

SANAYİDE SU VERİMLİLİĞİNİN ÜLKEMİZDEKİ DURUMU

Doç. Dr. Gökşen ÇAPAR / Ankara Üniversitesi Su Yönetimi Enstitüsü

Prof. Dr. Ükü YETİŞ / Orta Doğu Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü

1. Giriş

Dünyada çekilen suyun ortalama olarak %20'si sanayi için kullanılmaktadır. Ülkemizde 2012 yılı verilerine göre %17,2 olan ve 2030 yılında %20'ye ulaşması beklenen bu oran, dünya ortalamasına benzerdir. Avrupa'da ise ortalama olarak temin edilen suyun %40'ı endüstride kullanılmaktadır. Bu oranlar, enerji üretimini de (termik santrallerde soğutma suyu) kapsamaktadır. Sanayide enerji üretimi için kullanılan su miktarları hariç tutulduğunda ise ülkemizde endüstriyel üretim için (imalat sanayi, organize sanayi bölgeleri, maden işletmeleri) kullanılan su oranı %4'e düşmektedir (Çevresel Göstergeler, 2013). Avrupa ortalaması ise %10 olarak rapor edilmektedir (AÇA, 1999).

Avrupa'da sanayi için çekilen su oranlarının ülkelere göre değişimi Tablo 1'de verilmiştir. Görüldüğü üzere, Avusturya, Belçika, Fransa ve Hollanda gibi gelişmiş ülkelerde sanayi için tüketilen su oranları %70'in üzerindedir. Su çekimi yüzey ve yeraltı su kaynaklarından gerçekleştirilmekte; Bulgaristan, Çek Cumhuriyeti, Romanya, İsveç ve Litvanya'da çekilen yüzey suyunun toplam çekimdeki oranı %50 civarında iken, Belçika ve Macaristan'da %80 oranında yeraltı suyu çekimi yapılmaktadır (EUROSTAT, 2018).



Tablo 1. Avrupa’da Sanayi İçin Su Çekim Oranları (FAO, 2018)

Ülke	Endüstriyel Su Tüketim Oranı (%)	Ülke	Endüstriyel Su Tüketim Oranı (%)
Avusturya (2010)	77,2	Litvanya (2011)	65,9
Belçika (2009)	87,5	Hollanda (2012)	88,1
Bosna Hersek (2012)	14,8	Norveç (2007)	40,8
Bulgaristan (2012)	66,8	Romanya (2013)	67,1
Hırvatistan (2012)	22,0	Slovakya (2012)	46,0
Danimarka (2012)	19,6	Slovenya (2013)	14,2
Estonya (2014)	96,2	İspanya (2012)	17,6
Fransa (2012)	71,5	İsveç (2010)	58,5
Yunanistan (2007)	3,4	İsviçre (2012)	32,1
Macaristan (2012)	79,5	Türkiye (2012)*	17,2
İzlanda (2015)	71,1		

*Çevresel Göstergeler Kitapçığı (2013)

Sheele ve Malz’a göre (2007) Avrupa’da 1980’ler ve 1990’larda daha az su tüketen yeni üretim teknolojilerinin hayata geçirilmesiyle gelişmiş Avrupa ülkelerinde sanayide su tüketimi azalmıştır. Örneğin, İkinci Dünya Savaşı’ndan önce çelik endüstrisi için 60-100 ton olan spesifik su tüketimi 2000’li yıllarda 6 tonun altına düşmüştür. Su arıtımı ve geri kazanımının yanı sıra suyun kullanıldığı proseslerde su tasarrufu sağlanabilmesi için su verimliliği odaklı yaklaşımlara ihtiyaç vardır. Basınçlı ve düşük hacimli hortum başlıkları, otomatik kapatma sistemleri, düşük su tüketimli spreyler, tank temizliği için sprey toplar, sıcak suyla yıkama yerine buhar ve ultrasonik temizlik gibi uygulamalar mevcuttur (Gunderson, 2018).

2. Ülkemizde Durum

Ülkemizde sanayide kullanılan su miktarları TÜİK verilerine göre değerlendirilmiş, sonuçlar Tablo 2’de verilmiştir. Görüldüğü üzere, temin edilen ve tüketilen proses suyu miktarlarının en yüksek olduğu sektörler; gıda, tekstil, giyim eşyaları, kağıt ve kağıt ürünleri, kok kömürü ve rafine edilmiş petrol ürünleri, kimyasalların ve kimyasal ürünlerin imalatı, diğer metalik olmayan mineral ürünlerin imalatı ve ana metal sanayii ürünlerinin imalatıdır. Bu sektörler arasında kaybedilen su miktarının en yüksek olduğu ilk üç sektör; gıda ürünleri imalatı, tekstil ürünleri imalatı ve metalik olmayan mineral ürünlerin imalatıdır. Kaybedilen su miktarı, ürün bünyesinde kalan (örneğin içecekler), buharlaşan vb. nedenlerle sistemin dışında kalan ve doğrudan kullanılabilir olmayan su olarak tanımlanmıştır.

Tablo 2. NACE Kodlarına Göre Sanayide Su Tüketimi (TÜİK, 2016)

İktisadi faaliyet kodu (NACE Rev.2)	İktisadi faaliyet kod (NACE Rev.2) tanımı	Temin edilen su miktarı (1000 m ³)	Tüketilen proses suyu miktarı* (1000 m ³)	Sektörde kaybedilen su** (%)
10	Gıda ürünlerinin imalatı	132326,67	110112,62	2,4
11	İçecek imalatı	13744,07	11902,37	0,20
12	Tütün ürünleri imalatı	742,34	401,29	0,04
13	Tekstil ürünlerinin imalatı	176182,30	160477,30	1,72
14	Giyim eşyalarının imalatı	22870,19	14318,34	0,94
15	Deri ve ilgili ürünlerin imalatı	3364,48	2648,68	0,08
16	Ağaç, ağaç ürünleri ve mantar ürünleri imalatı (mobilya hariç); saz, saman ve benzeri malzemelerden örülerek yapılan eşyaların imalatı	8014,76	6995,49	0,11
17	Kâğıt ve kâğıt ürünlerinin imalatı	27687,64	25463,62	0,24
18	Kayıtlı medyanın basılması ve çoğaltılması	483,96	62,68	0,05
19	Kok kömürü ve rafine edilmiş petrol ürünleri imalatı	25364,26	21458,85	0,43
20	Kimyasalların ve kimyasal ürünlerin imalatı	358434,19	354436,00	0,44
21	Temel eczacılık ürünlerinin ve eczacılığa ilişkin malzemelerin imalatı	2907,06	2073,16	0,09
22	Kauçuk ve plastik ürünlerin imalatı	9884,66	5639,08	0,47
23	Diğer metalik olmayan mineral ürünlerin imalatı	67941,60	54509,69	1,47
24	Ana metal sanayii	17481,57	14173,09	0,36
25	Fabrikasyon metal ürünleri imalatı (makine ve teçhizat hariç)	10359,68	5171,91	0,57
26	Bilgisayarların, elektronik ve optik ürünlerin imalatı	650,41	0,00	0,07
27	Elektrikli teçhizat imalatı	7523,99	3840,01	0,40
28	Başka yerde sınıflandırılmamış makine ve ekipman imalatı	6318,28	1649,01	0,51
29	Motorlu kara taşıtı, treyler (römork) ve yarı treyler (yarı römork) imalatı	12740,69	7235,74	0,60
30	Diğer ulaşım araçlarının imalatı	1012,40	525,85	0,05
31	Mobilya imalatı	3177,59	783,37	0,26
32	Diğer imalatlar	1648,37	943,88	0,08

33	Makine ve ekipmanların kurulumu ve onarımı	570,35	64,20	0,06
TOPLAM		1822863,02	1609772,38	

Kapsam: 2016 yılında 50 kişi ve üzerinde çalışanı olan Türkiye'deki tüm imalat sanayi yerel birimlerdir.

*Tüketilen proses suyu miktarına proses suyu, takviye kazan suyu, soğutma suyu, gaz türbünü NOx enjeksiyon sistemi suyu, su hazırlama ünitesinde kullanılan su, baca gazı desülfürizasyon tesisi suyu, hidrant testleri ve sistematik kaçaklar, klima, atıksu arıtma tesisinde kullanılan su, kazanaltı **cüruf teknesi katma suyu, kül nemlendirme ve sevk suları dahil edilmiştir.**

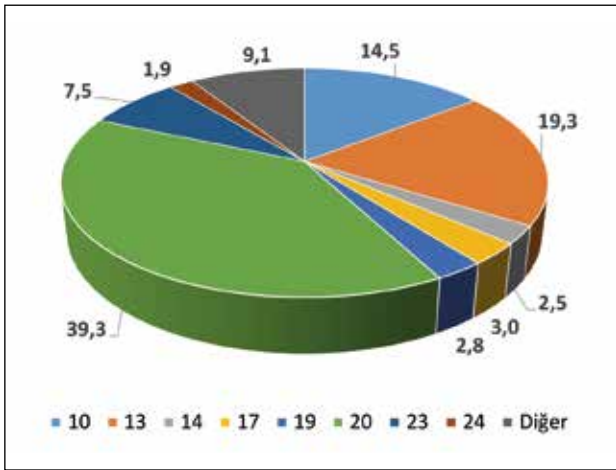
**Sektörde kaybedilen su, temin edilen ve tüketilen su miktarlarının farkının, toplam temin edilen su miktarına bölünmesi ile elde edilmiştir.

Şekil 1'de görüldüğü gibi su temininde en büyük pay %39,3 ile kimyasalların ve kimyasal ürünlerin imalatına aittir. Bu sektörü %19,3 ve %14,5 ile sırasıyla tekstil ürünlerinin imalatı ve gıda ürünlerinin imalatı izlemektedir. Su tüketimindeki oranlar da, benzer şekilde aynı sektörel dağılımı göstermektedir (Şekil 2). Tekstil sektöründe yüksek su kullanımı, sektördeki tesislerin büyük bir çoğunluğunun nispeten su kaynaklarının sınırlı olduğu Marmara Bölgesi'nde olması gerçeği nedeniyle su kaynakları üzerinde ciddi baskılara neden olmaktadır. Bu nedenle sektörde yüksek teknolojinin uygulanması su tüketimini azaltmaya yönelik Mevcut En İyi Teknik (MET) uygulamalarının yaygınlaştırılması önemli bir ihtiyaç olarak görülmektedir. MET uygulamalarının ve beraberinde atıksu geri kazanımının

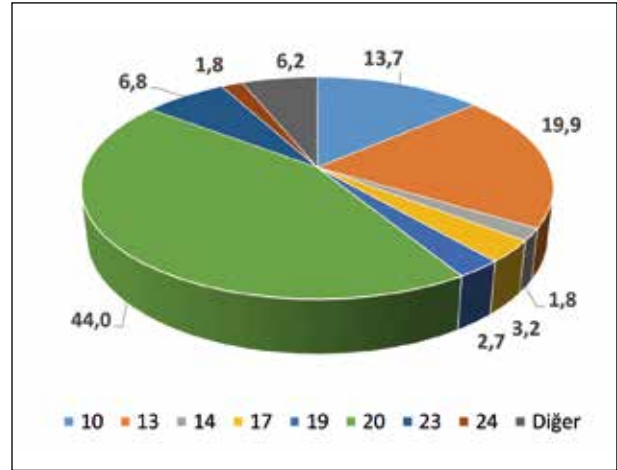
yaygınlaştırılması, su verimliliği açısından sektöre önemli bir katkı yapacaktır.

Ülkemiz GSYİH içindeki payı %2,7 olan tekstil ürünleri imalatının endüstriyel su tüketimindeki payı %19 olup ıslak işlemlerin ardından uygulanan kurutma prosesleri nedeniyle meydana gelen kayıpların yoğunluğuna işaret etmektedir.

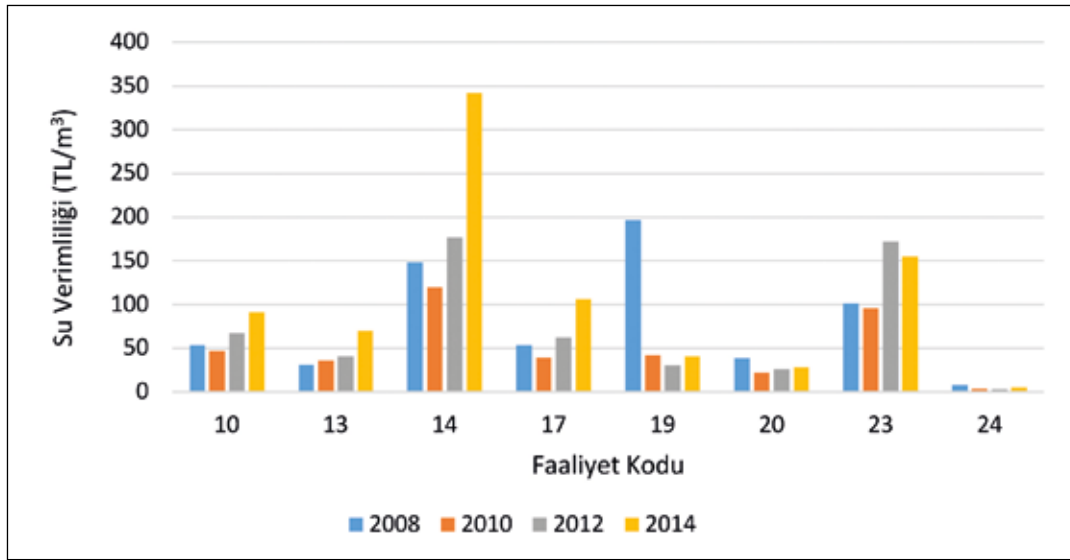
Su verimliliği göstergesi (TL/m³) cinsinden bir değerlendirme yapıldığında, tekstil sektörünün yüksek su tüketimine rağmen yarattığı yüksek katma değer nedeniyle ana metal sanayi ve kimyasalların üretimi sektörlerinden daha iyi durumda olduğu görülmektedir (Şekil 3). Ayrıca 2014 yılında, önceki yıllara göre su verimliliğinin arttığı görülmektedir.



Şekil 1. Sektörlere (NACE Ver 2 kodları) Göre Su Temini Dağılımı



Şekil 2. Sektörlere (NACE Ver 2 kodları) Göre Su Tüketimi Dağılımı



Şekil 3. Seçilen Faaliyetlerde Su Verimliliğinin Yıllara Göre Değişimi

Su verimliliği göstergesi ile değerlendirildiğinde, en ciddi iyileşme ihtiyacının ana metal sektöründe olduğu görülmektedir. Ana metal sektörünü kimyasalların imalatı izlemektedir. Öte yandan, giyim eşyalarının imalatı ve metalik olmayan mineral ürünlerin imalatı sektörleri, yarattıkları katma değer ve su tüketimi açısından en iyi performansı gösteren sektörlerdir. Bu sektörlerde, 2012 ve 2014 yıllarına bakıldığında, daha önceki yıllara göre önemli derecede iyileşme olduğu görülmektedir.

3. Sonuç ve Değerlendirme

Endüstriyel su tüketimindeki beklenen artışın, iklim değişikliğinin su kaynaklarına olan etkisi ve diğer baskılar nedeniyle yakın gelecekte ülkemiz için ciddi bir sorun olabileceği öngörülmektedir. Özellikle gıda imalatı, tekstil imalatı ve kimyasalların üretimi gibi yoğun su tüketen sektörlerde su verimliliğini esas alan uygulamaların hayata geçirilmesi önem taşımaktadır.

İncelenen sektörlerde birim üretim başına kullanılan su miktarları tam olarak bilinmemektedir.

Hiç şüphesiz ki daha nitelikli bir su verimliliği değerlendirmesi yapılabilmesi için birim üretim başına kullanılan su miktarlarının tüm alt sektörler için bilinmesi gereklidir.

Kaynaklar

1. AÇA, 1999. Environmental Assessment Report of No 1: Sustainable Water Use in Europe, Share 1: Sectoral Use of Water
2. Çevresel Göstergeler Kitapçığı, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2013.
3. EUROSTAT, 2018 http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Archive: Water_use_in_industry
4. FAO, 2018. <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/query/results.html>
5. Gunderson, 2018. <https://www.waterworld.com/articles/iww/print/volume-13/issue-6/feature-editorial/less-water-more-technology.html>
6. Scheele, U. & S. Malz (2007): Water demand and water use in the domestic and industrial sectors - An overview. In: Lozán, J. L., H. Grassl, P. Hupfer, L.Menzel & C.-D. Schönwiese. Global Change: Enough water for all? Wissenschaftliche Auswertungen, Hamburg. 384 S. Online: www.klima-warnsignale.uni-hamburg.de
7. TÜİK, 2018.

toplam/fekal koliform ve diğer mikroorganizmaların konsantrasyonları azaltılabilir ve MBR çıkışları direk geri kullanıma (boyama, yıkama, durulama vb.) uygun hale gelebilir. Pilot MBR sisteminde UF modülleri kullanıldığı için virüs giderimlerinin ancak 2-3 log seviyelerinde olması beklenmektedir. Dolayısıyla, MBR çıkışlarında virüsler mevcut olacaktır ve MBR çıkışlarının geri kullanım öncesi mutlaka UV dezenfeksiyonuna tabii tutulması gerekmektedir. MBR çıkışlarının RO arıtımı sonrası RO çıkışlarında fekal ve toplam koliformların ve virüslerin genel olarak mevcut olmaması, deteksiyon limitlerine düşmesi beklenmektedir. Ancak MBR+RO çıkışlarının da güvenlik açısından üretim proseslerinde geri kullanım öncesi UV dezenfeksiyonundan geçirilmesi önerilmiştir.

4.Sonuç ve Öneriler

Ağırlıklı olarak yünlü kumaş üretimi yapan entegre bir tekstil işletmesinde yürütülen bu çalışma kapsamında üç ayrı atıksu akımı (tops-elyaf, boyahane ve apre) ve boru sonu kompozit atıksular kalite ve miktarları açısından analiz edilmiştir. Atıksu karakterizasyonu çalışmalarından elde edilen sonuçlara göre, üretim programlarına ve uygulanan boyama reçetelerine bağlı olarak ayrı atıksu akımlarında pikler ve salınımlar bulunmuştur. Bu nedenle, tüm akımların karıştığı kompozit atıksuyun yeniden kullanım için daha uygun olduğu görülmüştür. Farklı test koşullarında pilot ölçekli aerobik MBR sisteminde arıtılabilirlik ve su geri kazanımı çalışmaları kompozit atıksu kullanılarak yürütülmüştür. Pilot MBR'da yürütülen arıtılabilirlik çalışmalarında; KOİ, BOİ₅, AKM, TN, TP ve renk ortalama giderim verimleri sırasıyla %67, 74, 86, 28, 43 ve 62 olarak bulunmuştur. MBR ürün suyunda ağır metal konsantrasyonları ise 1 mg/L'nin altında bulunmuştur. Pilot MBR sisteminde evsel atıksuların da dâhil olduğu boru sonu kompozit atıksular kullanıldığı için, MBR çıkış suyunda virüslerin bulunması olasılığına karşın, MBR çıkış sularının UV dezenfeksiyon işleminden sonra üretim proseslerinde geri kullanılması önerilmiştir. Gerçek tesis yatırımı yapılması durumunda, talep edilen su karakterine göre tüm bakterilerin ve virüslerin giderilmesi hedeflenirse, MBR+RO+UV prosesi önerilmektedir. MBR+UV ve/veya MBR+RO+UV

çıkış sularının boyama ve diğer proseslerde geri kullanımının mümkün olduğu tespit edilmiştir.

MBR çıkış sularının içerdiği çözünmüş tuzlar nedeniyle bazı boyama testlerinde boyama verimini artırdığı bulunmuştur. Yapılan boyama ve ürün kalitesi testlerinde, MBR çıkış sularının özellikle orta ve koyu renk tonlarında, ürün kalitesini ve tekstil haslıklarını bozmadığı tespit edilmiştir. Hatta bazı testlerde MBR çıkış suları proses suyuna göre daha iyi ürün kalitesi sağlamıştır. MBR+RO+UV çıkış suları ile yapılan boyama ve ürün testleri de çok başarılı sonuçlar vermiştir. Sonuç olarak, tesisdeki kompozit atıksuların MBR+UV ve/veya MBR+RO+UV prosesleriyle arıtılarak üretimin farklı noktalarında geri kullanılabilmesi sonucuna varılmıştır. Geri kazanılmış sularla yapılan boyama ve ürün kalitesi testleri de atıksu geri kazanımının işletmede uygun olduğunu göstermiştir.

Kaynaklar

- APHA (2005) Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 21st Edition, American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation, Washington DC.
- Bulut F.B., 2011. Tekstil endüstrisinde atıksuların entegre membran arıtma sistemi ile arıtımı ve geri kullanımı. Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Denizli, 63s.
- Can Y., 2014. Tekstil sektöründe su kullanımı ve atık su yönetimi. II. Uluslararası Çevre ve Ahlak Sempozyumu (ISEM 2014), 24-26 Ekim, Adıyaman, 823-829.
- Öztürk E, Köseoğlu H, Karaboyacı M, Yiğit NO, Yetiş Ü, Kitiş M, 2016. Sustainable textile production: cleaner production assessment/eco-efficiency analysis study in a textile mill, J. Clean Prod. 138(2), 248-263.
- Öztürk E., Karaboyacı M., Yetiş Ü., Yiğit N.O., Kitiş M., 2015. Evaluation of integrated pollution prevention control in a textile fiber production and dyeing mill. J. Clean Prod. 88, 116-124.
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), 2016. İmalat sanayi su, atıksu ve atık istatistikleri. Basın odası haberleri, sayı: 13/2016. <http://tuik.gov.tr/basinOdasi/haberler/2016>
- Yükseler H., Uzal N., Şahinkaya E., Kitiş M., Dilek F.B., Yetiş Ü., 2017. Analysis of the best available techniques for wastewaters from a denim manufacturing textile mill. J. Environ. Manage. 203, 1118-1125.