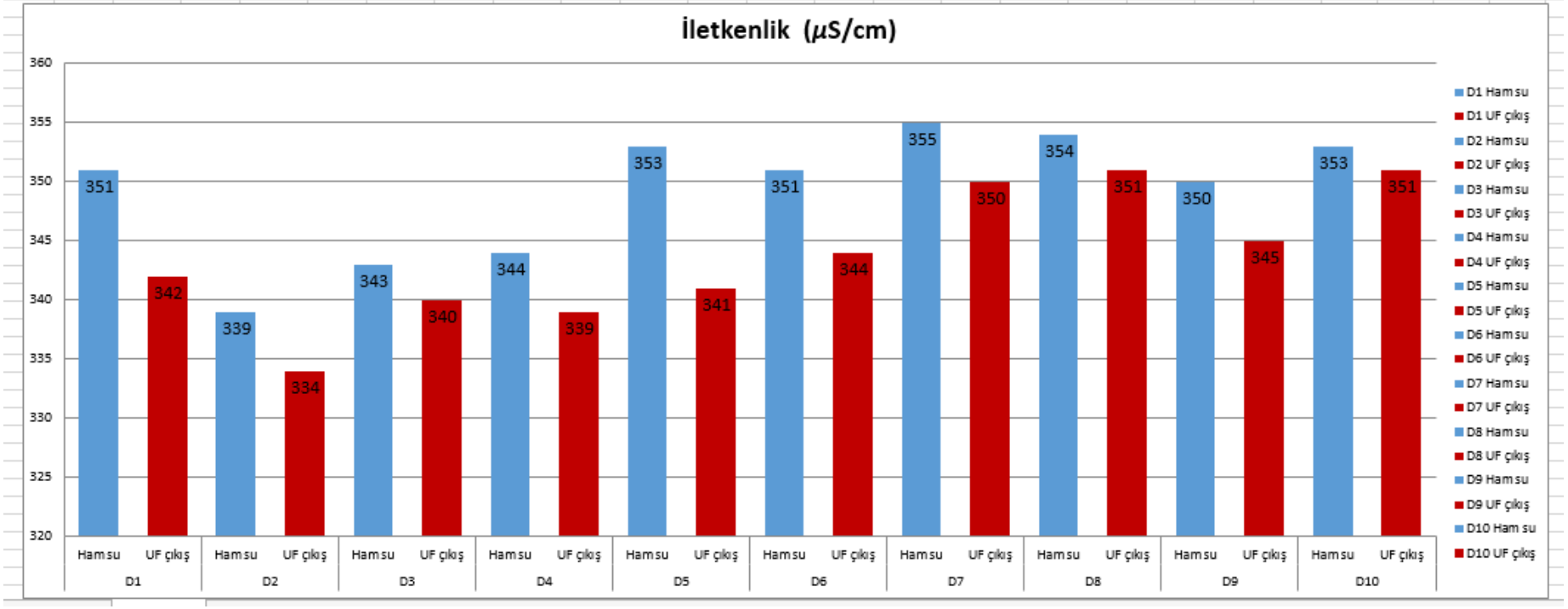
D1		D2		D3		D4		D5		D6		D7		D8		D9		D10	
Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış
8.43	8.35	8.38	8.37	8.41	8.32	8.33	8.31	8.43	8.37	8.35	8.29	8.25	8.2	8.3	8.21	8.39	8.36	8.4	8.36



Ham su pH'da önemli bir değişim gözlenmemekle birlikte düşme eğilimindedir. Bunun giderilen partiküllerin yapısıyla ilgili olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 11: İletkenlik değişimi

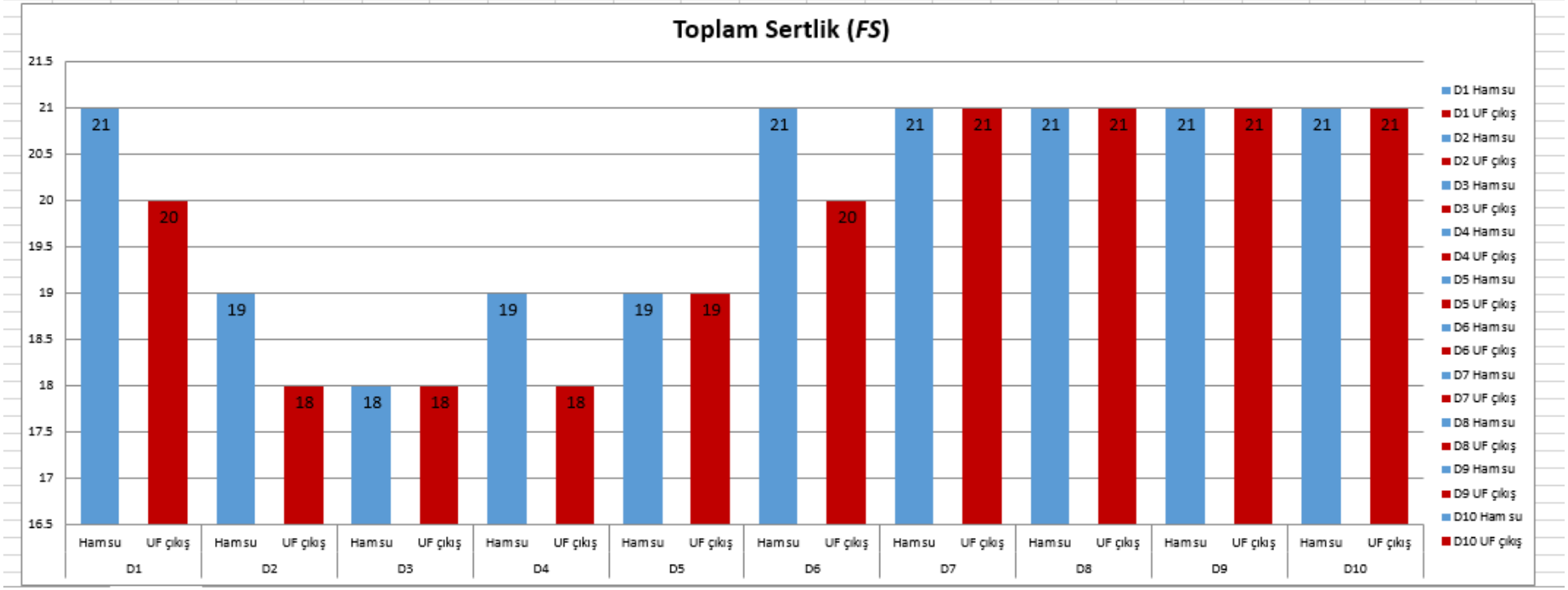
D1		D2		D3		D4		D5		D6		D7		D8		D9		D10	
Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış
351	342	339	334	343	340	344	339	353	341	351	344	355	350	354	351	350	345	353	351



Ham su iletkenliğinde önemli bir değişim gözlenmemekle birlikte düşme eğilimindedir. Bunun giderilen partiküllerin yapısıyla ilgili olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 12: Toplam sertlik değişimi

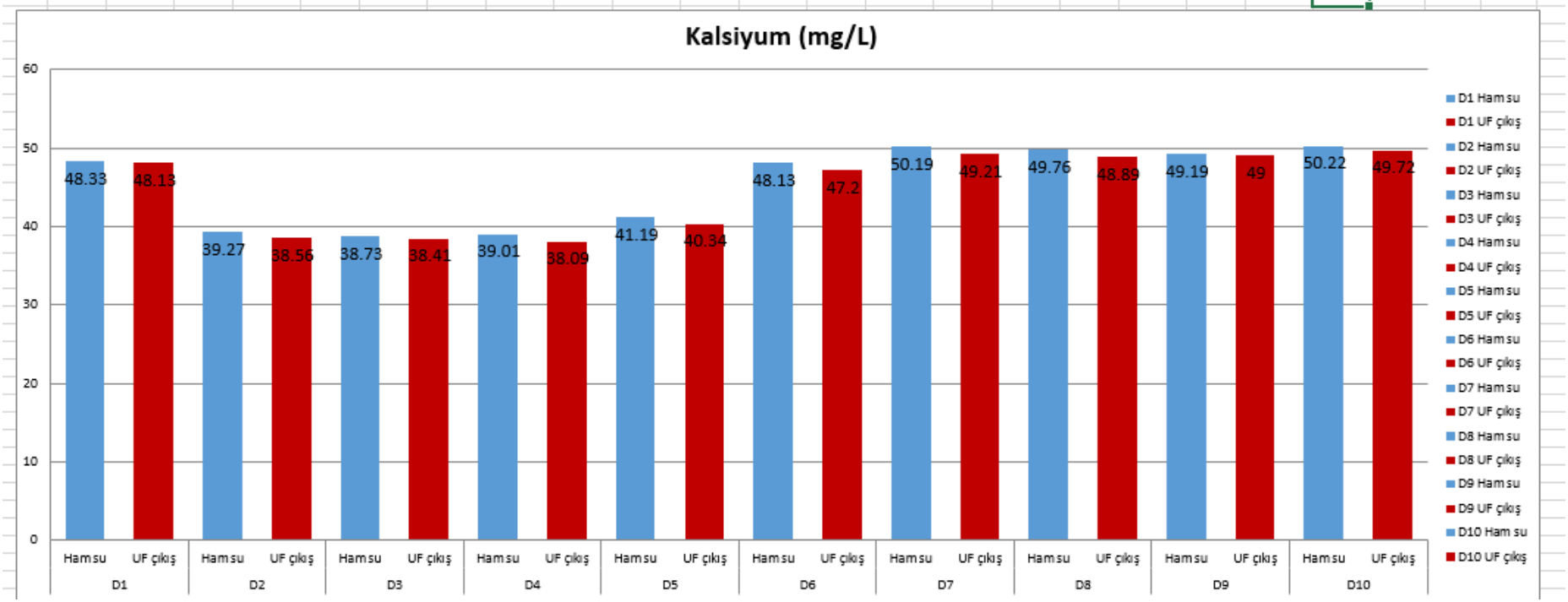
D1		D2		D3		D4		D5		D6		D7		D8		D9		D10	
Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış
21	20	19	18	18	18	19	18	19	19	21	20	21	21	21	21	21	21	21	21



UF membranının gözenek çapı 0,1-0,01 mikron olduğundan beklenildiği üzere su içerisindeki iyonların miktarlarında önemli bir değişim gözlenmemiştir..

Çizelge 13: Kalsiyum değişimi

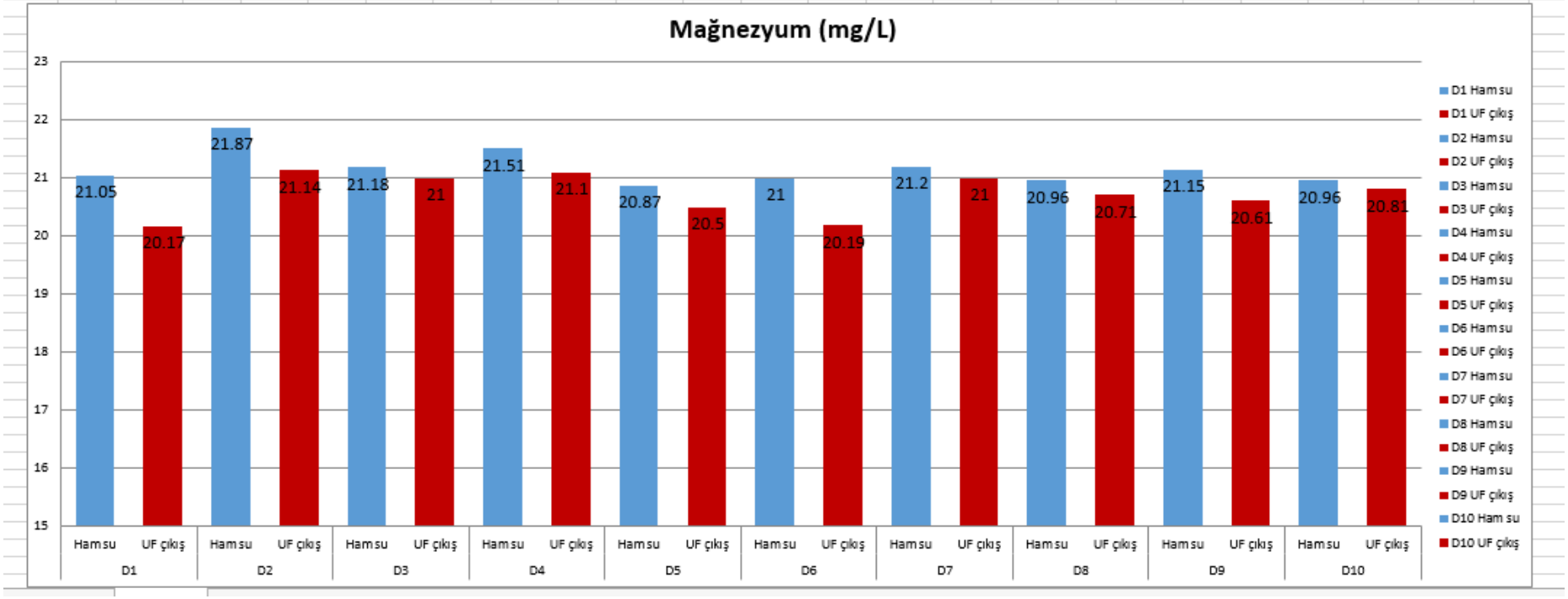
Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış
48.33	48.13	39.27	38.56	38.73	38.41	39.01	38.09	41.19	40.34	48.13	47.2	50.19	49.21	49.76	48.89	49.19	49	50.22	49.72



UF membranının gözenek çapı 0,1-0,01 mikron olduğundan beklenildiği üzere su içerisindeki iyonların miktarlarında önemli bir değişim gözlenmemiştir.

Çizelge 14: Mağnezyum değişimi

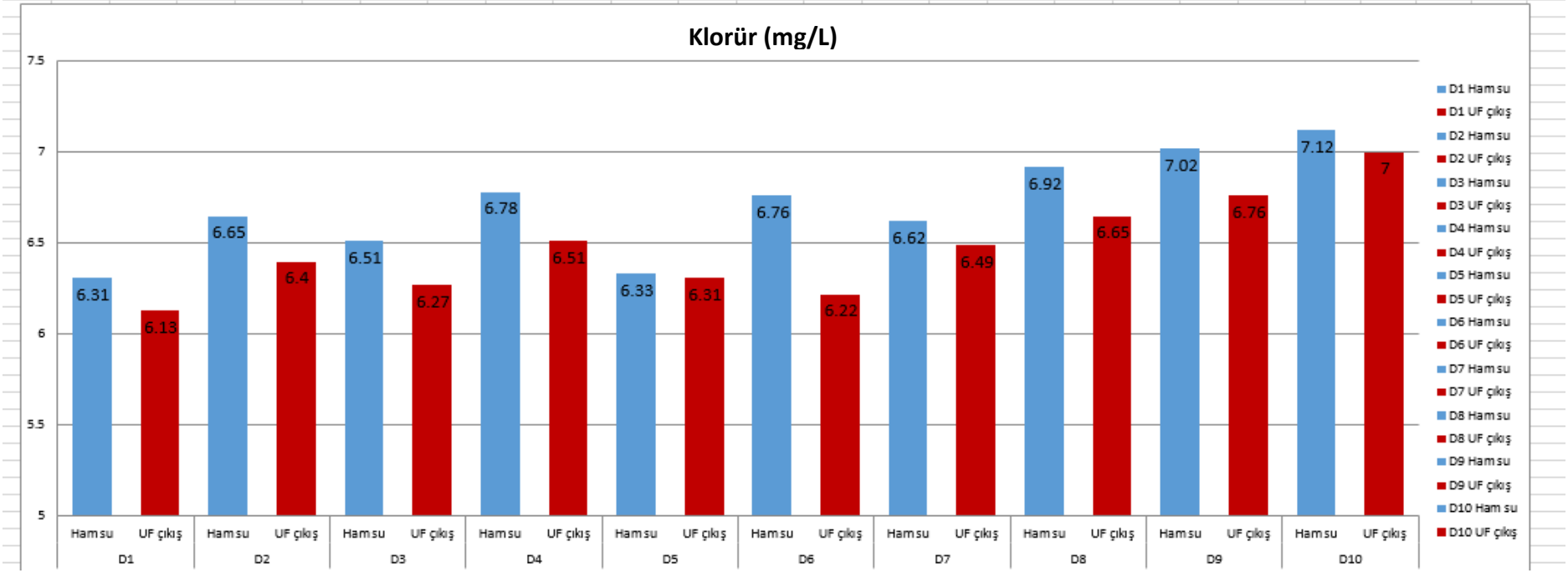
D1		D2		D3		D4		D5		D6		D7		D8		D9		D10	
Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış
21.05	20.17	21.87	21.14	21.18	21	21.51	21.1	20.87	20.5	21	20.19	21.2	21	20.96	20.71	21.15	20.61	20.96	20.81



UF membranının gözenek çapı 0,1-0,01 mikron olduğundan beklenildiği üzere su içerisindeki iyonların miktarlarında önemli bir değişim gözlenmemiştir..

Çizelge 15: Klorür değişimi

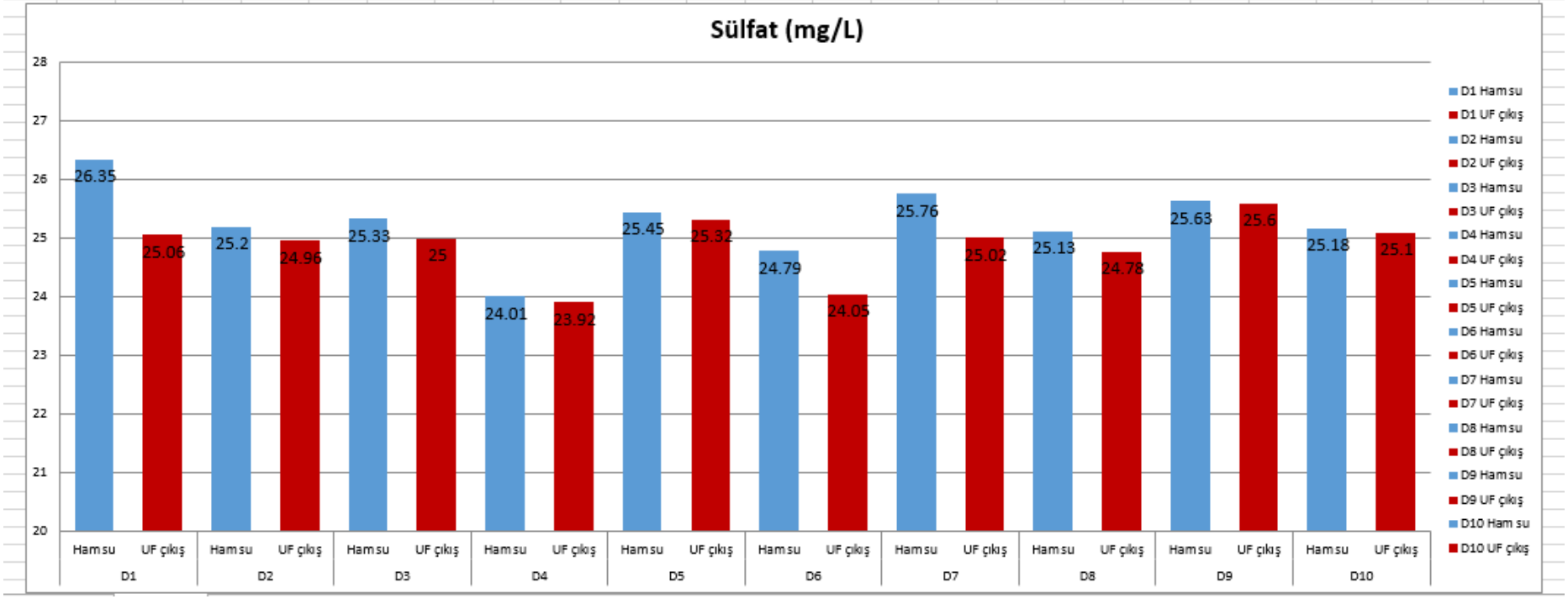
D1		D2		D3		D4		D5		D6		D7		D8		D9		D10	
Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış
6.31	6.13	6.65	6.4	6.51	6.27	6.78	6.51	6.33	6.31	6.76	6.22	6.62	6.49	6.92	6.65	7.02	6.76	7.12	7



UF membranının gözenek çapı 0,1-0,01 mikron olduğundan beklenildiği üzere su içerisindeki iyonların miktarlarında önemli bir değişim gözlenmemiştir.

Çizelge 16: Sülfat değişimi

D1		D2		D3		D4		D5		D6		D7		D8		D9		D10	
Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış
26.35	25.06	25.2	24.96	25.33	25	24.01	23.92	25.45	25.32	24.79	24.05	25.76	25.02	25.13	24.78	25.63	25.6	25.18	25.1



UF membranının gözenek çapı 0,1-0,01 mikron olduğundan beklenildiği üzere su içerisindeki iyonların miktarlarında önemli bir değişim gözlemlenmiştir

Çizelge 17: Nitrit değişimi

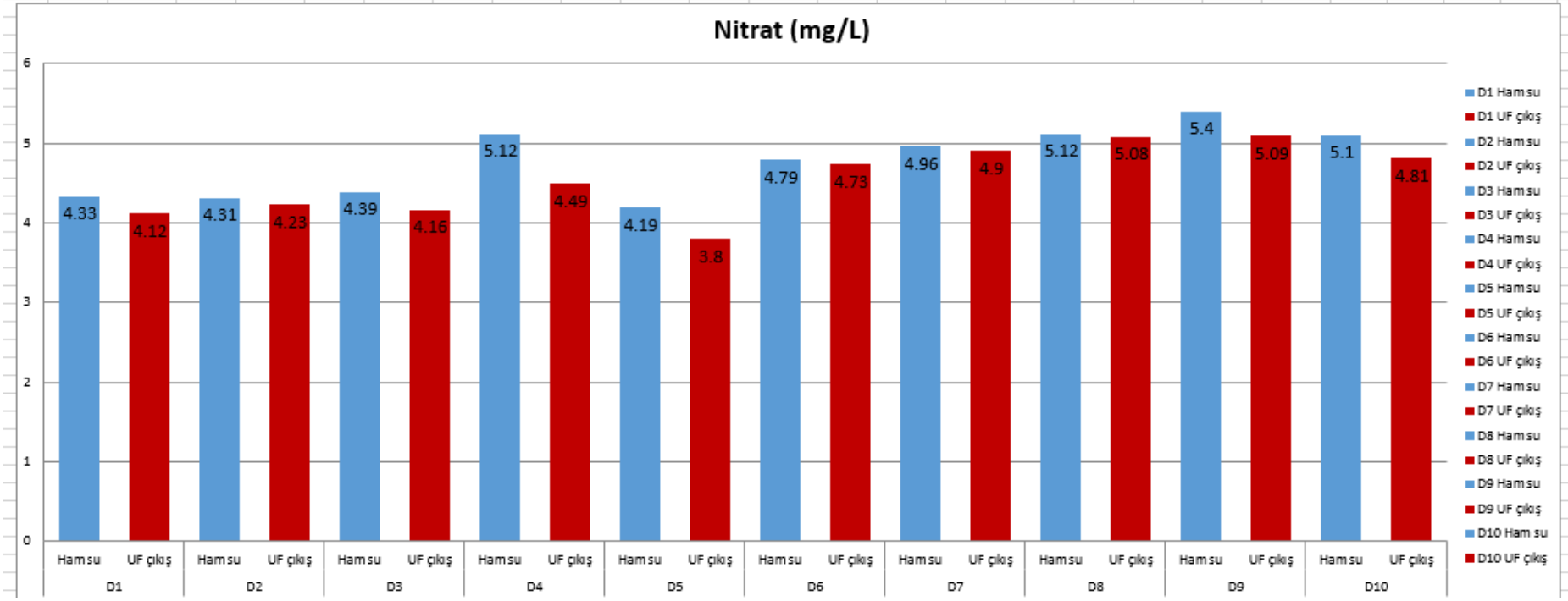
D1		D2		D3		D4		D5		D6		D7		D8		D9		D10	
Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



Giriş suyunda nitrit parametresine rastlanmamıştır.

Çizelge 18: Nitrat değişimi

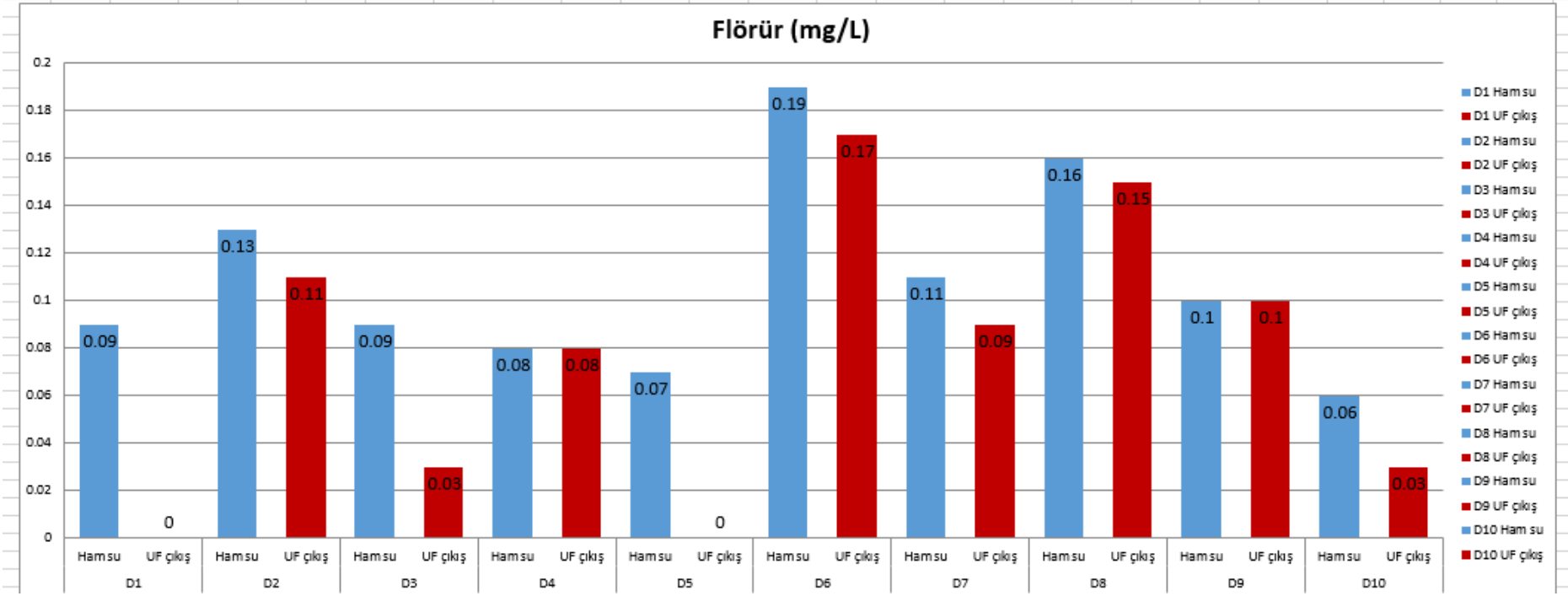
D1		D2		D3		D4		D5		D6		D7		D8		D9		D10	
Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış
4.33	4.12	4.31	4.23	4.39	4.16	5.12	4.49	4.19	3.8	4.79	4.73	4.96	4.9	5.12	5.08	5.4	5.09	5.1	4.81



UF membranının gözenek çapı 0,1-0,01 mikron olduğundan beklenildiği üzere su içerisindeki iyonların miktarlarında önemli bir değişim gözlenmemiştir..

Çizelge 19: Florür değişimi

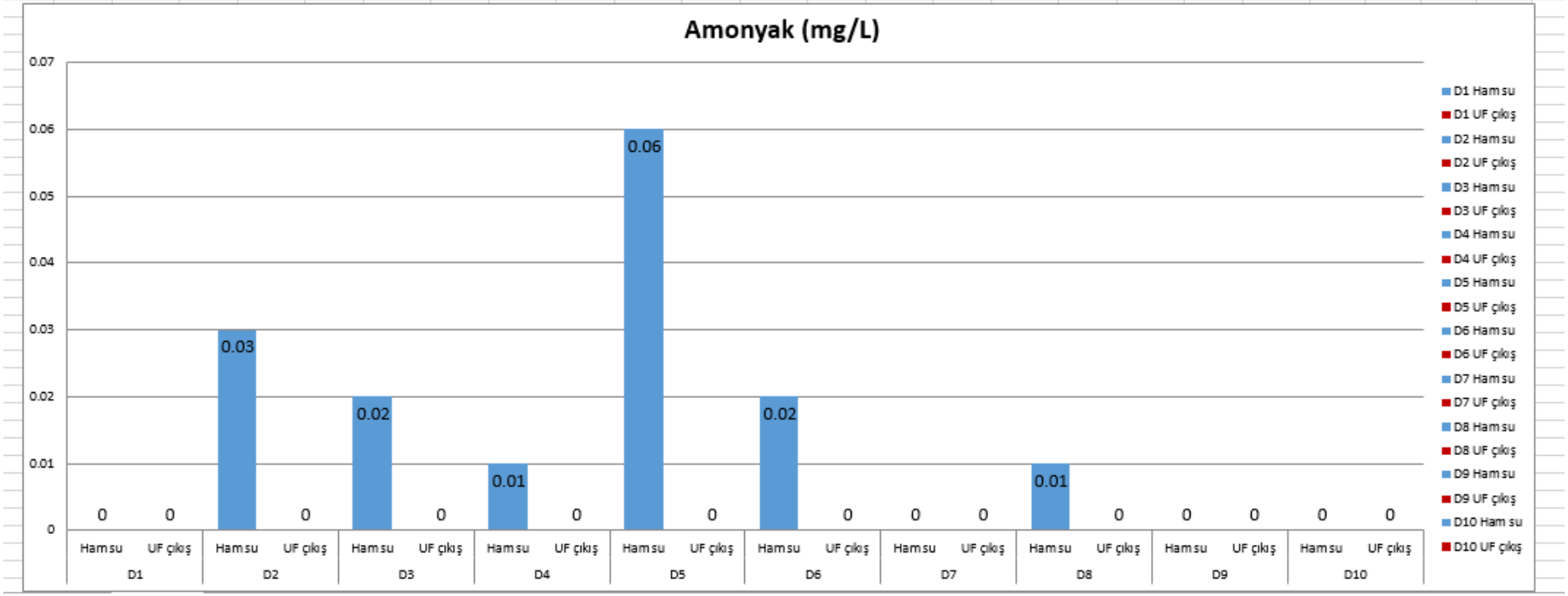
D1		D2		D3		D4		D5		D6		D7		D8		D9		D10	
Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış
0.09	0	0.13	0.11	0.09	0.03	0.08	0.08	0.07	0	0.19	0.17	0.11	0.09	0.16	0.15	0.1	0.1	0.06	0.03



UF membranının gözenek çapı 0,1-0,01 mikron olduğundan beklenildiği üzere su içerisindeki iyonların miktarlarında önemli bir değişim gözlenmemiştir.

Çizelge 20: Amonyak değişimi

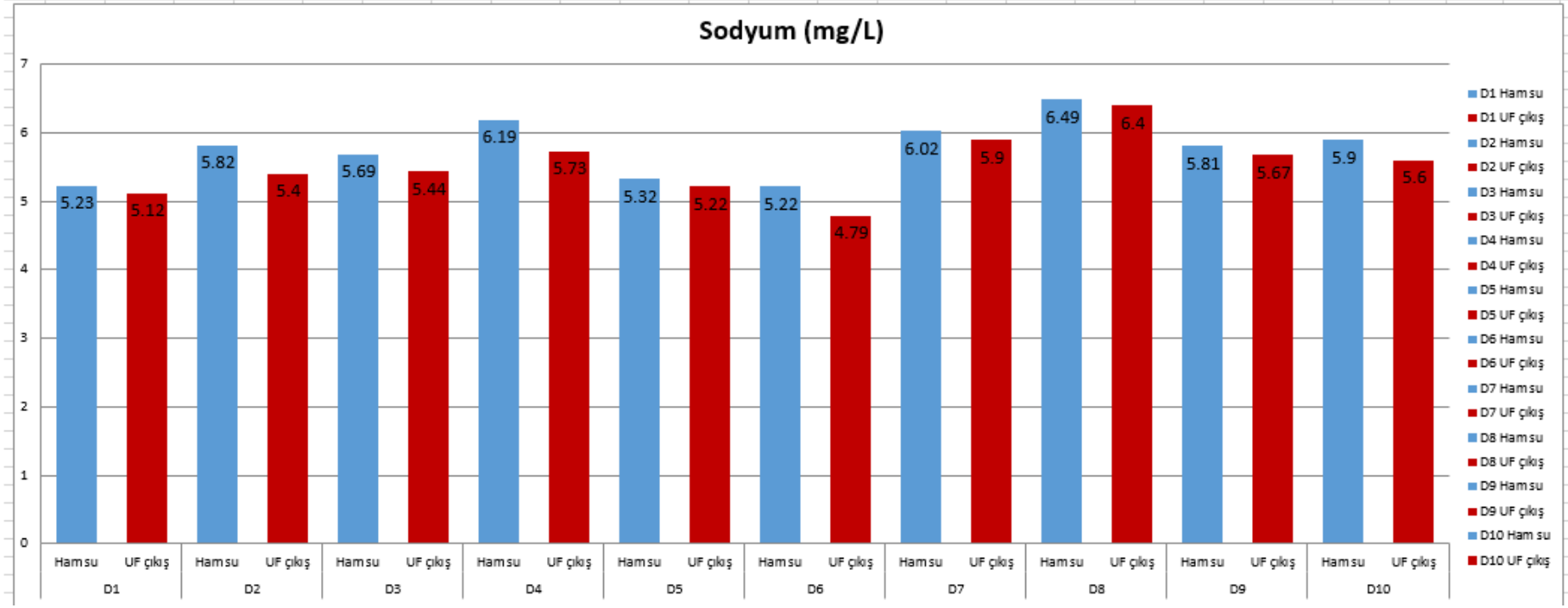
D1		D2		D3		D4		D5		D6		D7		D8		D9		D10	
Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış
0	0	0.03	0	0.02	0	0.01	0	0.06	0	0.02	0	0	0	0.01	0	0	0	0	0



UF membranının gözenek çapı 0,1-0,01 mikron olduğundan beklenildiği üzere su içerisindeki iyonların miktarlarında önemli bir değişim gözlenmemiştir.

Çizelge21: Sodyum değişimi

D1		D2		D3		D4		D5		D6		D7		D8		D9		D10	
Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış
5.23	5.12	5.82	5.4	5.69	5.44	6.19	5.73	5.32	5.22	5.22	4.79	6.02	5.9	6.49	6.4	5.81	5.67	5.9	5.6



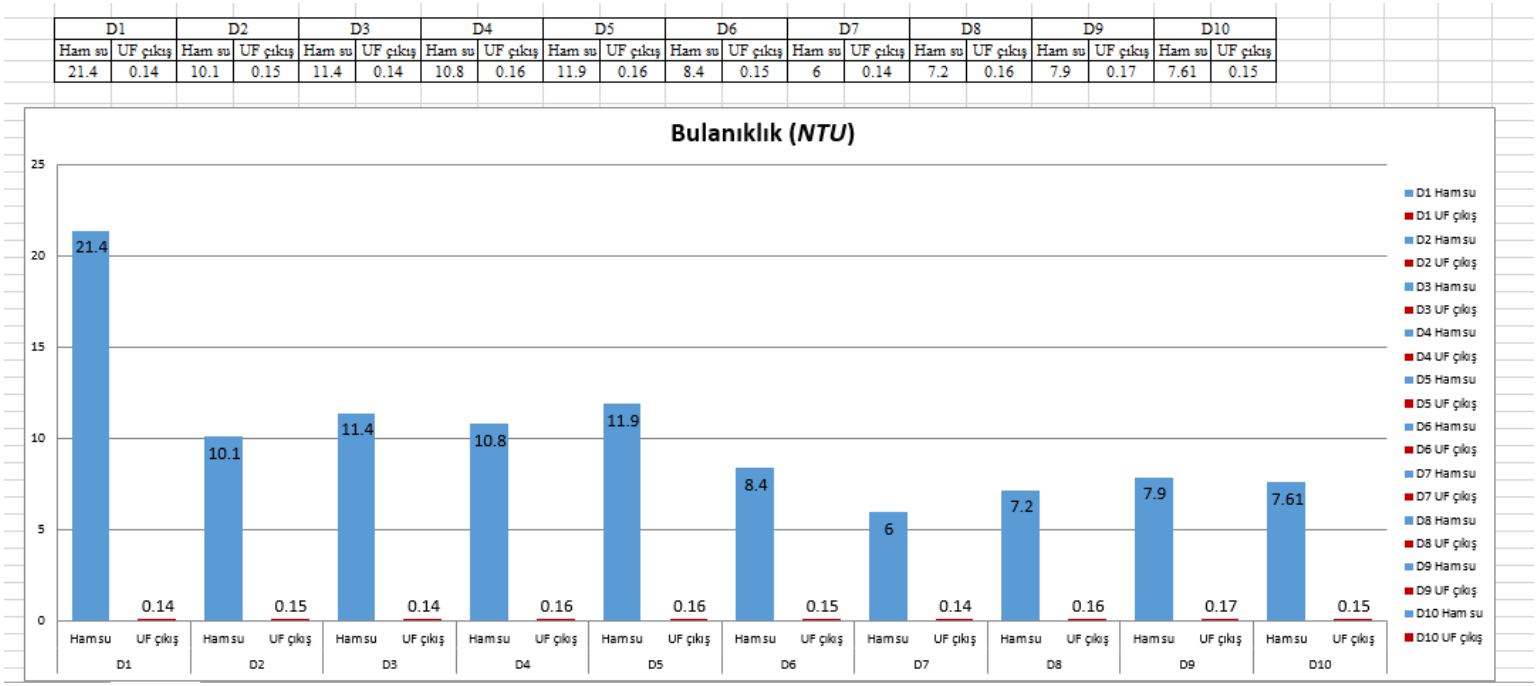
UF membranının gözenek çapı 0,1-0,01 mikron olduğundan beklenildiği üzere su içerisindeki iyonların miktarlarında önemli bir değişim gözlenmemiştir.

9.1 İyileşme Sağlanan Fiziksel ve Kimyasal Parametreler

9.1.1 Bulanıklık: Yüzey suyu bulanıklık ortalaması 10 NTU civarıyken UF pilot sistem sonrası bu değeri 0,14'e kadar düştüğü gözlemlenmiştir. Bulanıklık parametresi herhangi bir içme suyu elde etme amaçlı arıtma tesislerinde en önemli gösterge parametrelerinden biri olduğundan değerde ki bu iyileşme UF membranın verimliliği açısından iyi bir işarettir.

Çizelge 22: Bulanıklık değişimi

D1		D2		D3		D4		D5		D6		D7		D8		D9		D10	
Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış
21.4	0.14	10.1	0.15	11.4	0.14	10.8	0.16	11.9	0.16	8.4	0.15	6	0.14	7.2	0.16	7.9	0.17	7.61	0.15

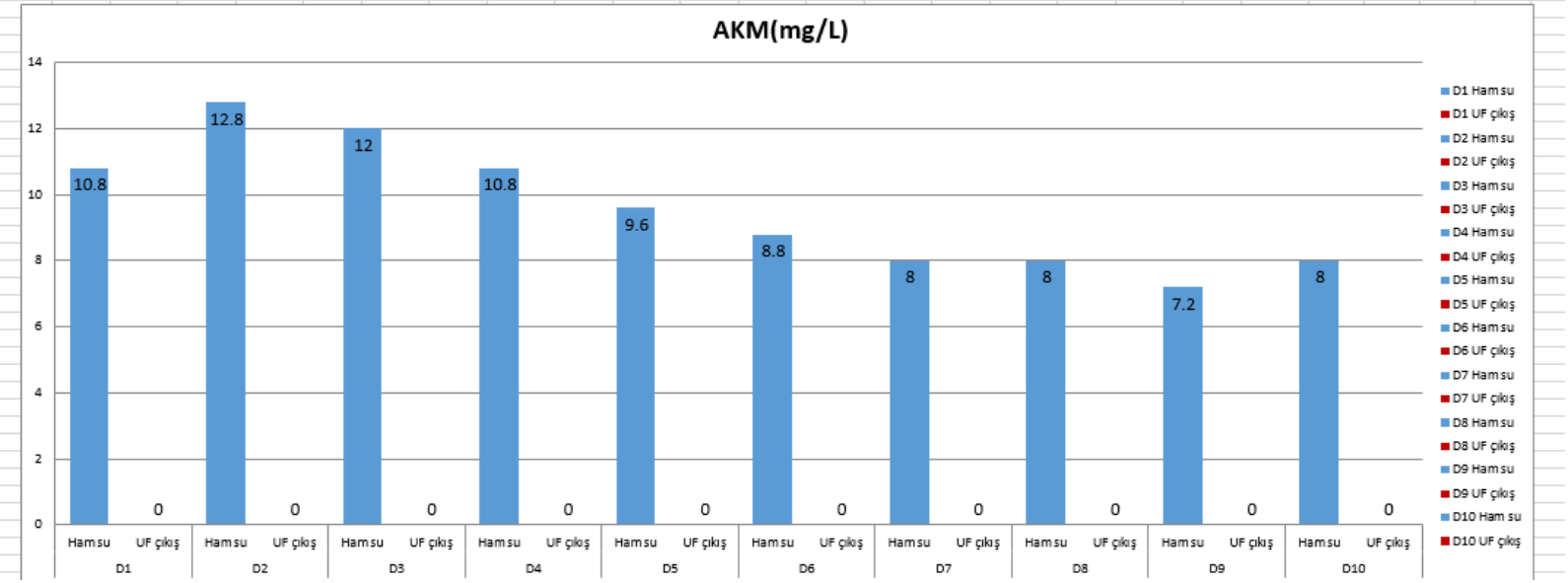


UF membranlarının en çok iyileştirmesini beklediğimiz bulanıklığın beklentiyi karşılayacak şekilde önemli ölçüde uzaklaştırıldığı görülmüştür.UF membranlarının bulanıklıktaki bu iyileştirmeyi , giriş suyu değerinden tamamen bağımsız olarak yaptığı açıkça görülmektedir.

9.1.2 AKM: Bir başka önemli parametre olan Yüzey suyunda ki AKM ortalaması yapılan ölçümler sonucunda 9.5 mg/L iken UF pilot sistem sonrası bu değerin tamamen uzaklaştığı görülmüştür.

Çizelge 23: AKM değişimi

D1		D2		D3		D4		D5		D6		D7		D8		D9		D10	
Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış
10.8	0	12.8	0	12	0	10.8	0	9.6	0	8.8	0	8	0	8	0	7.2	0	8	0



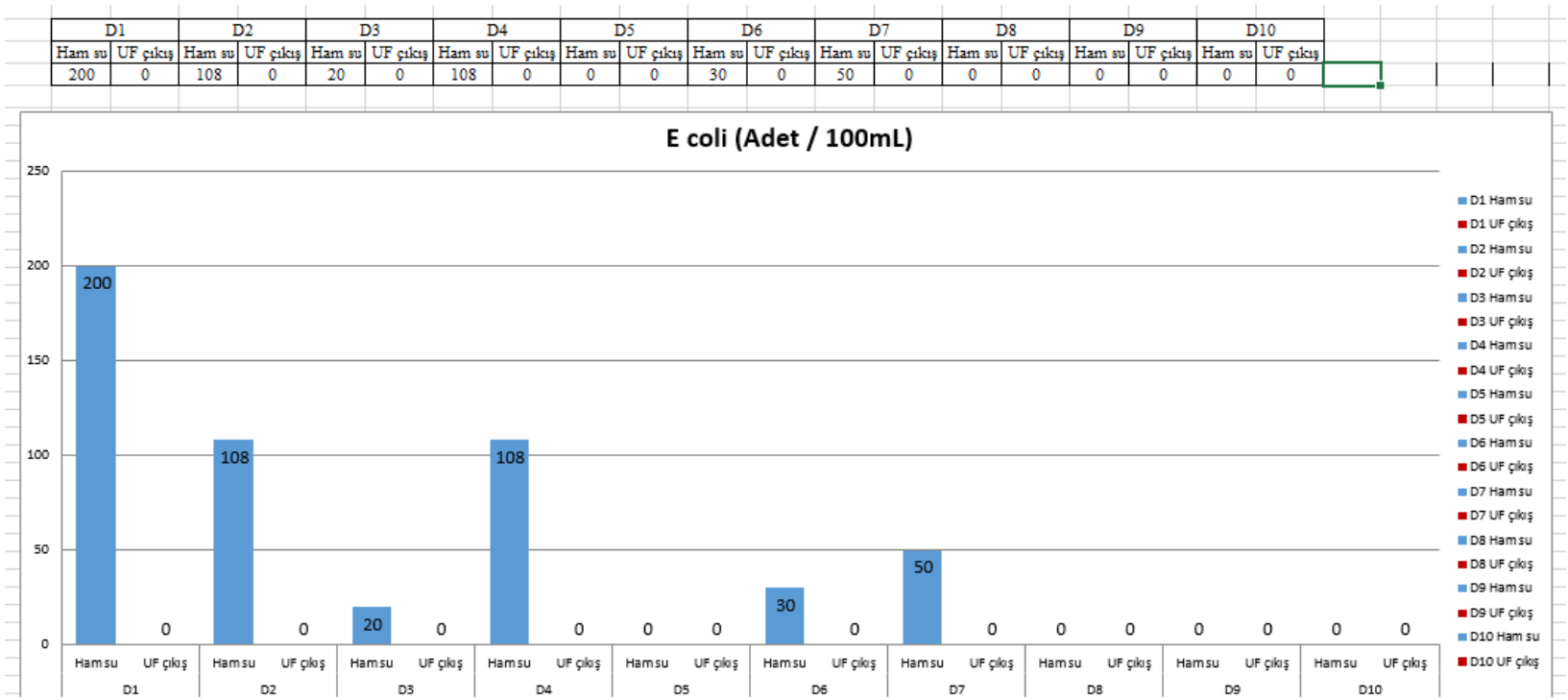
UF membranlarının AKM deki bu iyileştirmeyi , giriş suyu değerinden tamamen bağımsızolarak yaptığı açıkça görülmektedir.

9.2 İyileşme Sağlanan Mikrobiyolojik Parametreler

9.2.1 E.COLI bakterisi: Yüzey suyunda ki e.coli ortalaması yapılan ölçümler sonucunda 40 adet/100 mL iken UF pilot sistem sonrası tamamen uzaklaştırıldığı görülmüştür.

Çizelge 24: E coli değişimi

D1		D2		D3		D4		D5		D6		D7		D8		D9		D10	
Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış
200	0	108	0	20	0	108	0	0	0	30	0	50	0	0	0	0	0	0	0

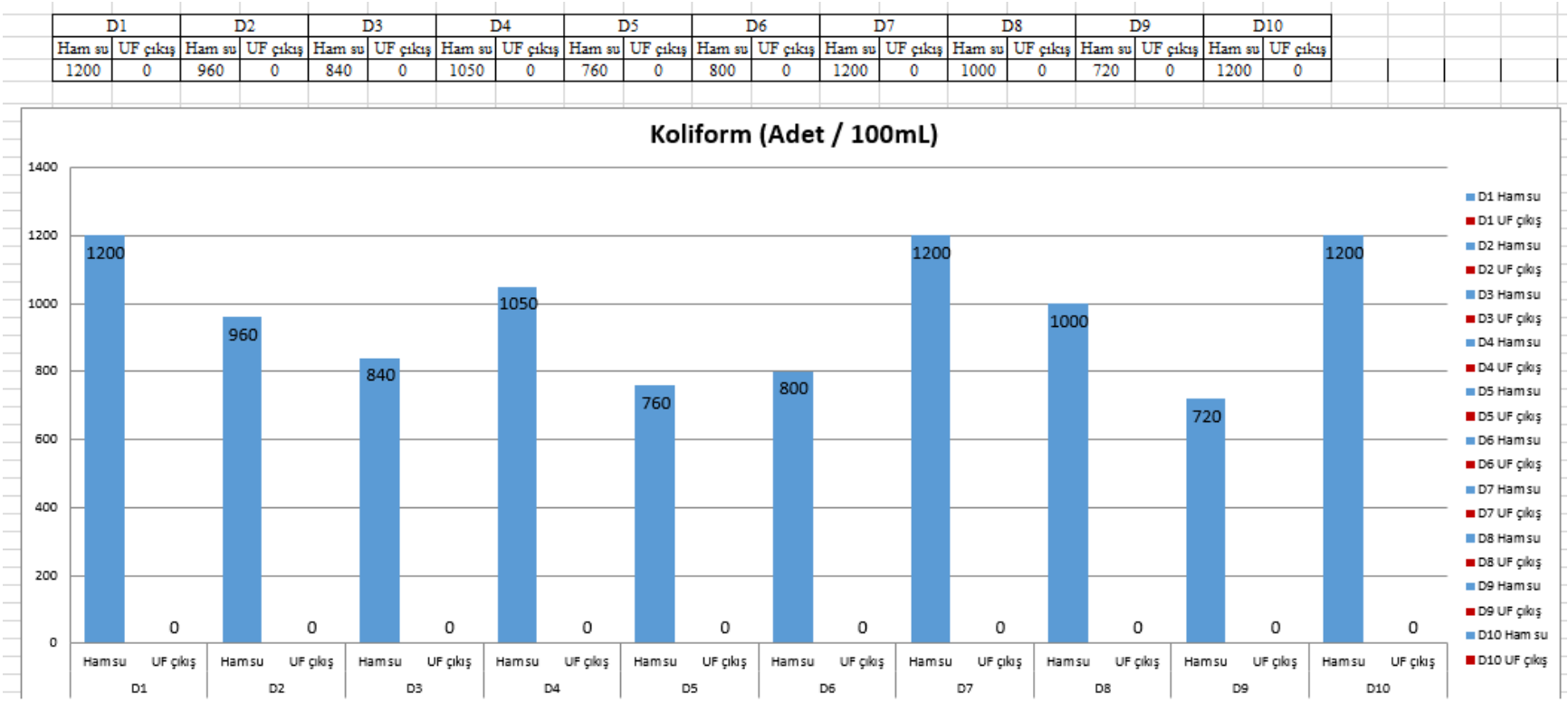


İçme sularında kesinlikle istenmeyen e coli bakterisindeki bu iyileşmenin ham su giriş değerinden tamamen bağımsız olduğu görülmüştür.

9.2.2 Koliform bakteri: Yüzey suyunda ki Koliform ortalaması yapılan ölçümler sonucunda 1000 adet/100 mL iken UF pilot sistem sonrası tamamen uzaklaştırıldığı görülmüştür.

Çizelge 25: Koliform değişimi

D1		D2		D3		D4		D5		D6		D7		D8		D9		D10	
Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış
1200	0	960	0	840	0	1050	0	760	0	800	0	1200	0	1000	0	720	0	1200	0

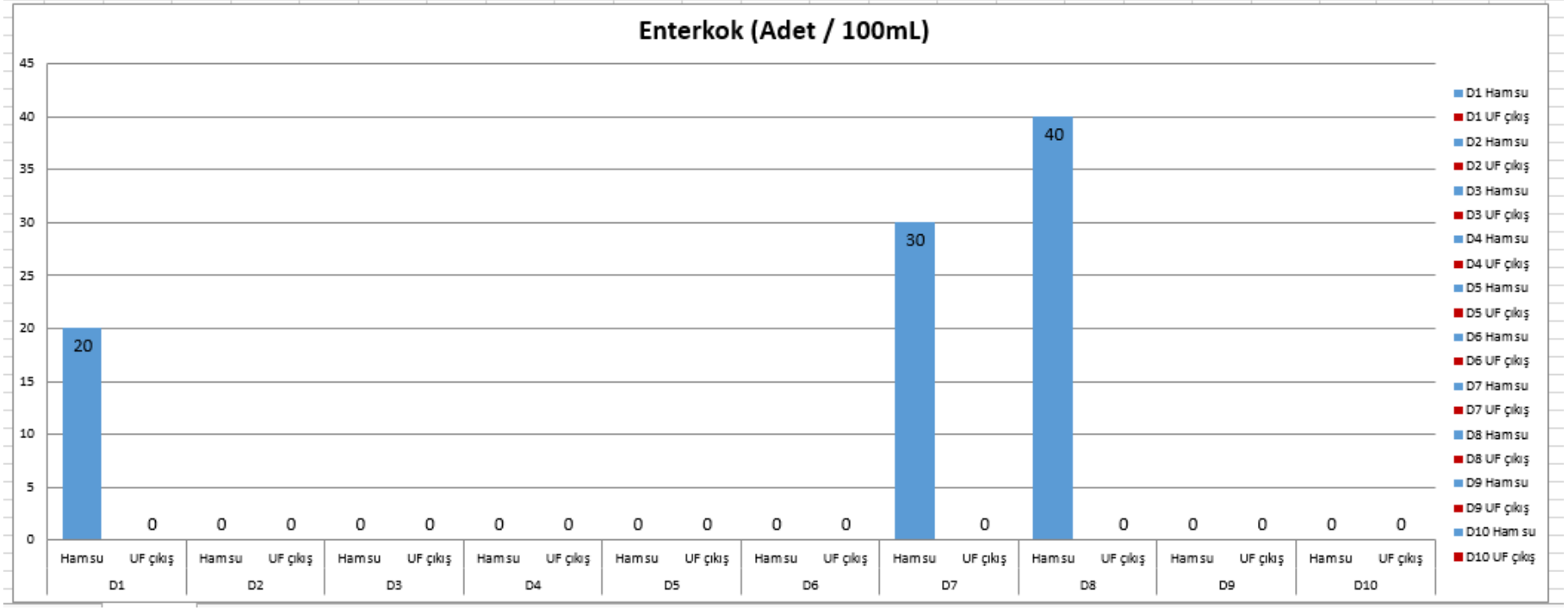


İçme sularında kesinlikle istenmeyen koliform bakterisindeki bu iyileşmenin ham su giriş değerinden tamamen bağımsız olduğu görülmüştür.

9.2.3 Enterekok bakterisi: Yüzey suyunda nadiren görülen enterekok varlığının UF sistemden sonra tamamen uzaklaştırıldığı görülmüştür.

Çizelge 26: Enterekok değişimi

D1		D2		D3		D4		D5		D6		D7		D8		D9		D10	
Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış	Ham su	UF çıkış
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	0	40	0	0	0	0	0

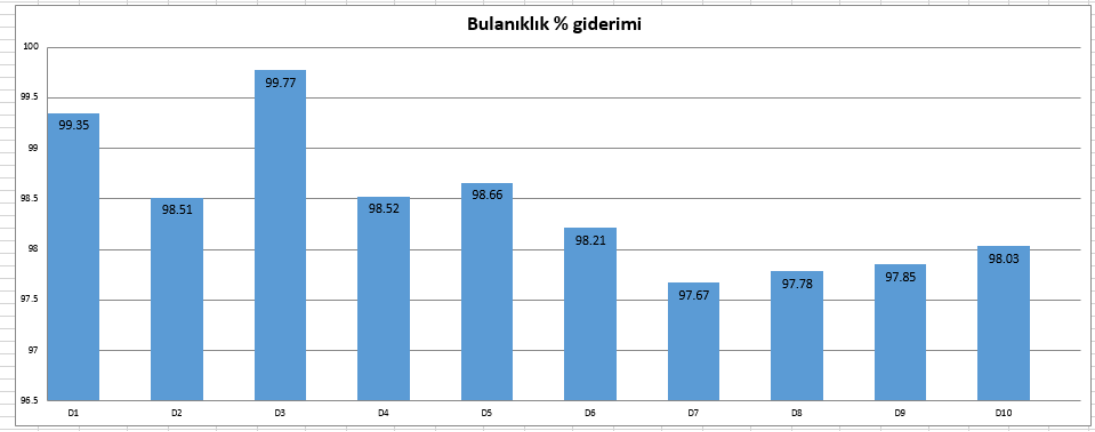


İçme sularında kesinlikle istenmeyen enterekok bakterisindeki bu iyileşmenin ham su giriş değerinden tamamen bağımsız olduğu görülmüştür.

9.3 Bulanıklık Gideriminin Grafiksel Gösterimi

Çizelge 27: Bulanıklık giderimi

D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10
99.35	98.51	99.77	98.52	98.66	98.21	97.67	97.78	97.85	98.03



Ham su bulanıklığının ortalama %98 giderimle neredeyse tamamen uzaklaştırıldığı görülmüştür.

10. SONUÇ VE ÖNERİLER

Giriş ve çıkış suyu parametreleri analiz sonuçları bakımından;

Bulanıklık: Sudaki bulanıklık kollaidal haldeki organik veya inorganik maddelerden oluştuğundan bulanık sular patojen mikroorganizmalar içerebilir, ayrıca yüksek bulanıklığa sahip sular daha fazla dezenfektan gerektirir. bu nedenle suyun bulanıklığı su kalitesini belirleyen çok önemli bir etkendir. Sağlık bakanlığı içme sularında maksimum sınır değerini 1 NTU olarak belirlemiştir. Çizelge 22 de görüldüğü gibi giriş bulanıklık değerindeki artışa bağlı olmaksızın UF çıkış suyu bulanıklığı daima 0,1 NTU civarındadır. Bu bilgiler ışığında çıkış suyunda elde edilen bulanıklık değeri oldukça iyidir.

AKM: Sularda askıdaki katı madde suyun estetiğini, içilebilirliğini etkileyen bir başka önemli parametredir. Suda ki fazlalığı suyun bulanıklaşmasını arttırabilir. Ayrıca yüksek AKM ye sahip sular içmeye ve endüstriyel kullanıma uygun değildir. UF sistem sonrası bu değerin doğrudan sıfıra inmesi, sistemin Altınapa baraj suyuna uygulanabilirliğinin bir başka önemli göstergesidir. Bulanıklık değerinde olduğu gibi AKM değeride giriş suyu değerinden bağımsız olarak sıfır mertebesindedir.

Bakteri (e.coli, koliform, enterekok): İçme suyunda bulunma ihtimali en çok bulunan 3 bakteri türü olan e.coli,koliform ve enterekoktur. Kimyasal arıtma yöntemleriyle ön arıtım ve koagülasyon işlemlerinden sonra daha çok klorlama ile giderilebilen bakteri ve virüsler UF sistemle kolayca giderilebilmektedir ve şebeke içinde sonradan oluşabilecek kontaminasyonu önlemek için dezenfeksiyon kimyasalları kullanılabilir. Her üç bakteri tipinde de giriş bakteri sayısından bağımsız olarak çıkış suyu bakteri seviyeleri sıfırdır.

Bütün bu fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik analiz sonuçlarına göre baraj suyunun başka herhangi bir müdahale olmaksızın sadece UF sistem kullanılarak içilebilir hale geldiği gözlemlenmiştir.

Bu doğrultuda Konya içme suyunun önemli bir kısmını karşılayan Altınapa baraj suyunun, suyun kimyasal yapısında hiç bir değişiklik yapmadan, tadında ve kokusunda bir bozulma olmaksızın, bulanıklık, AKM, bakteri ve virüs gibi su kalitesini ve içilebilirliğini ilgilendiren önemli parametrelerde giderim sağlayan, daha modern, daha sağlıklı, daha az enerji ve iş gücüne gereksinim duyan Ultrafiltrasyon tekniği ile arıtılması için cesaret verici sonuçlar elde edilmiştir.

Kimyasal arıtma metodu hala geçerliliği devam eden bir arıtma sistemi olsa bile, suyun kalitesine olan negatif etkileri (kimyasal kalıntı, tat, koku vb.) göz önünde bulundurulmalıdır.

Bunlara ek olarak klorlama öncesi UF membranından geçirilen suyun kanserojen yapıdaki trihalometan oluşturmasının önüne geçileceği de unutulmamalıdır.

KAYNAKÇA

1. Berktay A., Aydın M.E., Pektaş M., 1996, İçme Suyu Arıtımında Kullanılan Kimyasal Maddelerin Optimizasyonu ve Konya İçme Suyu Arıtma Tesisi Örneği, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü,* Konya, s.256-257.
2. Cooke K., Gould M.H., The Health Effect of Aluminium J.R., Soc. Health Oct. 1991 111(5)
3. Kitiş, M., Yiğit, Ö. N., 2009, Su ve Atık su Arıtımında İleri Arıtma Teknolojileri- Arıtılmış Atık suların Geri Kullanımı Ders Notu, 4-16
4. Eşref Atabey,*Türkiye'de İnsan Kaynaklı Unsurlar Ve Çevresel Etkileri*, Yer Bilimleri ve Kültür Serisi -7,Ankara 2010
5. İllich I., H_2O ve Unutmanın Suları, 2007, İstanbul, *Yeni İnsan Yayınları*
6. Yalvaç M., YüceerS., 2010, Membran Teknolojisi, Ön Lisans Tezi,*Fen Bilimleri Enstitüsü*, Süleyman Demirel Üniversitesi, s.1-5.
7. Peters P.G., How to Limit The Aluminium Concentration in Water IWSA 18^{th} conferance, 1991
8. Eroğlu, V., 2008, Su Tasfiyesi, *Başak Matbaacılık,* Ankara, s.1-5, s.9-13, s.61-62, s.73-76.
9. Anonim, 2006, Su Kirliliği ve Önemi Nedir, http://www.msxlabs.org/forum/soru-cevap/362904-su-kirliliği-ve-onemi-nedir.html, [Ziyaret Tarihi: Aralık 2013
10. Anonim, 2009, Deniz Kirliliği ve Nedenleri, http://www.webhatti.com/kultur/29953-deniz-kirliliği-ve nedenleri.html#ixzz1rIxhn4fb, [Ziyaret Tarihi: Aralık 2013]
11. Anonim, 2009, Su Kirliliğinin Zararları, http://www.hakkinda-bilgi-nedir.com/su-kirliliginin-zararlari-nedir+su-kirliliginin-zararlari-hakkinda-bilgi, [Ziyaret Tarihi: Ocak 2014]
12. Anonim, 2008, Su Kirliliği, http://www.patronforum.com/forum/showthread.php?tid=14828, [Ziyaret Tarihi: Kasım 2013]
13. Anonim, 2009, Ultrafiltrasyon Sistemi, http://www.esc.com.tr/tr/urunler-detay/ultrafiltrasyon-sistemi/[Ziyaret Tarihi: Kasım 2013]

14. Anonim, 2013, Ultrafiltrasyon, http://www.ats.com.tr/teknolojiler.asp?tek=ultrafiltrasyon, [Ziyaret Tarihi: Kasım 2013]
15. Anonim, 2012, Ultrafiltrasyon nedir, http://www.serinaritma.com.tr/ultrafiltrasyon/[Ziyaret Tarihi: Aralık 2013]
16. Atabey E., 2010, Su Kirliliği, Ankara, http://cografya.wikispaces.com/SU+Kirliligi, [Ziyaret Tarihi: Kasım 2013]
17. Hill, V. R., A. M. Kahler, N. Jothikumar, T. B. Johnson, D. Hahn, and T. L. Cromeans. 2007. Multistate evaluation of an ultrafiltration-based procedure for simultaneous recovery of enteric microbes in 100-liter tap water samples. *Appl. Environ. Microbiol.* 73**:**4218-4225.
18. Hill, V. R., A. L. Polaczyk, D. Hahn, J. Narayanan, T. L. Cromeans, J. M. Roberts, and J. E. Amburgey. 2005. Development of a rapid method for simultaneous recovery of diverse microbes in drinking water by ultrafiltration with sodium polyphosphate and surfactants. *Appl. Environ. Microbiol.* 71**:**6878-6884.
19. Lindquist, H. D. A., S. Harris, S. Lucas, M. Hartzel, D. Riner, P. Rochele, and R. DeLeon. 2007. Using ultrafiltration to concentrate and detect Bacillus anthracis, Bacillus atrophaeus subspecies globigii, and Cryptosporidium parvum in 100-liter water samples. *J. Microbiol. Methods* 70**:**484-492.
20. Morales-Morales, H. A., G. Vidal, J. Olszewski, C. M. Rock, D. Dasgupta, K. H. Oshima, and G. B. Smith. 2003. Optimization of a reusable hollow-fiber ultrafilter for simultaneous concentration of enteric bacteria, protozoa, and viruses from water. *Appl. Environ. Microbiol.* 69**:**4098-4102.
21. Polaczyk, A. L., J. Narayanan, T. L. Cromeans, D. Hahn, J. M. Roberts, J. E. Amburgey, and V. R. Hill. 2008. Ultrafiltration-based techniques for rapid and simultaneous concentration of multiple microbe classes from 100-L tap water samples. *J. Microbiol. Methods* 73**:**92-99.
22. .Colford, J. M., Jr., S. Roy, M. J. Beach, A. Hightower, S. E. Shaw, and T. J. Wade. 2006. A review of household drinking water intervention trials and an approach to the estimation of endemic waterborne gastroenteritis in the United States. *J. Water Health* 4(Suppl. 2)**:**71-88.
23. Messner, M., S. Shaw, S. Regli, K. Rotert, V. Blank, and J. Soller. 2006. An approach for developing a national estimate of waterborne disease due to

drinking water and a national estimate model application. *J. Water Health* 4(Suppl. 2)**:**201-240.

24. Yoder, J., V. Roberts, G. F. Craun, V. Hill, L. A. Hicks, N. T. Alexander, V. Radke, R. L. Calderon, M. C. Hlavsa, M. J. Beach, and S. L. Roy. 2008. Surveillance for waterborne disease and outbreaks associated with drinking water and water not intended for drinking—United States, 2005-2006. *MMWR Surveill. Summ*. 57**:**39-62.
25. Smith M.C., Hill R.V., 2009. Dead-End Hollow-Fiber Ultrafiltration for Recovery of Diverse Microbes from Water. *Appl Environ Microbiol.* Aug 2009;75(16): 5284–5289.
26. LIN CF, LIN T-Y and HAO OJ (2000) Effects of humic substancecharacteristics on UF performance. *Water Res.* 34 (4) 1097-1106.
27. JOLIS D, HIRANO R and PITT P (1999) Tertiary treatment usingmicrofiltration and UV disinfection for water reclamation. *Water Environ.* Res. 71 (2) 224-231.
28. MAGARA Y, KUNICANE S and ITOH M (1998) Advanced membranetechnology for application to water treatment. *Water Sci. & Technol*.37 (10) 91-99.
29. BRAHITI SE, DAKHI S, ABDESSMED D, GAID A and MAMERI N(1994) Traitement tertiaire des eaux usées par ultrafiltration. *Trib.CEBEDEAU* 571 (5) 39-43.
30. ANSELME C , CHEVALIER MR, MAZOUNIE P and MALLEVIALLE J (1992) Applications industrielles de l'ultrafiltration pour la production d'eau potable. Bilan de fonctionnement des installations. Perspectives d'évolution, *Tech. Sci. Munic.* 9 403-408.
31. TAZI-PAIN A, FAIVE M and BOURBIOT M (1992) Comparaison destechniques membranaires pour le traitement des eaux de surfacechargées en matières organiques: perspectives d'évolution. *Tech. Sci. Munic*. 9 411-415.
32. BERSILLON JL, ANSELME C, MALLEVIALLE J, APTEL P andFIESSINGER F (1989) L'ultrafiltration appliquée au traitement del'eau potable: Le cas d'un petit système. *Eau Ind. Nuisances* 1 61-64.
33. BRUGGER A (2000) Reuse of filter backwash water using ultrafiltrationtechnology. *Filtr. Sep.* 37 (1) 22-26.
34. Anonim 2012, Su ve Yaşam , Algı Tanıtım, Ankara, s. 7

35. BAYSAL, A.. (1989). *Genel Beslenme Bilgisi*. Ankara: Hatipoğlu Yayınevi. Ankara.

36. HIMES, J.H. (1991). *Anthropometrics Assessment of Nutritional Status*. New York: A John Wiley and Sons. Inc. Publication.

37. BENJAMIN, C.L., GARMAN, G.R., FUNSTON, J.H. (1997). *Human Biology*. New York. WCB/Mc Graw-Hill Companies.

38.AKIN, G., GÜLEÇ, E., SAĞIR, M., GÜLTEKİN, T., BEKTAŞ Y. (2005). "Yaşlanma ve yaşlanmayı geciktiren çevresel etmenler". *III. UlusalYaşlılık Kongresi* 16-19 Kasım. 127-137, İzmir.

39. ATABEY, E.. (2005). *Tıbbi Jeoloji*. Ankara: TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası Yayınları 88.

40.ATALIK, Ahmet. (2006). "Küresel ısınmanın su kaynakları ve tarım üzerine etkileri". *Bilim ve Ütopya*, 139: 18-21.

41. DAĞLI, Himmet. (2005). "İçmesuyu kalitesi ve insan sağlığına etkileri" *Bizim İller*. İller Bankası Aylık Yayın Organı. Sayı 3: 16-21.

42. HAVILAND, William.A. (2002). *Kültürel Antropoloji* (Çev: Hüsamettin İnaç, Seda Çiftçi). No: 143. Sosyoloji Serisi: 3. İstanbul: KaktüsYayınları.

43.KOÇ, A.,TOPRAK, S. (2011). Su Dağıtım Sistemlerinin Koruyucu Bakımı.Pamukkale Üniversitesi s. 1-10.

EKLER

Resmi Gazete (2005) İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik, Tarih:

17.02.2005, Sayı:25730.

EK -1

PARAMETRELER VE SINIR DEĞERLERİ

a) Mikrobiyolojik parametreler

İçme-Kullanma Suları için:

Parametre	**Parametrik değer (sayı/100 mL)**
Escherichia coli (E. coli)	0
Enterokok	0
Koliform bakteri	0

İçme-Kullanma Suları için:

Parametre	**Parametrik değer**
E. coli	0/250 mL
Enterokok	0/250 mL
Koliform bakteri	0/250 mL
P. aeruginosa	0/250 mL
Anaerob sporlu sülfit redükte eden bakteriler	0/50 mL
Patojen Stafilokoklar	0/100 mL
Kaynaktan alınan numunede maksimum: 22 °C'de koloni sayımı 37 °C'de koloni sayımı İmlâhanede ambalajlandıktan sonra alınan numunede; 22 °C'de koloni sayımı 37 °C'de koloni sayımı Piyasada satılan ambalajlı sulardan alınan numunede maksimum: 22 °C'de koloni sayımı 37 °C'de koloni sayımı	 20/mL 5/mL 100/mL 20/mL İmlâhane için belirlenen sınır değerin on katını geçemez.
Parazitler	0/5 L

Kaynak Suları için:

Parametre	**Parametrik değer**
E. coli	0/250 mL
Enterokok	0/250 mL
Koliform bakteri	0/250 mL
P. aeruginosa	0/250 mL
Anaerob sporlu sülfit redükte eden bakteri	0/50 mL
Patojen Stafilokok	0/100 mL
Kaynaktan alınan numunede maksimum: 22 °C'de koloni sayımı 37 °C'de koloni sayımı	 20/mL 5/mL
İmlâhanede ambalajlandıktan sonra; 22 °C'de koloni sayımı 37 °C'de koloni sayımı Piyasada satılan ambalajlı sulardan alınan numunede maksimum: 22 °C'de koloni sayımı 37 °C'de koloni sayımı	 100/mL 20/mL İmlâhane için belirlenen sınır değerin on katını geçemez.
Parazitler	0/5 L

b) Kimyasal Parametreler

Parametre	Parametrik değer	Birim	Notlar
Akrilamid	0,1	µg/L	Not 1 ve 2
Antimon	5,0	µg/L	
Arsenik	10	µg/L	
Benzen	1,0	µg/L	
Benzo (a) piren	0,010	µg/L	
Bor	1	mg/L	
Bromat	10	µg/L	
Kadmiyum	5,0	µg/L	
Krom	50	µg/L	
Bakır	2	mg/L	Not 3
Siyanür	50	µg/L	
1,2-dikloretan	3,0	µg/L	
Epikloridin	0,10	µg/L	Not 1 ve 2
Florür	1,5	mg/L	
Kurşun	10 (içme-kullanma suları için 31 Aralık 2012 tarihine kadar 25 µg/L olarak uygulanır)	µg/L	Not 3 ve 4
Cıva	1,0	µg/L	Not 2
Nikel	20	µg/L	Not 3
Nitrat	50	mg/L	Not 5
Nitrit	0,50	mg/L	Not 5
Pestisitler	0,10	µg/L	Not 2, 6 ve 7
Toplam pestisitler	0,50	µg/L	Not 2, 6 ve 8
Polisiklik aromatik hidrokarbonlar	0,10	µg/L	Belli bileşiklerin konsantrasyonları toplamı; Not 9
Selenyum	10	µg/L	Not 2
Tetrakloreten ve trikloreten	10	µg/L	Belli parametrelerin konsantrasyonları toplamı
Trihalometanlar-toplam	100 (içme-kullanma suları için 31 Aralık 2012 tarihine kadar 150 µg/L olarak uygulanır)	µg/L	Belli bileşiklerin konsantrasyonları toplamı; Not 10
Vinil Klorür	0,50	µg/L	Not 1 ve 2

Not 1: Bu parametrik değer; suyla temas eden polimerden kaynaklanan sudaki monomer kalıntılarının konsantrasyonunu ifade eder.

Not 2: İzinli kaynak ve içme suyu tesislerinde bu parametrelerin yılda bir kez izlenmesi yeterlidir.

Not 3: Bu değer yeterli örnekleme metoduyla musluktan alınan içme-kullanma sularından alınacak su numunelerine ve yine tüketici tarafından içilen, haftalık ortalama değeri temsil eden içme-kullanma amaçlı sulardan alınacak su numunelerine uygulanır. Örnekleme ve izleme metotları, 10 uncu maddenin dördüncü fıkrasına uyumlu olarak uygulanır. Kurum, bu parametrelere ilişkin, insan sağlığı üzerinde olumsuz etkiye neden olabilecek izleme ve analiz sonuçları değerlerinin en üst düzeye ulaştığı dönemleri dikkate alır.

Not 4: Kurşun parametresi için belirtilen değerlere uyum sağlamak amacı ile verilen süre boyunca insani tüketim amaçlı suların kurşun miktarını mümkün olduğu kadar azaltmak için bütün tedbirlerin alınması sağlanır.

Bu değere uyumun sağlanmasına yönelik önlemlerin alınması sırasında Kurum, içilebilir nitelikteki sularda kurşun miktarının en yüksek olduğu yerlere öncelik vermelidirler.

Not 5: Kurum, kullanılmış su arıtma işleminde $[NO_3^-]/50 + [NO_2^-]/3 \leq 1$ formülünü esas alınır ve nitrat (NO_3^-) ve nitrit (NO_2^-) miktarları için mg/L birimi kullanılır. Nitritler için de 0,10 mg/L değerine uyulur.

Not 6: Pestisitler;

Organik insektisitler (böcek öldürücüler),
Organik herbisitler (bitki öldürücüler),
Organik fungusitler (mantar öldürücüler),
Organik nematositler (solucan, kurt öldürücüler),
Organik akarisitler,
Organik algisitler (yosun öldürücüler),
Organik rodentisitler (kemirici öldürücüler),
Organik slimisitler (balçık, salgı öldürücüler) ile, bunlarla bağlantılı ürünleri (diğerlerinin yanı sıra, büyüme kontrol edicileri) ve bunların ilgili metabolitlerini, parçalanma yada reaksiyon ürünlerini ifade eder.

Söz konusu pestisitlerden suda bulunması muhtemel pestisitler izlenir.

Not 7: Parametrik değer her bir pestisit için uygulanır. Aldrin, dieldrin, heptaklor ve heptaklor epoksit için parametrik değer 0,030 µg/L'dir.

Not 8: "Toplam pestisitler" izleme süreci içinde tespit edilen ve sayılan her bir pestisitin toplamını ifade eder.

Not 9: Belirtilen bileşikler şunlardır:

Benzo (b) floranten,
Benzo (k) floranten,
Benzo (ghi) perilen,
İndeno (1,2,3- cd) piren

Not 10: Belirtilen bileşikler şunlardır: kloroform, bromoform, dibromoklorometan, bromodiklorometan.

9 uncu maddenin (c) bendinde belirtildiği üzere, mümkün olan hallerde, dezenfeksiyondan ödün vermemek kaydıyla trihalometanlar için Ek-1 (b)'de belirtilen parametre değerinden daha düşük bir değer elde etmek hedeflenir.

c) Gösterge parametreleri

Parametre	**Parametrik Değer**	**Birim**	**Notlar**
Alüminyum	200	µg/L	
Amonyum	0,50	mg/L	
Klorür	250	mg/L	Not 1
C. perfringens (sporlular dahil)	0	sayı/100 ml	Not 2
Renk	Tüketicilerce kabul edilebilir ve herhangi bir anormal değişim yok		
İletkenlik	2500	20 °C'de $\mu S/cm^{-1}$	Not 1
pH	≤ 9,5-6,5≤	pH birimleri	Not 1 ve 3
Demir	200	µg/L	
Mangan	50	µg/L	
Koku	Tüketicilerce kabul edilebilir ve herhangi bir anormal değişim yok		
Oksitlenebilirlik	5,0	mg/L O2	Not 4
Sülfat	250	mg/L	Not 1
Sodyum	200	mg/L	
Tat	Tüketicilerce kabul edilebilir ve herhangi bir anormal değişim yok		
22 °C'de koloni sayımı	Anormal değişim yok		Not 11
Koliform bakteri	0	Sayı/100 ml	Not 5
Toplam Organik Karbon (TOC)	Anormal değişim yok		Not 6
Bulanıklık	Tüketicilerce kabul edilebilir ve herhangi bir anormal değişim yok		Not 7

d) Radyoaktivite

Parametre	Parametrik değer	Birim	Notlar
Trityum	100	Bq/L	Not 8 ve 10
Toplam gösterge dozu	0,10	mSv/yıl	Not 9 ve 10

Not 1: Su aşındırıcı olmamalıdır.

Not 2: Suyun yüzeyden alınmaması ya da yüzey suyundan etkilenmemesi halinde bu parametrenin ölçülmesi gerekmez. Suyun parametrik değere uymaması halinde, Kurumun tedarik edilen suda patojen mikroorganizmalar (örneğin cryptosporidium) bulunmasından kaynaklanan insan sağlığına yönelik potansiyel bir tehlike olmadığını belirlemek için araştırması gerekir.

Not 3: Şişelere ya da kaplara konulan sular için minimum pH değeri 4,5 olarak belirlenebilir.

Not 4: TOC parametresinin analiz edilmesi halinde bu parametrenin ölçülmesi gerekli değildir.

Not 5: Şişelere ya da kaplara konulan su için birim sayı/250 mL'dir.

Not 6: Günde 10.000 m^3'ten az su verilmesinde bu parametrenin ölçülmesine gerek yoktur.

Not 7: Yüzeysel suyun arıtılması durumunda Kurum, arıtılmış sudaki bulanıklığın 1,0 NTU (Nephelometrik bulanıklık ünitesi) değerini aşmamasına dikkat eder.

Not 8: İzleme aralıkları daha sonra Ek-2'de belirlenir.

Not 9: Trityum, potasyum - 40, radon ve radonun bozunmasından oluşan ürünler hariç; izleme frekansları, izleme metotları ve izleme noktaları için en doğru yerler daha sonra Ek-2'de belirtilecektir.

Not 10: 1-İzleme frekansları hakkında Not 8'de öngörülen teklifler ve Ek-2'de yer alacak olan ve Not 9'da belirtilen izleme frekansları, izleme metotları ve izleme noktaları için en uygun yerler, Birliğin bu konudaki düzenlemeleri dikkate alınarak belirlenecektir.

2-Kurum, diğer izlemelere dayalı olarak, hesaplanan toplam gösterge dozu veya trityum düzeylerinin parametrik değerin çok altında olduğunu belirlemesi halinde, içme-kullanma suyunu trityum veya toplam gösterge dozunu hesaplanmasına esas teşkil eden radyoaktivite açısından izlemeyebilir. Böyle bir durumda bu kararının gerekçelerini, diğer izlemelerden elde edilen sonuçlarla birlikte, Komisyona bildirir.

Not 11: İçme-kullanma suyunda bir yıl boyunca alınan numunede tespit edilen koloni sayısının ortalamasının on katını ifade eder. Kaynak ve içme sularında ise suyun kaynağında veya imlahanesinde tespit edilen koloni sayısının on katını ifade eder.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : YASİN ANDIRICI
Uyruğu : TÜRKİYE
Doğum Yeri ve Tarihi : KONYA 26.09.1981
Telefon :
Faks :
e-mail :

EĞİTİM

Derece		**Adı, İlçe, İl**	**Bitirme Yılı**
Lise	:	Selçuklu Teknik Lise ve Endüstri Meslek Lisesi	**1999**
Üniversite	:	Selçuk Üniversitesi	**2006**
Yüksek Lisans	:		
Doktora	:		

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	**Kurum**	**Görevi**
2002-	**KOSKİ**	**Kimyager**