

Küresel Isınma ve Su Kaynaklarına Etkileri

Global Warming and Its Effect On Water Resources

Doç. Dr. Erdem Albek; Çev. Müh.

ÖZET

Bu çalışmada yirmi birinci yüzyılda dünyayı bekleyen önemli çevresel sorunların başında gelen küresel ısınma ve buna bağlı iklim değişikliği ele alınmıştır. Ülkemiz için bazı olası öngörüler sunulmuş ve iklim değişikliğinin öncelikle su kaynakları açısından etkileri incelenmiş ve alınabilecek önlemler üzerinde kısaca durulmuştur.

Anahtar Sözcükler: İklim Değişikliği, Küresel Isınma, Su Kaynakları, Su Kalitesi.

ABSTRACT

This work focuses on the global warming and the associated climate change which is clearly the most prominent environmental problem faced by the world in the twenty first century. Some estimates for Turkey regarding the future climate are presented and effects on principally the water resources are investigated. Precautions to be taken to cope with the climate change are briefly discussed.

Keywords: Climate Change, Global Warming, Water Resources, Water Quality

1. Giriş

Yirminci yüzyılda küresel ve bölgesel ölçekte sıcaklık artışları yaşandığı bilimsel gözlemlerle kanıtlanmış bir gerçektir. Bazı karşı görüşler de olmasına karşın, bu ısınmanın birkaç on yılı kapsayacak kadar kısa bir süre içinde iklim değişikliğine yol açacağı da genel olarak kabul edilmektedir (IPCC, 2001). İklim değişikliği yirminci yüzyılın son çeyreğinde ve yirmi birinci yüzyılın ilk yıllarında da kendini hissettirmeye başlamıştır. 2005 yılı tarihte rastlanan en sıcak ikinci yıldır (Faust, 2006). Son on beş yılda deprem, yanardağ patlaması, toprak kayması gibi jeolojik felaket sayısı sabit kalırken, hidrometeorolojik felaket olarak adlandırılan sel baskınları, aşırı kuraklık sayıları daha önceki dönemlere göre iki kat artmıştır. Model çalışmaları, ısınma eğiliminin bu yüzyılda artacağını ve dünyanın çeşitli bölgelerinin sıcaklık ve yağış özelliklerinin değişeceğini göstermektedir (CCC, 2004). Şu anda bilmediğimiz ve hesaba katmadığımız bazı faktörlerin ısınma eğilimini durdurması olasılığı her zaman var olsa da, yirmi birinci yüzyılın iklim açısından dünya ülkelerinin ekonomilerini ve sosyal yapılarını oldukça zorlayacak bir yüzyıl olacağı kesin gibi görünmektedir.

2. Küresel Isınma

Yeryüzü güneşten aldığı enerji ve kendisinin uzaya yaydığı enerji açısından dinamik bir

denge konumundadır ve yeryüzündeki sıcaklıkları ve buna bağlı süreçleri (buharlaşma, yağışlar, okyanus akıntıları, rüzgarlar gibi) bu denge belirlemektedir. Yeryüzünün bu denge konumu sürekli değişmekte, güneşten gelen enerjideki oynamalar ve/veya yanardağ patlamaları gibi içsel olaylar sonucunda mevsimsel ve değişik periyotlarla kendini tekrarlayan dalgalanmalar ortaya çıkmaktadır. Buzul çağlarına dünya-güneş yörünge geometrisindeki 21000, 45000 ve 105000 yıllık periyotlara sahip dalgalanmaların yol açtığı çokça kabul edilen bir görüştür (Trewartha, Horn, 1980). Güneşin morötesi ışınımında 11 yıllık ve büyük olasılıkla daha uzun periyotlara sahip değişiklikler ve dünyada buna karşılık gelen meteorolojik değişiklikler mevcuttur. MS. 1000-1100 yılları arası sıcak bir döneme, MS. 1600 civarları da küçük buzul çağı olarak adlandırılan oldukça soğuk bir döneme karşılık gelmektedir. Dolayısıyla dünya iklimi sürekli dalgalanmalar göstermiştir. Hatta son yüzyıldaki ısınmanın buzul çağları arasındaki doğal bir ısınma dönemine karşılık geldiğini iddia eden az sayıda bilim adamı da mevcuttur. Ancak şu anda yaşadığımız küresel ısınmanın ardında yatan nedenin endüstri devrimi ile atmosfere salınan CO₂ (karbondioksit) miktarındaki önlenemeyen artışın olduğu hemen hemen tamamen kanıtlanmıştır (Göncü, 2005).

Bugün fosil yakıt kullanımı ile atmosfere salınan önemli miktardaki karbondioksit ve farklı kaynaklara sahip diğer bazı gazlar (metan, su buharı, kloroflorokarbonlar gibi) sera gazı olarak adlandırılırlar. Bu gazlar, dünyaya ulaşan güneş ışınımını engellemezken, dünyanın uzaya yaydığı uzun dalga ışınımını önemli ölçüde tutarak, atmosferin ısınmasına yol açarlar. Bu sera etkisi olarak adlandırılır. Sera etkisinin en ağır koşulları, yüzeyinde 500 derecelik sıcaklıkların hakim olduğu Venüs gezegeninde mevcuttur.

Bu ısınmayı yirminci yüzyılda endüstriyel etkinlikler ve orman yangınları nedeniyle atmosferdeki derişimleri artan aerosollar bir miktar yavaşlatmışsa da artık ısınma giderek artmaktadır (IPCC, 2001). Dünya ülkelerinin karbondioksit salınımlarını sınırlama çabaları yeterli düzeyde değildir. Gelişmiş ülkeler refah tüketim seviyelerini düşürmek istememekte, gelişmekte olan ve fazla nüfuslu ülkeler ise ekonomik gelişmelerine paralel olarak daha fazla refah istemektedirler. Bunu da daha fazla enerji kullanarak elde edebileceklerdir. Buna karşın rüzgar ve güneş enerjisi gibi tüketilmeden atmosfere karbondioksit

salımayan enerji kaynakları, istenen düzeyde gelişmemiştir. Bu nedenlerden dolayı fosil yakıt kullanımı ve karbondioksit salınımının devam edeceğini ve hatta artacağını varsayabiliriz. Dünya ülkeleri salınımları kontrol altına almayı başarmış olsalar bile, küresel ısınmanın etkilerini geri çevirmek belki mümkün olmayabilecektir. Model çalışmaları dünyanın ortalama sıcaklığının 2100 yılına kadar 1.4 ile 5.8 derece arasında artacağını öngörmektedir (IPCC, 1995). Bu ısınmaya bağlı olarak buzulların erimesi ve ısınan suyun genişmesi sonucu deniz seviyelerinde yükselme beklenmektedir. Bir metreye varabilecek bu yükselmenin kıyı bölgeleri açısından yıkıcı etkileri olacağı bellidir. Ancak dünyayı bekleyen en büyük tehlikenin iklim değişikliği olduğu da açıktır.

3. İklim Değişikliği ve Etkileri

Bugün dünyanın değişik bölgelerinde hakim olan iklim koşullarının belirleyici öğeleri arasında o bölgedeki sıcaklıkların yanı sıra daha büyük ölçekte hava hareketleri bulunmaktadır. Örneğin ülkemizi etkileyen önemli meteorolojik olaylardan olan ve kışın özellikle iç bölgelerimizi etkileyen soğuk karakterli hava kütleleri (soğuk kutupsal) kuzey kökenlidir. Yazın aşırı sıcakları oluşturan karasal tropik hava kütlesi ise güney kökenlidir (Atalay, 1994). Yağış bırakan alçak basınç sistemleri kuzeybatı ve güneybatıdan ülkemize girmektedir. Dolayısıyla, dünyanın her ülkesi gibi Türkiye de küresel meteorolojik olaylardan etkilenmektedir. Atmosfer sıcaklıklarının artması büyük ölçekli hava hareketlerini, alçak ve yüksek basınç merkezlerini ve okyanus akıntılarını etkileyecektir. Bu sistemlerin günümüzden farklı davranışları dünyanın çeşitli bölgelerindeki iklim koşullarını belirleyecektir. Örneğin bir bölgede yüksek basınç merkezleri daha fazla kalmaya başlarsa o bölge daha kurak bir karaktere sahip olabilecek, bir başka bölgeye alçak basınç merkezleri daha sık gelmeye başladığında daha fazla yağışlı koşullar oluşabilecektir. Okyanus akıntılarının değişikliğe uğramaları pek çok bölgenin yağış rejimini değiştirebilecektir. Örneğin Peru açıklarındaki bir akıntı sisteminin birkaç yıllık periyotlarla yön değiştirmesi El Nino adı verilen ve çok geniş bölgelerin yağış rejimini etkileyen sonuçlara yol açmaktadır (Pickard, Emery, 1985).

Avrupa kıtasında yirmi birinci yüzyılda sıcaklıkların yanında yağışların artması beklenmektedir (Zwolsman, van Bokhoven, 2006). Bu yağış artışlarının Ren nehri gibi büyük akarsu havzalarında daha fazla sal

baskınlarına yol açacağı öngörülmektedir. İklim değişikliğinin en fazla etkileyeceği ülkelerden biri Hollanda'dır. Hollanda hem Ren nehrinin getireceği sellerden, hem de deniz seviyesinin yükselmesiyle zaten alçak olan topraklarının sularla kaplanmasından çekinmektedir. Buna karşılık Rusya ve Kanada, sıcaklıkların artmasıyla bugün donmuş durumda olan geniş arazilerde tarım yapabilecek konuma gelececeklerini tahmin etmektedirler. Akdeniz havzası ülkeleri kuraklık endişesi taşımaktadırlar. Kanada İklim Merkezi'nin model öngörülerine göre, Türkiye'nin batı bölgesinde 2050 yılına kadar sıcaklıklar 1.6 derece kadar artacaktır. Bu merkez çeşitli senaryolara dayalı olarak Küresel Çevrim Modelleri oluşturmaktadır. Yukarıda sözü edilen öngörü A2 senaryosuna göre, bu senaryoda heterojen bir dünya, hızlı bir nüfus artışı ve buna bağlı hızlı ekonomik gelişme söz konusudur. Model sonuçları üzerinde yapılan eğilim analizlerine göre, kış aylarında az bir sıcaklık düşüşü, yaz aylarında ise 2 derecelere kadar varabilecek artışlar söz konusudur (Göncü, 2005). Yağışların da bir miktar artması, ama bu artışın yıl içinde çok farklı yayılması söz konusudur. Özellikle ağustos ve eylül aylarında yağışların önemli ölçüde artacağı, haziran ve temmuzda ise ciddi boyutlarda azalacağı öngörülmektedir.

Bu öngörüler ışığında yıl içindeki bazı aylarda günümüze nazaran daha sert koşulların batı bölgelerimizi beklediğini söyleyebiliriz. Ancak elbette bu öngörülerin hatalı çıkma olasılığı olduğunu da göz ardı etmemek gerekmektedir. Gene de bilimsel veriler ışığında geleceğimize dair planlar yapmak, öngörüler değişirse bu planları revize etmek gerekliliği son derece açıktır.

Yukarıdaki öngörüler, bazı ayların çok kurak geçme olasılığını beraberinde getirmektedir. Bu, zaten bazı bölgelerimizde yeterli olmayan su kaynaklarımız üzerinde önemli bir baskı oluşturabilecektir. Sulu tarıma geçişin önümüzdeki yıllarda artacağı ve diğer sektörlerin de daha fazla su kullanacağı düşünülmüşse, su kaynaklarımızı arttırmanın ve çeşitlendirmenin önemi ortaya çıkmaktadır. Artan sıcaklıkların neden olacağı daha yüksek buharlaşma yüzey sularına göre daha az etkilenebilen yer altı suyu kaynaklarının önemini daha da arttırmaktadır. Zaten yoğun bir erozyonun yaşandığı ülkemizde, baraj göllerinin çok hızlı dolarak kısa sürede kullanılmaz hale gelmesi de yüzey sularımızı bekleyen bir başka tehlikedir ve yer altı suyu kaynaklarına daha fazla yönelmenin gerekliliğini ortaya koymaktadır. Gene bazı aylarda da aşırı yağışların ve sel baskınlarının günümüze nazaran artacağı gerçeği karşısında bu tür felaketlerden en az etkilenmek için çeşitli çalışmalar yapmak ve doğacak riskleri önceden en aza indirmek yararlı olacaktır. Günümüzde Avrupa'da bu tür çalışmalar yapılmakta, sel baskını olasılığı yüksek bölgeler saptanmakta ve zararı en aza indir-

meye yönelik planlamalar yapılmaktadır. Türkiye gibi dere yataklarında yapılaşmanın yoğun olduğu bir ülkede sel baskınlarının can kaybı ve büyük ekonomik zararlara yol açacağı kaçınılmazdır.

Gerek kuraklık, gerek de aşırı yağışlar su miktarının yanı sıra su kalitesi üzerine de baskı getirmektedir. Kurak aylarda akarsularda ve göllerde azalacak olan su miktarları özellikle noktasal kaynaklardan (örneğin bir fabrikadan) gelecek kirleticilerin daha yüksek derişimlerde bulunmalarına yol açacaktır. Bu da su kalitesinin düşmesine yol açacaktır. Daha sıcak sular daha az oksijenli sular demektir. Su kalitesinin en önemli belirleyicilerinden olan çözünmüş oksijen seviyelerinin düşmesi, beraberinde ciddi kirlenme sorunları getirmektedir. Sel baskınları sırasında, örneğin bir baraj gölüne gelen suların kalitesi de beraberinde taşıdığı toprak ve diğer kirleticiler nedeniyle oldukça düşüktür. Değişen iklim şartlarının beraberinde su kalitesi sorunları da getireceği, bunun da insan sağlığını ciddi boyutlarda etkileyeceği ve su arıtımı gereksinimini arttıracığından dolayı ekonomik yükler barındıracağı göz önünde bulundurulmalıdır.

Su kaynaklarına olan etkilerin yanı sıra, küresel ısınmanın daha pek çok etkisi yirmi birinci yüzyılda hissedilecektir. İnsan sağlığı açısından önemli bir başka konu, tropik kuşakların muhtemel olarak kuzeye kaymasıyla bugün tropik ülke koşullarında üreyebilen vektörlerin yol açtığı bazı hastalıkların (Bilharzia, Uykü Hastalığı gibi) Akdeniz havzasında da görülme olasılığıdır. Bu ülkelerin insanların bu hastalıklarla daha önce karşılaşmadıkları düşünülmüşse, önemli sağlık riskleri oluşacağı açıktır.

İklim değişikliği pek çok canlının yaşama ve üreme alanlarını etkileyebilecektir. Bazı bölgelerin bitki örtüsü ciddi şekilde farklılaşabilir. Bu da bölgenin özelliklerini değiştirebilir. Bazı bölgelerde kuraklık nedeniyle bitki örtüsü azalabilir. Bunun da ekonomik kayıplar açısından ciddi sonuçları olacaktır.

4. Sonuç

Bu çalışmada küresel ısınma ve iklim değişikliğinin nedenleri ve bazı sonuçları üzerinde durulmuştur. Daha önce de belirtildiği gibi, iklim değişikliğinin alacağı şekil konusunda söylenenler tahmindir. Ancak bu tahminlerin bilimsel veriler ışığında yapıldığı göz önüne alınır, gerçekleşme olasılıkları ciddiye alınmalıdır. Gelecek nesillere yaşayabilecekleri bir ortamın bırakılmasında ülke kaynaklarının planlı ve verimli kullanımının gerekliliği açıktır. Bu planlamalarda günümüzde göz önüne alınması gereken en önemli faktörlerden biri iklim değişikliğinin getireceği sonuçlar olacaktır.

Küresel ısınmanın etkileri konusunda yukarıda sıralanan tahminler bir umutsuzluk

havası yaratmaktan çok, dünyayı ve ülkemizi nelerin beklediğini bilerek, karar mekanizmalarını bunlara karşı etkin önlemler almaya zorlamalıdır. Bugün dünya devletleri bunu yapmak için bir seferberliğe girişmiş durumdadır. Sonuçta, dünyanın iklimini değiştirecek güce erişmiş insanlığın, bunun etkileri ile savaşmaya da gücü olduğu kabul edilmelidir.

5. Kaynaklar

- [1] Atalay, İ., Türkiye Coğrafyası, Ege Üniversitesi, İzmir, 1994.
- [2] CCC, <http://www.cccma.ec.gc.ca/data>, Canadian Climate Center, 2004.
- [3] Faust, E. Loss trends from weather hazards and a changing climate-a reinsurer's perspective, Innovations in coping with water and climate related risks, Amsterdam, 2006.
- [4] Göncü, S. İklim Değişikliğinin Su Havzalarına Etkisinin HSPF Modeli ile İncelenmesi, Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2005.
- [5] IPCC (Intergovernmental Board on Climate Change), İklim Değişikliği 2001, Bilimsel Temeller, Cambridge, 2001
- [6] IPCC (Intergovernmental Board on Climate Change) Çalışma Grubu, İklim Değişikliği 1995: İklim Değişikliğinin Bilimsel Yanı, Karar Vericiler için Özet, 1995.
- [7] Pickard, G.L., Emery, W.J., Descriptive Physical Oceanography, Pergamon Pres, 1985.
- [8] Trewartha, G.T., Horn, L.H., An Introduction to Climate, McGraw-Hill, 1980.
- [10] Zwolsman, J.J.G., van Bokhoven, A.J., Impact of Summer Droughts on Water Quality of the Rhine River - A preview of Climate Change?, Innovations in coping with water and climate related risks, Amsterdam, 2006.

Yazar;

Doç. Dr. Erdem Albek,

Erdem Albek 1961 yılında İstanbul'da doğdu. Boğaziçi Üniversitesi Çevre Bilimleri Enstitüsü'nden doktora ünvanını aldı. Halen Anadolu Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümünde doçent olarak görev yapmaktadır. Çalışma Konuları su kirliliği, çevre modelleme, iklim değişikliği ve su kaynaklarına etkileridir.

Ters Ozmoz (Reverse Osmosis) Teknolojinin Enerji Santrali Su Şartlandırılmasında Kullanımı

Reverse Osmosis Technology Is Used In The Energy Plant Water Treatment

Sevki Şevik
TTMD Üyesi

ÖZET

Enerji santralleri su şartlandırmasında; başta ters ozmoz (RO) olmak üzere, elektrodializ (ED), deiyonizasyon (DI) gibi su arıtım tekno-lojilerinin yanı sıra gün geçtikçe daha az uygulama bulan, ancak alanında tek olan iyon değiş tokuşunun yapıldığı iyon değiştirici reçine kullanılmaktadır. Arıtma işlemi, mekanik-elektrik sistemlerle ve/veya kimya-sallarla yapılmaktadır. Standart bir enerji santralinde, su arıtımı işletme bütçesinin genellikle toplam işletme maliyetinin %2'sinden daha az bir paydasını oluşturur. Bu çalışmada; son teknoloji ürünü olan ters ozmoz (membran ayırıştırma) teknolojisi, üstlenebileceği rol, mekanik ve elektrikli üni-telerin ve kimyasal dozajının birlikte kullanıl-ması anlatılmaktadır.

ABSTRACT

Water treatment procedure of energy plants has application such as Reverse Osmosis (RO), Electrodeializ (ED), Deionisation (DI) also it has ion-exchange technology which is the unique application in ion- exchange basics, however it has less usage. Water treatment has operated by mechanical-electrical systems and/or chemicals. In the classical power plant system water treatment has a cost which is less than 2 percent of all operating cost. In this article, how it would be design to work properly via its role, mechanical and electrical units and chemical dosing of the last developed reverse osmosis (membrane separation) technology.

1.Giriş

Su; hayattır, serinliktir. Vücudumuzun %70'i, dünyanın 3/4'ü, denizanası gibi bazı canlıların %98'i, meyvelerin büyük bir kısmı sudur. Peki endüstride durum nasıldır? Soğutma, ısıtma, ısınma ve aşınmayı önlemesi için hazırlanan soğutma sıvılarında, enerji sıvısı olarak buhar kazanlarında vb. kullanılan yine sudur.

Nasıl ki su insanlar için hayati önem taşıyorsa aynı şekilde kazan, kazan sistem elemanları ve buhar türbini için de çok önemlidir. Öte

yandan suyun içinde pek çok madde vardır. Bu maddeler kazana, borulama sistemine, armatürlere ve türbin kanatçıklarına zarar vermektedir. Dolayısıyla bu maddelerin uzaklaştırılmaları gerekir ki buna arıtma denir.

Standart bir enerji santralinde, su arıtımı işletme bütçesinin genellikle toplam işletme maliyetinin %2'sinden daha az bir paydasını oluşturur. Bununla birlikte, net kapasite faktörü, santral ısı hızı ve en yüksek karlılık üzerindeki etkisi önemli olabilir. Bu, sistem seçim aşamasında ortaya çıkmakla beraber, işletme aşamasında da yüzdelik paydayı büyütebilir. Su arıtım teknolojilerinin sahip olduğu zenginlik, verimlilik, donanım, kullanılan kimyasallar ve diğer ünitelerle olan bağdaşmaları projenin tasarım aşamasında iyi irdelenmelidir. Zira su arıtma tesislerinin başarısı su kimyasının doğru entegrasyonuna, güç ünitelerini besleyen su kaynaklarının doğru değerlendirmesine ve uygun ekipman seçimine bağlıdır.

Öncelikle suyun sahip olduğu ve sonrasında ise kullanılacak suyun fiziksel ve kimyasal özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Eğer suyun özellikleri amaca uygun değilse ekonomi de göz ardı edilmeden amaca uygun arıtma ve bazı işlemlere tabi tutmak gerekmektedir. Başlangıç noktasını ve ulaşılabilecek noktayı belirledikten sonra nasıl, ne sürede ve ne kadar ekonomikle ulaşılabileceğine karar verilmelidir. İşte bu nokta hangi arıtma yöntem(ler)inin kullanılacağına karar kılma aşamasıdır. Her yönüyle incelenerek kurulacak olan sistem(ler) karar verildikten sonra kurulum, işletme ve bakım aşaması gelmektedir.

Bu çalışmada, ters ozmoz (membran ayırıştırma) sistemi ve üstlenebileceği rol incelenecektir. Ayrıca, RO teknolojisinin pek çok uygulama alanı ve şekli mevcut olması nedeniyle enerji santrallerinde uygulanmasına fikir vermesi açısından iki kademeli RO ünitesi ve bunları destekleyen deiyonizasyon ünitesinin birlikte kullanıldığı bir demine-ralizasyon tesisi üzerinde durulacaktır.

2. Enerji Santrallerinde Su Neden Arıtılır?

Suyun kalitesi insan sağlığına olduğu kadar suyla çalışan cihazlar için de önemlidir. Güç sistemlerinde yumuşak su ve/veya saf su kullanımı sistem verimi ve ekipmanların ömrü açısından son derece önemlidir. Suyun niçin aratıldığı aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır ve daha sonra detaylı bilgiler verilmiştir.

1. Ham suda bulunması muhtemel kirleticileri uzaklaştırır.
2. Arıtılmamış su korozyon ve kavitasyona; Tortu, borulama sisteminde, kazanda, hassas kontrol cihazlarında ve akışın zayıf olduğu ölü noktalarda birikerek tıkanmalara ve bozulmalara sebep olur.
3. Sudaki sertlik zamanla kendiliğinden veya su ısıtıldığında hızla çözünürlüğünü kaybeder ve geçtiği yüzeylere yapışarak su borularının içini hızla doldurur dolayısıyla su basıncı ve akışı azalır.
4. Ham veya iyi arıtılmamış su, kazan, drum ve borulama sisteminde kireçlenmeyi artırır bu da yalıtkanlığa sebep olur.
5. Buhar debisini stabil tutmak dolayısıyla buhar türbin verimini düşürmemek için kullanılır.
6. Buhar türbin kanatlarının ömrünü uzatmak.
7. Ham suyun iletkenliği yüksektir. İletkenlik düşüktüğü ısı tutma kapasitesi artacağından sudaki iletkenliği artıran Ca, Mg gibi sertlik iyonlarını ve tuzluluğu bertaraf etmek.
8. Su sıcaklığının artması sonucunda, geçici sertlik iyonları (bikarbonat iyonları) çözünebilir formundan çözünemez karbonat formuna dönüşür. Bunun sonucunda da sıcak suyun temas ettiği tüm yüzeylerde kışır oluşumu başlar. Kalkerleşme sonucunda borular tıkanır, ısı transfer katsayısı düşer ve sürtünme katsayısı artar.
9. Enerji üretim çevriminin çeşitli bölümlerinde (kazan besleyen su döngülerinden tutun da yanma türbinindeki NOx ve yanma havası soğutma işlemine kadar) yüksek saflıkta su gereksinimi bulunmaktadır.

Tipik bir güç işletmesinde su ve buharın ana uygulamaları aşağıda özetlenmiştir.

1. Buhar üretimi için besleme suyu,
2. Düşük, orta ve yüksek basınç buhar üretimi,
3. Yüksek sıcaklık yanma türbini soğutması (buhar),
4. NOx control ve/veya güç artırma (su/buhar),
5. Buhar türbini kondenser soğutma suyu,
6. Yanma türbini açık/kapalı soğutma (örneğin; yağlama yağı),
7. Yanma türbini kompresör yıkama, (örneğin; waterwash), (su),
8. Yanma türbini giriş havası soğutması (örneğin; chiller ünitesi) (su),
9. Hazırlanan kimyasal karışımlar (su).

3. Suyun Özellikleri ve Kalite Parametreleri

Yeraltı (Kuyu) suları; Toprak katmanlarından geçerken içerdiği mineralleri içinde çözer. Bu nedenle, yüzey sularına göre daha fazla iyon ve mineral içerir.

İçme suları; ideal iletkenlik derecesi, 20-100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'dir. Oysa, ülkemizde şebeke ve artezyen kuyu sularının iletkenlik derecesi 400-2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında değişim göstermektedir.

Yerüstü suları; genel itibarıyla bulanık ve tortuludur ve sulama amaçlı kullanımlar dışında mutlaka filtrasyon gereklidir.

Ph; asitlik derecesini gösterir ve bir çözeltideki hidrojen iyonu konsantrasyonunun tersinin logaritmasıdır. Çözelti $\text{pH}<7$ ise asidik, $\text{pH}>7$ ise bazik (alkalilik) özellik gösterir.

İletkenlik ($^{\circ}\text{S}/\text{cm}$); suyun elektrik iletimi değerini belirtir ve suyun içindeki iyon miktarının ölçütüdür.

Sertlik; sudaki kalsiyum ve magnezyum iyonlarının mg/kg Ca olarak ifade edilen toplamıdır. İki tür sertlik vardır. Çeşitli sertlik birimleri ve dönüşleri Tablo 1'de verilmiştir.

Geçici sertlik (karbonat sertliği): borular yüksek ısıya maruz kaldığında kalker oluşturur ve bu da tıkanmalara sebep olur. Bikarbonat iyonları geçici sertlik iyonlarıdır.

Kalıcı sertlik; klorür ve sülfat iyonları bu tür sertliğe sebep olur.

Birim	mval/lit	dH	Fr	S
1 mval/lit	1.0	2,8	5	3,5
1 dH	0,357	1	1,79	1,25
1 Fr	0,2	0,56	1	0,7
1 İS	0,286	0,8	1,43	1
1 ppm CaCO_3	0,02	0,056	0,1	0,07

Tablo 1. Su sertlik dereceleri.

Toplam çözülmüş madde (TDS); Sulların mineral ve iyon zenginliğini gösteren önemli parametrelerden biridir. Tatlı su için üst limit değeri 1000 mg/lt TDS, acı su 1000-5000 mg/lt TDS ve 5000-15000 mg/lt TDS de çok acı sudur. TDS arttıkça iletkenlik de artar.

Alkalilik; sudaki karbonat, bikarbonat ve hidroksit iyonların toplamıdır. Aynı zamanda da güçlü asitleri nötr hale getirebilme yeteneğinin bir ölçüsüdür. Borat, fosfat ve silikat gibi diğer iyonlar da, alkaliliğe katkıda bulunabilir. Sertlik ya da ağır metallerle birlikte bulunduğu kışır oluşumuna neden olabilir. Fenolfitalein alkaliliği (P alkaliliği), güçlü alkalileri ölçerken, Metil oranj alkaliliği (M Alkaliliği) ya da toplam alkalilik sudaki toplam alkaliliği ölçer.

ppm: kütleli olarak parts per million. Su için (mg/L) ile aynıdır (ppm x 1000=ppb).

Suyun fiziksel, kimyasal ve biyolojik olmak üzere üç çeşit kalite parametresi mevcuttur.

Suyun fiziksel karakteristikleri: Bulanıklık, katı maddeler, renk, koku ve sıcaklık olarak

sayılabilir. Bulanıklık genelde koloidal ve askıda katı maddelerden oluşur. Katı maddeler ise 10mm ile 10-8mm arasında değişen boyutlarda olabilir. Bazı katı maddeler moleküler boyutlarda olduğundan dolayı elektron mikroskobu ile dahi görünmeyebilir. Suda bulunan ve filtrasyon yoluyla tutulabilen asılı maddeler, kazanlarda birikmesiyle çamur ya da curuf biçiminde oluşumlar meydana getirir. Bu ise tıkanmalara, aşırı ısınmaya, iç yüzeylerin kaplanmasına ve köpüklenmeye neden olur ve blöf sayısı artar.

Suyun kimyasal karakteristikleri; suyun kimyasını oluşturan çözülmüş maddelerdir. Çözülmüş iyonlar; kalsiyum, magnezyum, klorür, ağır metal ve zehirli iyonlar olarak sayılabilir. Silika; konsantrasyonunun artması sonucunda giderilmesi çok güç bileşikler oluşturur. Buna karşılık silika birikimi diğer birikimlerden daha az ortaya çıkar. Çözünür demir; demir fosfat veya demirhidroksit oluşturarak ısıtma sistemlerinde yalıtıcı işlevi yapar ve bunların sudan giderilmesi gerekir.

Suyun biyolojik karakteristikleri; su içindeki mikroorganizmal canlı yaşamı ile ilgilidir. Sıcaklığı 65°C'nin altında bulunan su sistemlerinde biyolojik gelişim görülmesi mümkündür. En önemli sorun patojen diye bilinen zararlı mikroorganizmalardan kaynaklanmaktadır ve göz önünde tutulması gerekir. Biyolojik maddeler, soğutma kulesinde yeşil yosun üremesinden, kapalı soğutma sisteminde ve karanlık alanlarda bakteri oluşumuna kadar değişik şekillerde görülebilir. Bu sorunlar mekanik ve kimyasal işlemlerle azaltılabilir.

4. Ham Su Tedariği

Enerji tesisi için artılacak ham suyun nereden, nasıl temin edileceği ve hangi özelliklerde olduğu önceden tespit edilmelidir. Enerji sistemi için gerekli olan demineralize su özelliklerine, su kaynağının yakınlığına, su arıtma için ayrılan bütçeye ve demineralizasyon sistem seçimi kriterleri gibi detaylı bir araştırmayı ortaya koyan, katyon ve anyon dengesini ortaya koyan analizler yapılır. Ham su tedarikinin değerlendirilmesi için tavsiye edilen gerekli analizler Tablo 2'de verilmektedir.

Parametreler	Birimler	Semboller	Açıklama
pH	-	-	Genel indikatör olarak yararlı
Kalsiyum sertliği	CaCO ₃ olarak mg/l	CaH	Skala biçimi
Magnezyum sertliği	CaCO ₃ olarak mg/l	MgH	Skala biçimi
Toplam silis	İyon olarak mg/l	SiO ₂	Kolloidal ve reaktif silis toplamı
Reaktif silis	İyon olarak mg/l	SiO ₂	
Toplam demir	İyon olarak mg/l	Fe	Düşük konsantrasyonlarda
Manganez	İyon olarak mg/l	Mn	Düşük konsantrasyonlarda
Toplam alüminyum	İyon olarak mg/l	Al	Düşük konsantrasyonlarda
Baryum	İyon olarak mg/l	Ba	Çok düşük konsantrasyonlarda skala biçimi
Stronsiyum	İyon olarak mg/l	Sr	Skala biçimi
TDS	mg/l	TDS	Tuzluluk göstergesi
İletkenlik	µs/cm	COND	TDS ile aynı
Askıda katı madde	mg/l	TSS	
Sodyum	İyon olarak mg/l	Na	Genellikle bir sorun değil
Bikarbonat	CaCO ₃ olarak mg/l	M-Alk veya Alkalilik	Skala biçimi. Bazı sularda ve/veya belli uygulamalarda "P" alkalilik test edilmeli
Klorid	İyon olarak mg/l	Cl	Korozyon habercisi
Toplam sülfür, sülfat	İyon olarak mg/l	SO ₄	Skala biçimi
Florür	İyon olarak mg/l	F	Çoğu sularda henüz az bulunmakta, tartışmaya açık
Nitrat	İyon olarak mg/l	NO ₃	Tarımsal fazlalık
Toplam organik karbon	Karbon olarak mg/l	TOC	Yararlı genel parametre
Toplam fosfat	İyon olarak mg/l	PO ₄	
Renk	APHA veya Pt-Co birimleri	APHA, TCU	Yüzey sularında çok önemli
Not: Güç işletme projelerinde kullanılan çoğu su kaynakları detaylı olarak incelenmiştir. Spesifik olarak diğer türler test edilebilir (Amonyak, fenoller, yağ, bakır, sülfid, civa gibi)			

Tablo 2. Ham su tedarikinin değerlendirilmesi için tavsiye edilen gerekli analizler (1).

5. Doğru Ekipman ve Teknoloji Seçimi

Su arıtma tesisinde üretilen su, yüksek sıcaklıklı sistemlerde kullanılacağı için sistem seçiminde hassas davranılması gerekir. Su şartlandırma yöntemi seçiminde en önemli faktör suyun kimyasal koşullarıdır. Diğer faktörleri ise kaynağın devamlılığı, uzaklığı, diğer sistemlerle uyumu, ekonomi, teknoloji, işletme, kimyasal kontrol mekanizmaları, çalıştırma sisteminin dinamikleri, bakım olarak sayılabilir. Su arıtım teknolojisi olarak farklı teknolojiler mevcuttur. Ancak bunlar ters ozmoz ve iyon değiştirici olmak üzere iki ana grupta toplanabilir. Enerji tesislerinde kullanma suyu değerlerine ulaşabilmek için birden fazla arıtma yönteminin birlikte kullanıldığı sistem uygulamaları yapılmaktadır. Bu arıtma yöntemleri aşağıda verilmektedir.

- Filtrasyon,
- Su yumuşatma,
- Dezenfeksiyon,
- Dealkalizasyon,
- Demir - mangan giderme,
- Membran teknolojisi,
- Demineralizasyon.

Su şartlandırma esnasında, kazan öncesinde veya kondenser sonrasında pH ayarı ile alkalinite azaltıcılar, korozyon kontrolü için sodyum sülfid veya elimin-Ox gibi oksijen alıcılar, fosfat, amin, kostik gibi pH iletkenlik kontrol ediciler, helemenin kullanılarak ve kazan blöfü yapılarak enerji üretim tesis su şartlandırması bir bütünü oluşturur.

a. Filtrasyon: En eski ve en çok kullanılan usullerden biridir. Suda asılı bulunan küçük tanecikleri sudan uzaklaştırmak, bulanık-lığı gidermek ve mikro-organizmaları kısmen sudan uzaklaştırmak amacıyla kullanılır.

b. Yumuşatma (sertlik giderme): Sertlik; demir, mangan, çinko, kurşun gibi iki değerlikli metal iyonlarından meydana gelmekle beraber esas itibarıyla sudaki kalsiyum ve magnezyum iyonlarından oluşmaktadır. Kireç soda yöntemi, iyon değiştirme, sodyum hidroksit ve sodyum fosfat ile yumuşatmayı sertlik giderme yöntemleri olarak sayılabilir.

c. Dezenfeksiyon: Suyun içerdiği sağlığa zararlı mikroorganizmaların sudan giderilmesi işlemine denir. Kaynatma, ultraviyole ışınlarıyla dezenfeksiyon, bakır ve gümüş gibi metal iyonlarıyla, halojenler, ozon, potasyum permanganat gibi oksidantlar ile dezenfeksiyon olmak üzere dezenfeksiyon yapılabilir.

d. Dealkalizasyon: Alkalinite ve sertlik giderimi amacıyla kurulan bu ünitelerde sudaki katyonlar alınır.

e. Demir ve Mangan Giderimi: Demir ve manganın çözünebilen şekillerinin farklı usullerle oksitlenerek çözünemeyen şekillere dönüştürülmesi ve çöktürülmesi suretiyle uzaklaştırılmasıdır.

f. Membran Teknolojisi (Ters Ozmoz): Yarı geçirgen membranlar kullanılarak sudan çözünmüş maddelerin arıtıldığı son teknoloji arıtma işlemidir.

g. Demineralizasyon: İyon değiştirme reçineleri veya elektrik akımı kullanılarak su içinde bulunan tüm iyonların giderilmesiyle çok yüksek kalitede su eldesi sağlanan işlemdir. Su içinde (-) değerlikli iyonlar anyon değiştirici tankı ile (+) değerlikli iyonlar ise katyon değiştirici tankı ile tutulur.

h. Degazör: Ters ozmoz sisteminden çıkışta konsantrasyonu yükselen çözünmüş haldeki CO₂, arıtılmış suyun PH'nın düşmesine dolayısıyla asidik özellik kazanmasına ve arıtma su iletkenliğine tekrar bir miktar artmasına sebep olmaktadır. Degazör ile cebri havalandırma yapılarak, CO₂'nin arıtılmış sudan tahliyesi ve suyun nötr özellik kazanmasını sağlar.

Kazanı etkileyen tek faktör suyun kalitesidir. Arıtma sistem seçiminde belki de en önemli kriterlerden biri de kazan ve buhar türbini çalışma değerleridir. Tablo 3'de Kazan suyu limitleri verilmektedir. Tablo 4'de bazı buhar türbin üreticileri, makineleri için buhar saflığında katı ve kesin limitlerini belirtmektedirler. Bu limitler su kalite kriterleri, set değerleri, kazan veya ısı geri kazanım buhar üretimi (HRSG) için gereklidir.

Kazan Limitleri			
Demin su	Besi suyu tankı	Kondens tankı	LP Drum & HP Drum
pH 7-8	pH 8-10	pH 8-9.5	pH 9-10
İletkenlik	İletkenlik	İletkenlik	İletkenlik
<0.2 µS/cm	3-15 µS/cm	3-15µS/cm	20-50 µS/cm
Silis <20ppb	O ₂ <20ppb	Toplam Fe <10ppb	Fosfat 2-6 ppm
	Silis<20ppb		
	Toplam Fe <10ppb		

Tablo 3. Kazan limitleri.

	ABB	GE	Westinghouse
Katyon iletkenlik, mmhos/cm (µS/cm)	<0.5	<0.2	<0.3
Çözünmüş oksijen, ppb (mg/l)			<10
Sodyum, ppb (mg/l)	10	20	<5
Klorid, ppb (mg/l)			<5
Silis, ppb (mg/l)	50	20	<10
Bakır, ppb (mg/l)			<2
Demir, ppb (mg/l)			<20
Na: PO ₄ molar oran			2.3-2.7
Toplam çözünmüş katımadde, ppb (mg/l) max.		50	

Tablo 4. Buhar türbin üreticilerinin buhar türbinleri için buhar saflık gereksinimleri (1).

6. Endüstriyel Su Arıtma Ünitesi olarak Membran Teknolojisinin Kullanılması
Membran teknolojisi ham suyun özelliğine göre tek başına kullanılmakla beraber genelde birkaç sistem birlikte kullanılır. Genel itibariyle aşağıdaki şekliyle endüstride uygulama olanağı bulunmaktadır.

6.1. Başlıca Elemanları

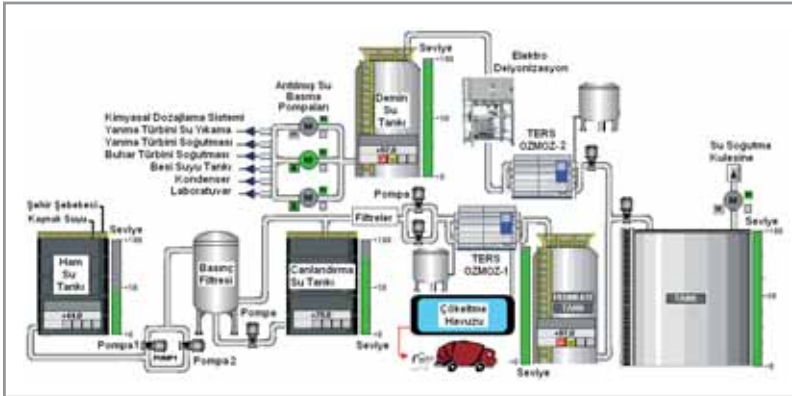
a. Ham Su Deposu: Kaynağından getirilen ham suyun işlenmeye hazır olarak tutulduğu depodur.

b. Kimyasal Dozajlama Sistemleri: RO ünitesine dezenfeksiyon kimyasalları dozlayabilen, düşük gürültü seviyesinde çalışan, debi kontrollü, probe kontrollü, otomatik veya manuel kontrollü çalışabilen pompalama üniteleridir.

c. Kum Filtreleri: Askıda katı maddelerin tutulmasını sağlayarak sudaki bulanıklık, mekanik kirlilik, tortu gibi kirlenici unsurların sudan ayrılmasını sağlayan ve genellikle zaman kontrollü olarak çalışan filtrasyon sistemidir. Bu filtreler, çeşitli tane çaplarında ve farklı miktarlarda kuartz kum içerir. 3.2-5.6 mm arasında ilk katman, daha sonra 1-2 mm tane çaplarında ikinci katman ve daha sonra da 0.4-0.8 mm tane çaplarında üçüncü ve son katman bulunmaktadır. Filtrenin çabuk tıkanması nedeniyle sık sık geri yıkama (80-100 saatte bir) gerektirir. Kum malzemesinin kaba oluşu nedeniyle kaba filtre çıkışında daha hassas süzme yapan filtrelerin kullanılması gerekmektedir.



Şekil 1. Ters ozmoz teknolojisi kullanılan bir tesis.



Şekil 2. RO ve EDI ile arıtma yapılan tipik bir tesis yerleşim planı.

d. Yumuşak Su (Permeate) Deposu: Ham suyun işlendikten sonra yumuşak su olarak kullanılmak üzere bekletilen tanktır. Yumuşak su buradan ters ozmoz ikinci ünitesine alınır.

e. Saf Su (Demineralize) Deposu: Ham suyun işlendikten sonra saf su olarak kullanılmak üzere bekletilen son istasyondur. Saf su buradan pompalar vasıtasıyla kullanım yerlerine dağıtılır.

f. Yardımcı Ekipmanlar: Su besleme pompaları, otomatik ve manuel kontrol vanaları, alçak ve yüksek basınç borulamaları, PLC kontrollü kumanda panosu ve diğer enstrümanlar.

g. Ters Ozmoz Sistemleri: Ters ozmoz teknolojisi, bilinen en hassas filtrasyon teknolojisidir. Son yıllarda geliştirilen bu teknoloji büyük şirketlerin arıtılmış su üretim tesislerinde kullanılmaktadır. Reverse Osmosis (RO) sistemi (Ters Ozmoz), suyun içerisinde bulunan kation ve anyon iyonlarının giderilme işlemidir ve %90-99.8 oranında arıtma yapan bu sistem dizayn değerleri, ham suya göre (iletkenlik, TDS) belirlenir. Çoğu RO sistemi 25°C besleme suyuuna göre dizayn edilir. Suda mikrobiyolojik aktiviteler 15-18°C'den sonra hızlı bir şekilde artış göstermektedir. Dolayısıyla RO sistemi besleme suyu sıcaklığı bakımından en verimli olduğu değerler 15-18°C aralığıdır. Bu değerlerin altında olduğu soğuk iklimlerde ise sisteme bir ısı değiştirici konulmakta ve sıcaklık yükseltilebilmektedir. Kuyu suyu RO sistemleri % 60-75 verime göre, deniz suyu sistemleri ise maksimum %30-40 verime göre

dizayn edilir. RO sistemlerinin endüstri uygulamalarında 60 psi ve 25°C'de 45 GPD (Günlük su üretimi-galon olarak) standarttır. RO sisteminde yüksek permeate akışı sağlanabilir ancak o zaman daha kısa membran kullanım süresi, kimyasal temizleme maliyetlerinin artması gibi riskler oluşacaktır. Çalışma prensibi; ters osmoz sistemi, çapraz akış filtrasyon (doğadaki ozmotik dengenin ters işleyişi) prensibine göre çalışır. Bu sistemde yüksek basınç uygulanan ham su, membranlara doğru itilir buradan ham suyun bir kısmı, yüksek basıncın etkisiyle üzerinde 1-10°A (°A= Angstrom 10⁻¹⁰ metre) boyutunda gözenekler bulunan yarı geçirgen membranın karşı tarafına geçerek saf suyu oluştururken, besleme tarafında kalan ağır konsantre su membran yüzeyini süpürerek drenaja atılır.

6.2. Ters Ozmoz Tesis Uygulaması

Hiç kuşkusuz yeni güç sistemlerinin arıtma üniteleri için seçilen teknoloji RO sistemidir. Güç sistemleri su arıtma ünitelerinde kullanılan ters ozmoz sistemleri, genellikle iki paketli olarak kullanılır bu ya birleşik ya da ayrı ayrı olarak tesis edilirler ve çalışma prensipleri aynıdır. Ters ozmoz öncesinde ham su, önce basınç filtrelerinden sonrasında ise 1° tutuculukta mekanik filtrelerden geçerek üniteye girer. Ters ozmoz ünitesine giren iyonca zengin ve sert olan ham su, set edilen iletkenlik değerinde ve bazı kirleticilerden arınmış arıtılmış su elde edilir. Sisteme giren ham su, arıtılmış ve konsantre su olmak üzere iki türde çıkmaktadır. Yumuşak su debisinin ham su debisine oranı %75 civarındadır. Bu oran suyun; işletme basıncına, sıcaklığına ve membranların kirliliğine direk bağlıdır. Besleme suyunun % 25'ini atık su (konsantre su) olarak meydana çıkarması RO sisteminin dezavantajıdır. Bu da 1/3'e tekabül eder ki bu miktar büyük bir miktardır. Konsantre su iyonca çok zengin olduğu için ilk üniteye drenaja verilir veya diğer su sistemlerinde yeniden kullanılabilir, bunlara örnek olarak soğutma kulesi make-up suyu beslemesi ve kül su sistemleri verilebilir.

Uygulama Alanları;

1. Endüstriyel proses suyu hazırlama (meyve suyu, tekstil, ilaç, elektronik, kazan besi suyu),
2. İçme suyu üretimi (deniz, yüzey, ve kuyu sularından),
3. İyon değiştirici deiyonize sistem besi suyu üretimi,
4. Atık su arıtım tesisleri,

RO Sistem Ekipmanları;

1. Paslanmaz çelik şase,
2. Ters ozmoz membranı (poliamid, poli-sülfon ve benzeri malzemeden),

3. Kaba ön filtrasyon üniteleri,
4. Paslanmaz çelik flanşlı membran kılıfı,
5. Üretim ve atık debimetreleri,
6. Pompa giriş ve çıkış manometreleri,
7. Dijital debimetre,manometre ve basınç sensörü,
8. PLC (modül üzerinden set değerlerini değiştirme ve ayar imkanı),
9. Paslanmaz çelik borulama,
10. Dijital PH ve iletkenlik ölçer,
11. Otomatik kimyasal yıkama ünitesi (CIP).

İkinci ünite konsantre çıkışı ise ham suya göre daha kaliteli bir su olduğundan konsantre su tankına, oradan da pompayla ham su tankına verilir. Su içindeki CO₂'nin membranlardan gaz olması sebebiyle kolaylıkla geçebilmesi, membranlardan geçemeyen bikarbonatların (Ca⁺, Mg⁺⁺, HCO₃⁻) çökmesine sebep olur. Bu, zamanla membranların verimliliğini azaltan tıkanıklıklara sebep olur. Bikarbonatların çökmesini engellemek amacıyla ilk ünite girişine Antiscalant kimyasalı dozajlanır. Ters ozmoz mebranlarında tıkanmalara yol açar, kısır oluşumunu engellemek amacıyla ilk üniteye suya HCl veya H₂SO₄ dozlanır. Ters ozmoz mebranlarında kolaylıkla geçen çözünmüş CO₂'nin asitlik ve iletkenliği artırıcı etkisi nedeniyle artılmış sudan tahliyesi gerekmektedir. Bu sebeple ilk ünite çıkışı artılmış su, artılmış su tankına Degazör'den geçirilerek aktarılır. Degazörde yapılan cebri havalandırma ile artılmış sudaki çözünmüş haldeki CO₂ gaz fazına geçerek artılmış sudan tahliye olur. Sonuçta artılmış suyun PH değeri nötre doğru yükseltilmiş ve CO₂ nedeniyle yükselen iletkenlik düşürülmüş olur. [H₂O+CO₂+ NaOH → NaHCO₃ + H₂O (Membranda tutulur, konsantrasyon ile atılır)].

Basınç filtrelerinden ve permeate tanktan karışım yapılarak alınan su, 500-1000µS/cm aralığında set edilen bir değerde kule için hazırlanan kule besleme tankına basılır. İkinci üniteden çıkan yumuşak su, içinde kalan diğer iyonların da alınması ve saf su kalitesine ulaşabilmesi amacıyla "Deionisation" ünitesine girer. Tablo 5'de ters ozmoz kullanan bir enerji tesisinin demineralize su için kimyasal prosedürü verilmektedir.

Kimyasal	Seyreltme oranı (%)	Dozaj şekli	Dozajlanan ver	Amaç
Antiscalant (Fosfat bazlı kimyasal)	~%10	Sürekli	RO1 öncesi	Kireç oluşumunu önlemek
NaOH (Kostik)	~%5-8	Strok aralığı otomatik	RO2 öncesi	CO ₂ 'yi tutmak, pH'ı arttırmak, iletkenliği ayarlamak, bikarbonat oluşturarak oluşunları tutmak
HCl (~%33'lük) veya H ₂ SO ₄	100lt'ye ~20cc (pH'a göre)	Sürekli	RO1 öncesi	Kireci çözmek

Tablo 5. Ters ozmoz kullanan bir enerji tesisinin demineralize su için kimyasal prosedürü.

6.3. Ters Ozmoz İle Diğer Arıtma Sistemlerinin Karşılaştırılması

Tablo 7'de kirlenmeler, bunların sebep olduğu sorunlar ve arıtma yöntemleri verilmektedir. Şekil 3 ve 4'te ise ters ozmoz ile diğer arıtma yöntemlerinin karşılaştırılmasını göstermektedir. Tablo 6, Şekil 3 ve Şekil 4'ten de anlaşılacağı üzere ters ozmoz sisteminin diğer yöntemlere göre üstünlükleri vardır.

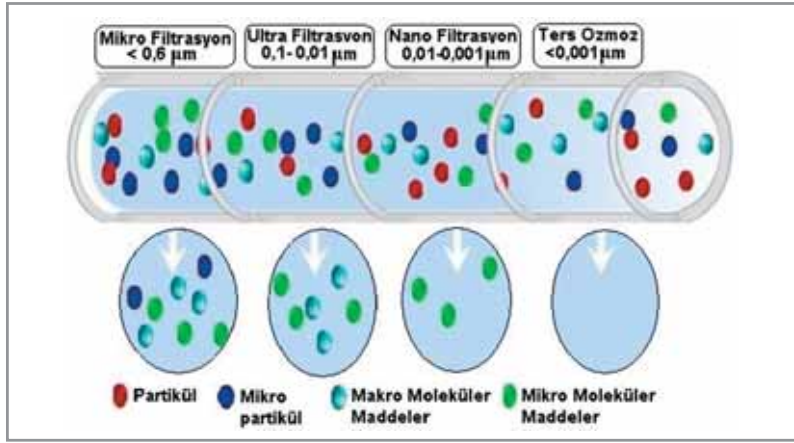
Kirlenmeler	Sorunlar	Arıtma Yöntemleri
Ağır metaller	Metalik tat, tıkanmalar	Ters ozmoz, demineralizasyon
Pestisitler, THM	Kanserojen maddeler	Ters ozmoz, demineralizasyon
Yüksek TDS, iletkenlik	Tuzluluk	Ters ozmoz, damıtma
Uçucu organik bileşikler	Koku ve THM oluşumu	Ters ozmoz, karbon filtre
Nitrat	Blue-baby hastalığı	Ters ozmoz, selektif reçine

Tablo 6. Kirlenmeler, bunların sebep olduğu sorunlar ve arıtma yöntemleri

	Deiyonizasyon	Damıtma	Ters Ozmoz
Çözünmüş İnorganik Katı Maddeler	●	●	●
Çözünmüş İnorganik Gazlar	●	●	●
Çözünmüş Organikler	●	●	●
Partiküller	●	●	●
Bakteriler	●	●	●
Pirojenler	●	●	●

● Mükemmel
● İyi
● Fakir

Şekil 3. Ters Ozmoz ile diğer arıtma yöntemlerinin karşılaştırılması.



Şekil 4. Ters Ozmoz ile bazı filtrasyonların karşılaştırılması.

6.4. Ters Ozmoz Membranları

Ters ozmozun diğer bir adı da membran teknolojisidir. Buradan da anlaşılacağı üzere ünitenin en önemli bölümü membranlardır. Bu membranlar;

- Selüloz tri asetat
- Komposit poliamid ve polisülfon gibi yarı geçirgen malzemelerden üretilir.

Membran modül şekilleri ise iki çeşit olarak kullanılır;

- Delikli içi boş membranlar,
- Spiral wound membranlar (membranın tüpün etrafına sarılması).

Membranlarda tutulan başlıca elemanlar yukarıdaki tablo ve şekillerde görülmektedir. Şekil 5'de en çok kullanılan membran tipi ve membranın kılıf içine yerleşimi görülmektedir. Membran tıkanmalarını önlemek için; iyi bir ön arıtım veya belli aralıklarda kimyasal maddelerle ve saf suyla membran temizliği yapılmalıdır.

6.5. RO Tesisi Bakım ve İşletme

- Ön (kaba) filtre basınç farkı 1 bar'ı geçince filtre değiştirilmelidir.
- RO giriş ve çıkış basınç farkı normalin %10-20 arası artış gösterirse, membran temizliği yapılmalıdır.
- RO çıkış konsantrasyon su debisi %10 artış gösterir ise membran temizliği yapılmalıdır.
- Her bir kademe bireysel olarak temizlenebilir.
- Yerinde temizleme (Clean-In-Place (CIP)) sistemi olmalı ve membranlar bu sistemle temizlenmelidir.
- Su sıcaklığındaki 1°C'lik azalma, demineralize suyun %2.5 oranında azalmasına sebep olur. Bu sebeple debi dalgalanmaları iyi irdelenmelidir. (Debi değişiklikleri her zaman membran kirlenmesi anlamına gelmez).
- Normal şartlarda membranlar 12 ayda bir temizlenmelidir.

- Yeterli izleme ekipmanları olmalıdır. (periyodik permeate akışını gözlemleyecek PLC sistemleri gibi).
- Uzun süreli duruşlarda (üç haftadan fazla) membranlar için, sodyumbisülfid ile koruma yapılabilir. Ancak uzun süreli duruşların yaratacağı mikroorganizma üremelerini engellemenin en kolay yolu, duruşlar esnasında haftada toplam 4 saat kadar sistemi çalıştırarak sistemde su üretmektir.

6.6. RO Sistemi Yıkama Yöntemleri

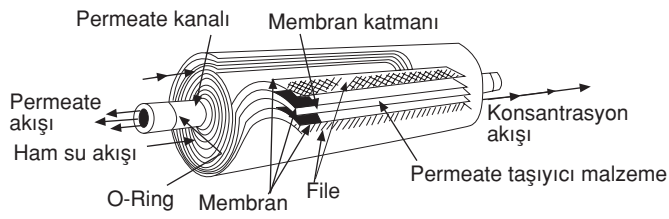
RO giriş ve çıkış basınç farkı normalin %10-20 arası artış gösterirse veya konsantrasyon su debisi %10 artış gösterir ise membran temizliği yapılmalıdır. İlk olarak asidik temizleme ve ardından bazik temizleme yapılmalı, hala debi ve basınç farkında bir düzelme olmazsa dezenfekte işlemi uygulanmalıdır. Tablo 7'da bir enerji tesisinde kullanılan ters ozmoz membranlarının tüm yıkama işlem prosedürünü göstermektedir.

6.7. Deiyonizasyon (Demineralizasyon)

Deiyonizasyon, suda bulunan bütün iyonların uzaklaştırılarak suyu saflaştırmak için kullanılan iyon değiştiricidir. Deiyonizasyon işlemi proseste yer alan ve içerisinde reçine dolgusu bulunan iyon değiştiriciler vasıtasıyla yapılır. Doğada bulunan katyon ve anyonlar ham suda da bulunmaktadır. Katyon iyonlar pozitif yüklüdürler ve sodyum (Na^+), kalsiyum (Ca^{++}) ve magnezyum (Mg^{++}) bu çeşit iyonlardır. Katyon iyonlarının giderildiği üniteye katyon değiştirici, anyon iyonlarının giderildiği üniteye de anyon değiştirici denir. Her iki cins reçineyi bir arada bulunduran hem katyonik hem de anyonik iyonların giderildiği üniteye ise karma iyon değiştirici (mix-bed) denilmektedir.

Deiyonize işleminde su önce katyon reçine yatağından geçirilerek pozitif iyonlar hidrojen (H^+) iyonları ile, daha sonrada anyon reçine yatağından geçirilerek negatif iyonlar hidroksil (OH^-) iyonları ile yer değiştirir ve su içindeki tüm iyonlar alınmış olur. Bu değişim sonunda deiyonizasyon cihazının katyonik kolonundan çıkan suda bulunan H^+ iyonları, cihazın anyonik kolonunun çıkardığı OH^- iyonları ile birleşerek suyu oluşturur ($\text{H}^+ \text{OH}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$).

Son yıllarda elektrikli paket üniteler kullanılmaktadır ve elektro-deiyonizasyon (EL-ION) olarak adlandırılır. İkinci ünite yumuşak su, set edilen $10 \mu\text{S}/\text{cm}$ iletkenlik değerinin altına düştüğünde EL-ION ünitesi devreye girer. Elektro deiyonizasyon ünitesiyle, $0.2 \mu\text{S}/\text{cm}$ 'den daha az bir iletkenlikte deiyonize su elde edilir. Ülkemizde enerji santralleri buhar kazanlarında $20 \mu\text{S}/\text{cm}$ değerine kadar



Şekil 5. Spiral wound membran ve membran kılıfı içine yerleşimi.

Yıkama İşlemi	Kullanılan Kimyasal	Kimyasal Miktarı (lt)	Kullanılacak su	Amaç	Yıkama İşlemi Sonunda
Asidik yıkama	P3-Ultrasit 75 (Muhteviyatı: Fosforik asit ve nitrik asit)	1.05	350lt demineralize su	Kireç taşını temizleme	Yıkama ünitesi tankı içindeki solüsyonun pH değerinde bir değişim olmaz (pH 2-3)
Bazik yıkama	P3-Ultrasit 10 (Muhteviyatı: Sodyum Hidroksit)	1.75	350lt demineralize su	Ölü organik maddelerin temizliği	Yıkama ünitesi tankı içindeki solüsyonun pH değerinde bir değişim olmaz
Dezenfekte	P3-Oxonia aktif (Muhteviyatı: hidrojen peroksit ve organik asitler)	1.05	350lt demineralize su	Bakteri oluşumunu engellemek ve steril etmek	Yıkama ünitesi tankı içindeki solüsyon en fazla yarım saat sirkülasyon yaptırılmış olur

Tablo 7. Bir enerji tesisinde kullanılan ters ozmoz membranlarının yıkama işlem prosedürü (3).

Parametre	Birim	Kompozit Numune 2 Saatlik	Kompozit Numune 24 Saatlik
Klorür (Cl)	(mg/l)	2000	1500
Sülfat (SO ₄)	(mg/l)	3000	2500
Demir (Fe)	(mg/l)	10	-
Balık biyodeneyi (ZSF)	-	10	-
pH	-	6-9	6-9

Tablo 8. Su yumuşatma, demineralizasyon ve rejenerasyon, aktif karbon yıkama ve rejenerasyon tesisleri için alıcı ortama deşarj standartları.



Şekil 6. Elektro Deiyonizasyon (EDI) Sistemi.

demir su kullanılmaktadır. Deiyonize su debisi; toplam giren yumuşak su debisinin %90'ı kadardır. Toplam debinin %10'u kadar konsantrasyon suyu oluşur ve konsantrasyon tankında toplanarak bir pompa ile ham su tankına basılır. Buradan çıkan deiyonize su (saf su), pH 7-8, iletkenlik $<0.2\mu\text{S}/\text{cm}$ ve Silika $<0.02\text{mg}/\text{lt}$ ($<20\text{ppb}$) özelliklerindedir ve deiyonize tankına basılır. Deiyonize tankının havalık hattı ucuna suda kalan CO_2 'i yakalayan CO_2 tutucu konulmaktadır.

Özetle; Ham su → İlk ünite + Antiscalant + HCl veya H_2SO_4 → İkinci ünite + Degazör → Arıtılmış → Deiyonizasyon → Saf su.

7. Su Arıtma Sistemleri ve Çevre

Evsel ve endüstriyel atık sular ve bünyesinde arıtma ünitesi bulunan tesisler de dahil olmak üzere yönetmelikte bazı düzenlemeler mevcuttur. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği madde-21'e göre göl ve göletlere, hiçbir şekilde arıtılmamış evsel ve endüstriyel nitelikli atık sular verilemez; madde 22-yeraltı suları ile ilgili kirletme yasakları ve düzenlemeler; madde 23-denizlerle ilgili kirletme yasakları; madde 25-kanalizasyon sistemlerine boşaltım konuları verilmektedir. Yine su kirliliği kontrolü yönetmeliği'nde aşağıdaki Tablo 8'da su yumuşatma, demineralizasyon ve rejenerasyon, aktif karbon yıkama ve rejenerasyon tesisleri için atık su verileri verilmektedir.

8. Sonuç ve Öneriler

RO sistemi, hiç kuşkusuz yeni güç sistemlerinin arıtma üniteleri için vazgeçilmez ve hala da gelişimini sürdüren bir teknolojidir. Ters Ozmoz ile diğer arıtma yöntemleri karşılaştırıldığında diğer arıtma yöntemlerine göre pekçok üstünlüğü vardır. Zira su arıtma tesislerinin başarısı su kimyasının doğru entegrasyonuna, güç ünitelerini

besleyen su kaynaklarının doğru olarak değerlendirilmesine ve uygun ekipman seçimine bağlıdır.

En önemli avantajı %90-99.8 oranında arıtma yapmasıdır. Bu demek değildir ki dört dörtlük bir sistem, besleme suyunun % 25'ini atık su (konsantrasyon su) olarak meydana çıkarması ve çoğu RO sisteminin 25°C besleme suyuna göre dizayn edilmesi bu sistemin başlıca dezavantajlarıdır.

9. Kaynaklar

- [1] Enerji Dünyası Dergisi, "Avoiding Costly Water Treatment Mistakes in Combined Cycle Power Plant Projects Part 1", sy:76-79, sayı 44, Eylül 2006.
- [2] Enerji Dünyası Dergisi, "Avoiding Costly Water Treatment Mistakes in Combined Cycle Power Plant Projects Part 2", sy:76-79, sayı 45, Ekim 2006.
- [3] Eurowater Company. Installation & Operating Instructions, Eurowater Documentation, 2004.
- [4] Tuba Küçük, Su Arıtma ve Şartlandırma Teknikleri, TTMD Dergisi 35. Sayı Eki sayı 12, 2005.
- [5] Ayen Ostim Enerji Üretim A.Ş.

Yazar;

Seyfi Şevik,

1978 Çanakkale doğumludur. Lisans eğitimini 2000 yılında GÜ T.E.F. Makine-Tesisat Bölümü'nde tamamladı. 2003 yılında Yüksek Lisans eğitimini Zonguldak Karaelmas Üniversitesi (ZKÜ) Makine Bölümü'nde tamamlayarak Bilim Uzmanı unvanı aldı. Aynı zamanda bir müddet özel sektörde çalıştı. Bir dönem İlköğretim'de öğretmenlik yaptı. ZKÜ Teknik Eğt. Fak., ZKÜ Karabük MYO ve Gazi Üniv. Teknik Eğt. Fak.'nde dışarıdan Öğretim Görevlisi olarak derslere girdi. Halen Gazi Üniv. Doktora Programı'na devam etmekte, Ayen Ostim Enerji A.Ş. ve kurucu ortağı olduğu Zirve Mühendislik Firmasındaki görevlerini sürdürmektedir.