







Hemodiyaliz Dünyanın Suyunu Tüketiyor: Ters Osmozdan Atılan Suyun Analizi ve Kullanılabilir Olması

Hemodialysis Consumes the World's Plenty of Water Water: the Analysis of Water Discharged from Reverse Osmosis and Usefulness

Sultani Akbaş YEŞİL¹ , İlhan ASANA² , Zelal ADIBELLİ³ , Hafize KURT⁴ ,
Soner DUMAN⁵ , Ender HÜR⁶ 

Özet

Amaç: Hemodiyaliz su sisteminde ham su; şebeke veya artezyen suyunu, saf su ise; konsantr hemodiyaliz çözeltilerinin seyreltilmesinde kullanılan artırılmış suyu tanımlamaktadır. Saf su üretilirken ters ozmoz cihazından açığa çıkan ve çoğu kez kanalizasyona atılan "reddedilen su" ile tedavi sonrası hasta kanı ile temas etmiş hemodiyaliz atık suyu terim olarak karıştırılmaktadır. Çalışmada amacımız reddedilen suyun kalitesini göstererek atılmasını engellemektir.

Gereç ve Yöntem: Hemodiyaliz dünyanın suyunu tüketiyor isimli çalışma için Manisa Celal Bayar Üniversitesi Etik Kurulundan onay alınmıştır. Suyun yüksek basınç altında yarı geçirgen zardan geçirilerek içindeki zararlı ve kirletici maddelerden filtrelenme işlemi ters ozmoz sisteminin temel prensibidir. Çalışmamızda ters ozmoz su arıtma sisteminde çıkan ve kanalizasyona giden suyun mikrobiyolojik ve kimyasal yönden analizi yapılmıştır.

Bulgular: Merkezefendi Devlet Hastanesi hemodiyaliz ünitesinde su sisteminin farklı noktalarından tekniğine uygun şekilde su örnekleri alınarak Afyonkarahisar Halk Sağlığı Laboratuvarında mikrobiyolojik ve kimyasal testler yapılmıştır. Ters Osmoz su sisteminde giriş, arıtım sonrası, tanklar arası ve reddedilen su bölümleri olmak üzere dört farklı noktadan alınan su örneklerine yapılan analizler sonucunda bu bölümlerin tamamı mikrobiyolojik yönden (Enterococ/Fecal streptococ, E.Coli, toplam coliform) steril, Alüminyum ve Demir düzeyleri sıfır bulunmuştur. Amonyum sırasıyla 0,15, 0,13, 0,12 ve 0,13 mg/L; kondoktivite ise 540, 546, 492, 623 mS/cm, koku bulanıklık ve renk açısından uygun, pH 7,50-7,70, aynı zamanda Türkiye ve ABD EPA standart aralığında değerlendirilmiştir.

Abstract

Introduction: In the hemodialysis water system, "raw water" refers to mains or artesian water, while "pure water" denotes the purified water used for diluting concentrated hemodialysis solutions. There is often confusion between "rejected water," which is discharged from the reverse osmosis device and usually discarded into the sewer, and hemodialysis wastewater, which comes into contact with a patient's blood post-treatment. Our study aims to assess the quality of this rejected water and explore ways to repurpose it rather than disposing of it.

Material and Method: Approval was obtained from the Manisa Celal Bayar University Ethics Committee for the study titled "Hemodialysis Consumes the World's Water." The fundamental principle of the reverse osmosis system is to filter water from harmful and contaminating substances by passing it through a semi-permeable membrane under high pressure. In our study, we conducted microbiological and chemical analyses of the water discharged from the reverse osmosis water treatment system into the sewer.

Results: Microbiological and chemical tests were conducted at the Afyonkarahisar Public Health Laboratory by taking water samples using the appropriate technique from various points within the hemodialysis unit's water system at Merkezefendi State Hospital. The analyses of water samples from four different points in the reverse osmosis water system, including the inlet, post-treatment, inter-tank, and rejected water sections, revealed that all these sections were microbiologically sterile (Enterococ/Fecal streptococ, E. Coli, total coliform). Additionally, Aluminum and Iron levels were found to be zero. The Ammonium levels were 0.15, 0.13, 0.12, and 0.13 mg/L, respectively, and.

Geliş Tarihi / Submitted: 20 Haziran/June 2023

Kabul Tarihi / Accepted: 29 Eylül/September 2023

1 Hemşire, Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Hemşirelik Bölümü, Manisa, Türkiye

2 Diyaliz Teknikeri, Manisa Şehir Hastanesi, Hemodiyaliz Bölümü, Manisa, Türkiye

3 Doç. Dr., Uşak Üniversitesi Tıp Fakültesi, Nefroloji Bilim Dalı, Uşak, Türkiye

4 Uzm Dr., Manisa Şehir Hastanesi, Nefroloji Bölümü, Manisa, Türkiye

5 Prof. Dr., Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi, Nefroloji Bilim Dalı, İzmir, Türkiye

6 Prof. Dr., Uşak Üniversitesi Tıp Fakültesi, Nefroloji Bilim Dalı, Uşak, Türkiye

İletişim yazarı / Correspondence author: Ender HÜR / **E-posta:** ender.hur@usak.edu.tr, **Adres:** Uşak Üniversitesi Tıp Fakültesi, Ankara İzmir Yolu 8.Km Bir Eylül Kampüsü, Merkez / UŞAK

Sonuç: Bu çalışma ile ters ozmoz sisteminde reddedilen suyun her türlü amaç için kullanılabilir olduğu gösterilmiştir. Dünyada su kaynaklarının giderek azaldığı dikkate alındığında, kanalizasyona giden, ekonomiye ve doğal çevreye yük olan bu durumun önüne geçilerek bu durumda, suyun tasarruf edilebilir olmasını gösteren ulusal anlamda ilk çalışmadır.

Anahtar Kelimeler: Hemodiyaliz; Ters Osmoz; Atık Su; Yeşil Diyaliz

GİRİŞ

Kronik böbrek hastalığı (KBH) üç ay veya daha uzun süreli böbrek yapı veya fonksiyonlarının bozukluğu olarak tanımlanmaktadır. Etiyolojiye, glomerüler filtrasyon hızı ve albuminüri kategorilerine göre sınıflandırılmaktadır (1). Son dönem böbrek hastalığı (SDBH) olan hastalara hemodiyaliz (HD), periton diyalizi veya böbrek nakli olmak üzere hastaya özgü böbrek yerine koyma tedavileri seçilmektedir (2).

Dünya çapında ve ülkemizde en yaygın böbrek yerine koyma tedavisi HD dir. Kayıtlara göre 2018'de dünya çapında üç milyonun üzerinde hastaya diyaliz tedavisi uygulanmaktadır, bunların %90'a yakını HD ve kalanı periton diyalizi almaktadır (3). Nitekim dünya genelinde diyalize giren insan sayısının her yıl artması ve 2025 yılına kadar beş milyona yaklaşması beklenmektedir (4). Diyaliz tedavisi için ihtiyaç duyulan kaynaklar, tedavi sonunda meydana gelen atıklar ve beklenen rakamlar dikkate alındığında bu tıbbi müdahalenin çevre-sel etkisinin büyüklüğü, açıkça görülmektedir (5). Türkiye'de her altı kişiden birinde KBH vardır. SDBH nedeniyle HD tedavisi alan 57.920 hasta vardır ve bu hastaların %88'i haftada 3 seans HD tedavisi görmektedir (6). Bu hastalara yılda 903.552 seans yapılmakta olup, tedavide kullanılmak üzere 1.084.262 m³ saf suya ihtiyaç duyulmaktadır. Kanalizasyona giden su miktarı iki katı olup yaklaşık 2.500.000 m³ olarak hesaplanmıştır. Boşa giden su, kanalizasyona yük olmakta aynı zamanda atık su

the conductivity was measured as 540, 546, 492, 623 mS/cm. The water was deemed suitable in terms of odor, turbidity, and color, with a pH range of 7.50-7.70, falling within the standard range established by the Turkish and USA EPA

Conclusion: This study demonstrates that the water rejected in the reverse osmosis system can be used for all kinds of purposes. Given the decreasing availability of the world's water resources, this research represents the first national study showing that water can be conserved by preventing the disposal of water into the sewerage system, which places a burden on the economy and the natural environment.

Key Words: Hemodialysis; Reverse Osmosis; Rejected Water; Green Dialysis

olarak fatura ödenmektedir. Bu durum doğaya ve ekonomiye zarar vermektedir.

Amaç

Bu çalışmanın amacı, harcanan suya oranla atılan suyun çok büyük boyutta olduğuna dikkat çekmek, atılan suyun analizinin yapılarak kanalizasyona giden ve ekonomiye yük olan suların tasarruf edilmesini sağlayarak bu alanda ulusal ve uluslararası ölçekte farkındalığın artırılmasıdır.

GEREÇ VE YÖNTEM

Çalışma için Manisa Celal Bayar Üniversitesi Etik Kurulun'dan onay alınmıştır. Hemodiyaliz su sisteminde ham su; şebeke veya artezyen suyunu, saf su ise; konsantre HD çözeltilerinin seyreltilmesinde kullanılan arıtılmış suyu tanımlamaktadır. Saf su üretilirken ters ozmoz (RO) cihazından açığa çıkan ve çoğu kez kanalizasyona atılan "reddedilen su" ile tedavi sonrası hasta kanı ile temas etmiş HD atık suyu terim olarak karıştırılmaktadır.

Suyun yüksek basınç altında yarı geçirgen zardan geçirilerek içindeki zararlı ve kirletici maddelerden filtrelene işlemi RO sisteminin temel prensibidir. Çalışmamızda RO su arıtma sisteminde çıkan ve kanalizasyona giden suyun mikrobiyolojik ve kimyasal yönden analizi yapılmıştır.

pH; Bir solüsyonun asit baz özellik gösterme derecesini gösterir. pH, ortamda bulunan hidrojen iyon derişiminin negatif ($pH = -\log [H]$). Kimyasal işlemlerde ve biyolojik işlemlerde organizma

aktivitesini etki eder. İletkenlik; Suda çözünenlerin bulunduğu bir ortamda bu çözeltinin elektriği iletme yeteneğinin sayısal değeridir, sudaki mevcut iyonların toplam ve göreceli derişimlerine, hareketliliğine, değerliğine ve ölçülen sıcaklığına göre değişir. Suyun iletkenliği tespit edilerek, suda bulunan iyonların miktarı yaklaşık olarak belirlenebilir.

Merkezefendi Devlet Hastanesi HD ünitesinde su sisteminin farklı noktalarından tekniğine uygun şekilde su örnekleri alınarak (Şekil 1), Afyonkarahisar Halk Sağlığı Laboratuvarında içme kullanma suyu analizi için kullanılan mikrobiyolojik ve kimyasal testler (alüminyum, demir ve amonyum düzeyi) için ölçümler yapılmıştır. Tetkikler yapılırken 08/05/2005 ve 25809 sayılı “Su Arıtma Sistemi Yönergesi “İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik” Ek-1a, b ve c Mikrobiyolojik / Kimyasal Parametreler ile Gösterge Parametreleri değerlendirilmiştir.

BULGULAR

Merkezefendi Devlet Hastanesi HD ünitesinde RO su sisteminde giriş, arıtım sonrası, tanklar arası ve reddedilen su bölümleri olmak üzere dört farklı noktadan su örnekleri alınmıştır.

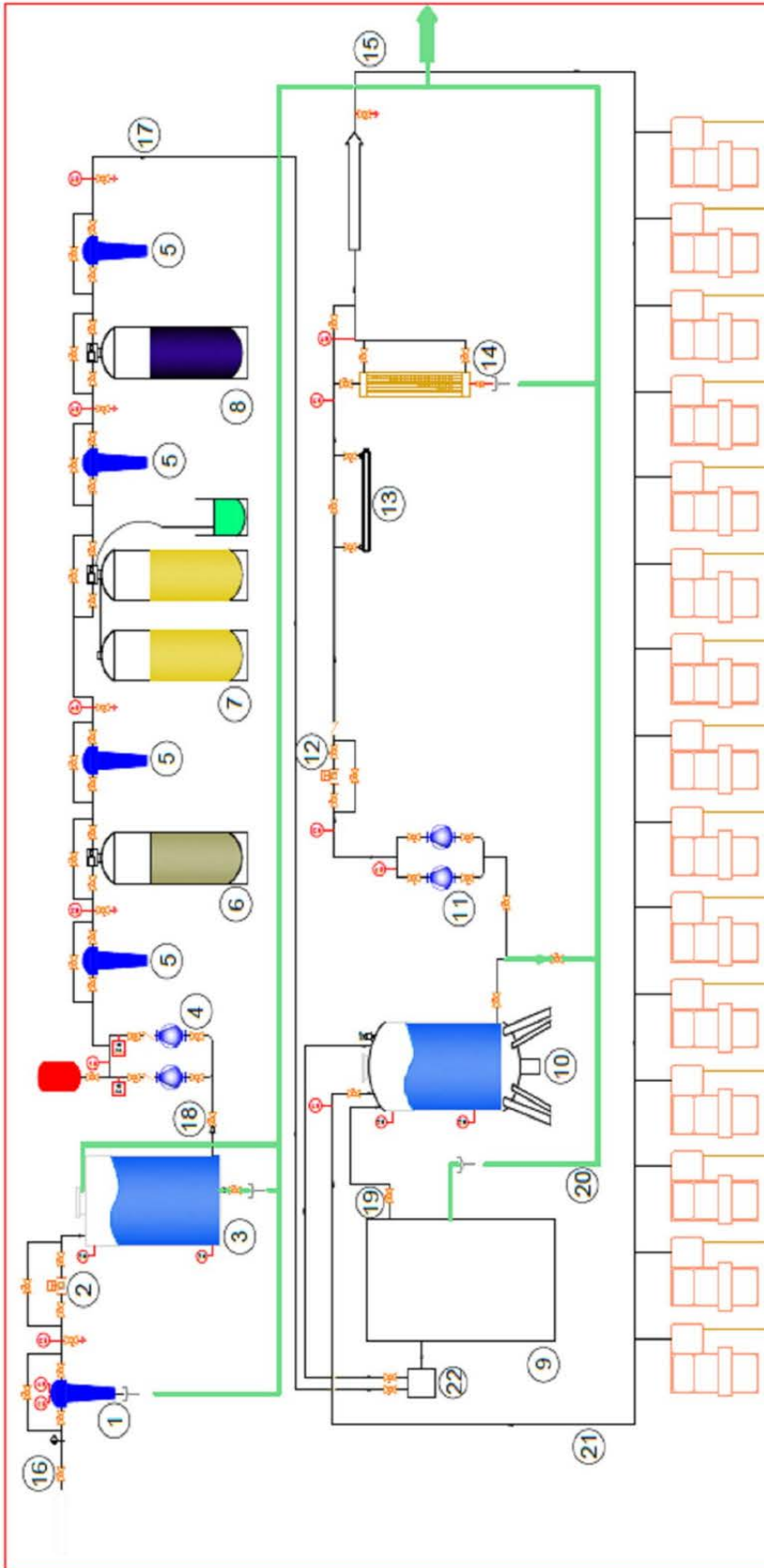
Su örnekleri 16-17-20-22 numaralı yerlerden alınmıştır (Şekil 1).

Yapılan analizler sonucunda bu bölümlerin tamamı mikrobiyolojik yönden (Enterocuc/Fecal streptococ, E. Coli, toplam coliform) steril, Alüminyum ve Demir düzeyleri sıfır bulunmuştur. Amonyum sırasıyla 0.15, 0.13, 0.12 ve 0.13 mg/L; kondoktivite ise 540, 546, 492, 623 mS/cm, koku bulanıklık ve renk açısından uygun, pH 7.50-7.70, aynı zamanda Türkiye ve ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA) standart aralığında değerlendirilmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Merkezefendi Devlet Hastanesi Hemodiyaliz Ünitesi Su Analizi

ANALİZ	METOD	RO Giriş 16*	RO Arıtım Sonrası 17*	RO Tanklar Arası 22*	RO Reddedilen Su 20*	Türkiye Standartları	ABD EPA Standartları
Enterocuc/Fecal streptococ/100mL	TS EN ISO 7899-2	0	0	0	0	0	0
E Coli MPN/100 mL	TS EN ISO 9308-1:2014	0	0	0	0	0	0
Toplam coliform MPN/100 mL	TS EN ISO 9308-1:2014	0	0	0	0	0	0
Kondaktivite mS/cm	TS 9748EN 27888	540	546	492	623	<2500	<2500
pH	TS EN ISO 10523	7.50	7.66	7.00	7.70	6.5-9.5	6.5-8.5
Koku (TKEDY)	Fiziksel	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun	Kokusuz	Kokusuz
Bulanıklık (TKEDY)	Fiziksel	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun	Transparan	Kokusuz
Renk (TKEDY)	Fiziksel	Uygun	Uygun	Uygun	Uygun	Renksiz	Renksiz
Alüminyum mcg/L	EPA Metod 6020 A	0	0	0	0	200	50
Demir mcg/L	EPA Metod 6020 A	0	0	0	0	200	300
Amonyum mg/L	TS 7159	0.15	0.13	0.12	0.13	<0.5	<0.8

(08/05/2005 ve 25809 sayılı “Su Arıtma Sistemi Yönergesi “İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik” Ek-1 a, b ve c Mikrobiyolojik / Kimyasal Parametreler ile Gösterge Parametreleri “*” Su örneği alınma yerleri için Şekil 1’e bakınız)



SİSTEM ŞEMASI 1A&1 RO (Tek Aktif Karbon- Filtreli ve Tek RO Cihazlı)

1. Yıkanebilir Çelik Filtre	11. Acil Durum Saf Su Besi Pompası	18. Numune: İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik ek 1a bco
2. Otomatik Depo Dolun Sistemi	12. Otomatik Bay-pass Sistemi	Sayaç: akış,ph, iletkenlik
3. Ham Su Deposu	13. UV Sterilizasyon Sistemi	Numune: Diyaliz Suyu Mikrobiyal Kontaminasyon, Bakteriye Endotoksin, Diyaliz Kimyasal
4. Ham Su Besi Pompası	14. Bakteri & Endoksin Filtresi	Sayaç: akış,ph, iletkenlik
5. Kartuş Filtrasyon Sistemleri	15. Saf Su Tesiye Hattı	Numune: İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik ek 1a bco
6. Otomatik Multimedia Filtre Sistemi	16. Numune: İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik ek 1a bco	Sayaç: akış,ph, iletkenlik
7. Otomatik Tandem Yumuşatma Sistemi	Sayaç: akış,ph, iletkenlik	Diyaliz salınurundan geri dönen fazla saf su.
8. Aktif Karbon Filtre Sistemi	17. Numune: İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik ek 1a bco	Ara tank RO besleme (ön arıtım + saf su) Numune: İnsani Tüketim Amaçlı Sular
9. Online/ Offline RO Sistem	Sayaç: akış,ph, iletkenlik	Hakkında Yönetmelik ek 1a bco Sayaç: akış,ph, iletkenlik
10. Saf Su Deposu		

Şekil 1. Sistem şeması

Tablo 2. Hastane içi üniteden ve banliyö uydü ünitesinden alınan numunelerin ABD Çevre Koruma Ajansı (EPA) içme suyu standartlarıyla karşılaştırılması

	HD1	RO RW1	HD2	RO RW2	US EPA standard
Aluminium mg/L	0.01	0.01	0.01	0.01	<0.05
Arsenic mg/L	0.001	0.001	0.001	0.001	<0.01
Cadmium mg/L	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	<0.005
Copper mg/L	0.021	0.009	1.3	0.01	<1.3
Iron mg/L	0.05	0.02	0.02	0.02	<0.3
Lead mg/L	0.002	0.001	0.003	0.002	<0.015
Manganese mg/L	0.001	0.001	0.001	0.002	<0.05
Mercury mg/L	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	<0.002
Zinc mg/L	0.014	0.002	0.055	0.008	5
Calcium mg/L	8.4	0.1	8.4	0.1	No std
Magnesium mg/L	5.3	0.1	5.3	0.1	No std
Sodium mg/L	34	140	33	68	<200
Total hardness mg/L	43	0.1	43	0.1	No std
Chloride mg/L	60	150	61	74	<250
Nitrate mg/L	0.01	0.01	0.01	0.01	<10
Nitrite mg/L	0.01	0.01	0.01	0.023	<1
Sulphate mg/L	9.4	23	9.5	11	<250
Dichloramine mg/L	0.1	0.1	0.1	0.1	<0.8
Conductivity mS/cm	280	680	280	340	<2500
Fluoride mg/L	0.06	0.15	0.07	0.08	<4
Free chlorine mg/L	0.1	0.1	0.1	0.1	<4
Monochloramine mg/L	0.1	0.1	0.1	0.1	<4
pH	7.3	7.5	7.3	7.3	7.5 ± 1.0
Dissolved solids mg/L	110	320	190	200	<500
Trichloramine mg/L	0.1	0.1	0.1	0.1	Uncertain
Turbidity NTU	0.2	0.1	0.1	0.4	<5
E coli MPN/100 mL	-	0	-	0	0
Pseudomonas org/100 mL	-	<1.0	-	<1.0	1.0
Total coliforms MPN/100 mL	-	0	-	0	0

Kısaltmalar: HD1, sekiz istasyonlu hastane içi diyaliz ünitesi; HD2, 16 istasyonlu banliyö uydü diyaliz tesisi; MPN, en olası sayı; Std yok, standart set yok; NTU, nefelometrik bulanıklık birimleri; org, organizmalar; (Barwon Water tarafından gerçekleştirilen testler, 2004) RO RW1, atık su çıkış portu: merkezi merkez içi ünite ters osmoz sistemi; RO RW2, reddetme suyu çıkış portu: merkezi uydü ünitesi ters osmoz sistemi. (22).

Hastane içi üniteden (şebeke HD1 ve RO RW1) ve banliyö uydü ünitesinden (şebeke HD2 ve RO RW2) alınan numuneler, ABD EPA içme suyu standartlarıyla karşılaştırılmıştır (Tablo 2).

TARTIŞMA

Hemodiyaliz tedavisi için gerekli artırılmış suyun iki katı kadar miktarı hiç hastaya temas etmeden RO sisteminde reddedilen su olarak kanalizasyona gönderilmesi kuraklık tehlikesiyle karşı karşıya olan dünyada ivedilikle ele alınması gereken bir konudur. Söz konusu kanalizasyona giden su, kanalizasyona yük olmakla birlikte atık su olarak fatura edildiğinden milli ekonomiye ve çevreye zarar vermektedir. Bu çalışmamız ile RO sisteminde reddedilen suyun kalitesi ölçülerek her türlü amaç için kullanılabilir olduğu gösterilmiştir. Dünyada su kaynaklarının giderek azaldığı dikkate alındığında, kanalizasyona giden, ekonomiye ve doğal çevreye yük olan bu durumun önüne geçilerek bu durumda, suyun tasarruf edilebilir olmasını gösteren ulusal anlamda ilk çalışmadır.

Teknik olarak mevcut kullanımda olan hemodiyaliz sistemlerinin çoğu tek geçişli, düşük verimli RO sistemlerini kullanmaktadır. Suyun kaynağı ister şebeke ister kuyu suyu olsun %60-70'i düşük verimli RO sisteminin membranında reddedilir. Hemodiyaliz tedavisi, kimyasal konsantrasyonlu 35:1 oranından oluşan 0,5 litre/dakika diyalizat akışına ihtiyaç duyar. Bu miktarın karşılanabilmesi için RO sisteminden dakikada 1,5 litre su üretilmesi gerekmektedir. Tedavi süresine (dört saat/seans), RO sisteminin verimliliğine (%60-70), tedaviler arası sterilizasyon ve durulama aşamalarına ve her tedavi seansı için toplam besleme en az 500 litre su gerektirmektedir.

Hemodiyaliz sırasında diyalizör kapilleri içerisinde geçen kan akımının tersi yönünde kapillerin dışında diyaliz sıvısı (diyalizat) akımı ile kan ve diyalizatı ayıran yarı geçirgen kapil duvarından difüzyon, ozmoz ve konveksiyon prensiplerine bağlı sıvı ve solüt geçişi ile kanın temizlenmesi ve ultrafiltrasyon sağlanmaktadır. Bu işlemde diyalizörün temizleme kapasitesinin kan ve diyalizat akım hızlarına bağlı olduğu ileri sürülmüştür (7). Kan ve çözünen taşıma eğrileri arasındaki ilişki, kan akış hızına veya sabit bir kan akış hızında bir dereceye kadar diyalizat akışına bağlı olarak değişir. Diyalizat akışının hızlandırılmasının su tüketimini ciddi olarak arttıracığı, burada beklenen fayda anlamlı değildir. Sigdell's ve Tersteegen'e göre (8), diyalizat akışının gerçekçi üst

sınırının kan akışından iki katından daha fazla olmamalıdır; küçük moleküller için çözünen taşınımındaki avantaj sınırlıdır. Polaschegg ve Peter (9), "diyalizat akışı = 1,5 x Kan akışı" formülünü uygulanabilir bir uzlaşma olarak önermiştir, çünkü orta veya büyük çözünenlerin temizlenmesi akışa minimum düzeyde bağımlıdır. Bu strateji, otomatik kontrollü makinelerde kolayca uygulanabilir (10).

Daha düşük diyaliz yeterliliği ihtiyacı olan yaşlı hastalarda, mantıklı olan daha düşük bir diyalizat akışı ile HD yapılması olabilir ve burada en doğrusu standart bir tedavi yerine tedavinin kişiselleştirilmesi olmalıdır (11, 12). Özellikle kısa günlük HD seanslarında, önemli ölçüde daha düşük akış hızlarında, yeterli bir çözünen madde gradyanı elde edilebilir, son zamanlardaki küçük ev HD makinelerinden birkaçı, düşük akışlı diyalizatı yeniden gündeme getirmiştir (13). Bu deneyimler aynı zamanda, düşük metabolik ihtiyaçları olan, damar yolu problemi olan ve kötü beslenme durumu olan yaşlı HD hastaları için; diyalizat akışının azaltılması olumsuz sonuçlara neden olmayabilir. Yüksek diyalizat debisi (800mL/dk) hastaya fayda sağlamayan durumlarda tekrar gözden geçirilmeli ve diyalizat hızının kan pompa hızının 1,2 katını sağlayacak şekilde otomatik debi düzenleyicilerle değiştirilmesi gereksiz su harcanmasında önemli bir adım olacaktır (14). Bu alanda randomize kontrollü çalışmalar yapılırsa, olumlu sonuçlar pratik uygulama için klinisyenleri cesaretlendirecektir. Ülkemizde yönetmelikler ve sosyal güvenlik kurumunun sabit diyalizat akım hızı olan 500 mL/dk şartının da ihtiyaca göre düzenlenebilir şekilde değiştirilmesi gerekmektedir.

Hemodiyaliz makine sayısına göre olması gereken RO sistemleri yerine daha büyük kapasitesli sistemler kullanıldığında çok miktarda artırılmış su boşa harcanabilir (15). Ek olarak, büyük bir RO membranı, yüksek çıkış ve yüksek reddetme akışı gerektirir (16). Ham suyun bileşimi ve sıcaklığının da RO sisteminin verimliliği üzerine etkisi vardır (17). Membrandan ürün akışı sıcaklıkla ters yönde etkilenir: Duruma göre ham suyun yaklaşık %70'i reddedilebilir. Yüksek sıcaklıklar ürün akışını artırırken düşük sıcaklıklar düşürür. Reddedilen suyun çöpe atılmadan önce RO prosedüründen geçtiği çift geçişli bir RO sisteminin benimsenmesi, bunu azaltabilir (17) Gelişmiş RO sistemleri de tipik olarak

daha etkilidir ve daha az miktarda su kanalizasyona gönderir. (18, 19). Tarrass ve ark. (2010) ABD'nin reddedilen su ve diyalizat üretiminin her ikisinin de yaklaşık 27 gigalitreye olduğunu, bunun da 175.000 nüfuslu bir şehir merkezinin yıllık taleplerini karşılamak için yeterli olduğunu buldu (20).

Su akışını otomatik olarak değiştirmek üzere dağıtım halkasına takılan bir mekanizma, akış düzenleme cihazı olarak adlandırılır. Sonuç olarak, RO sistemi daha az su kullanır ve kanalizasyona daha az atık gönderir. HD' deki makinelerin sıvı gereksinimleri sabit değildir ve makine çevrimi yaptıkça değişir (21). Makinelerin su tüketimine göre su debisini kontrol edebilmek için regülatör benzeri (doğrudan çalışan veya pilot tahrikli) akış düzenleyiciler kullanılabilir (21). Sonuç olarak, RO ünitesi su üretimini uygun şekilde kontrol ederek su israfını azaltabilir (15).

Ters ozmoz sistemi konusu karmaşık olup ve ön yargılara açıktır. Hemodiyaliz öncesi su arıtma prosedüründen çıkan (reddedilen) suyun, genelde yanlış algıyla hemodiyaliz işlemiyle hastalarla temas eden ve onların atıklarıyla kirlenen su olduğu önyargısı vardır. Atık diyalizat: tedavi prosedürlerini (diyalizör sonrası ve hasta teması sonrası) takiben kirlenmiş ve bertaraf edilmesi gereken vücuttan uzaklaştırılan elektrolitler ve solütleri içeren su olarak tanımlanır. Bu sistemde atık (reddedilen) su: hasta temasından önce arıtma prosedürü ile ürün su oluşurken açığa çıkan ve kanalizasyona gönderilen sudur. Bu ayırım için atık suyun analiz edilerek konunun paydaşlarına bilgilendirmeler yapıldığında, RO sistemi atık suyu, hemen hemen her gereksinim için kullanılabilir.

Çalışmamızda Hastanemiz HD ünitesinde RO su sisteminde giriş, arıtım sonrası, tanklar arası ve reddedilen su bölümleri olmak üzere dört farklı noktadan ayrı ayrı alınan su örneklerine yapılan analizler sonucunda bu bölümlerin tamamı mikrobiyolojik yönden (Enterococ/Fecal streptococ, E. Coli, Top-lam coliform) steril bulunmuştur.

Çalışmamızda bu farklı dört noktadan alınan örneklerde Alüminyum ve Demir düzeyleri sıfır bulunmuştur. Amonyum RO su sisteminde giriş, arıtım sonrası, tanklar arası ve reddedilen su

bölümlerinden olmak üzere sırasıyla 0,15, 0,13, 0,12 ve 0,13 mg/L; kondoktivite ise 540, 546, 492, 623 mS/cm, koku bulanıklık ve renk açısından içme kullanma suyu olarak uygun, pH 7,50-7,70, aynı zamanda Türkiye ve ABD EPA standart aralığında değerlendirilmiştir. Agar'ın RO sisteminden atılan suyun kalitesini gösterdiği çalışmada, dünyanın her yerinde kanalizasyona verilen sulara dikkati çekmiştir. Çalışmanın sonunda elektrolitlerce zengin maden suyuna benzer içeriği olan RO sistemi atık suyun herhangi bir amaçla kullanmak için yeterince iyi olduğu, hatta bir adım ileri giderek içmek için bile kullanılabilir olduğu yorumunu yapmıştır. Ancak yerel otoritenin bunun içilebilir olduğuna ikna edilmesinin gerekli olduğuna dikkat çekilmiştir (22).

Agar yaptığı çalışmada hastane içi HD merkezi ve dışarıdaki bir HD merkezinin su sistemine giriş şebeke suyundan ve RO reddedilen suyunda örnekler almış, Alüminyum düzeyi tüm belirtilen yerlerde 0,01 mg/l (US EPA standardı <0.05 mg/L) (22, 23). Bizim yaptığımız çalışmada da Alüminyum düzeyi RO sisteminin farklı yerlerinden ve reddedilen su dan gönderilen örneklerde ölçülemeyecek düzeyde düşük çıkmıştır.

Agar ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada, sekiz HD makinesi olan hastanelerinin merkezi sekizinci kattaki bir çatı arasına RO sistemi atık su ile dolan 36 ton kapasiteli iki tank konulmuştur. Oradan, yerçekimi kuvvetiyle, otoklav sistemlerine buhar sağlamak için hastanenin merkezi sterilizasyon departmanına verilmiştir. Hastane tabanlı diyaliz ünitesi, RO sistemi atık suyu için yeniden kullanım sistemi, seçilmiş koğuş ve diğer alan tuvalet sifonları; kapıcı istasyonları ve pencere temizliği ve bahçeler, çimler ve çevre düzenlemesi için su tesisatı bağlantıları yapılmıştır (24-26). Halen mevcut olan su peyzaj için kullanılmaktadır ve 30 ay içinde yatırım kendini tamamen amorti etmiştir. Hastane su maliyetleri hızla düşmeye başlamıştır. Özel HD merkezinde 16 HD makineli RO sisteminde endüstri tarafından bağışlanan iki ek tank, suyu okullar, spor sahaları ve yerel parklar ve bahçeler tarafından ücretsiz olarak kullanılmak üzere toplanmıştır. Connor ve ark. (27), Birleşik Krallık'ta 10 yılı aşkın

bir süredir RO kayıp suyu kullanan sistemlerini tanımlamışlardır. Ters Ozmos tarafından kaybedilen su bir geri kazanım tankına yönlendirilmiş, buradan çatıda bulunan gri su deposuna basılarak tuvaletlere gönderilmiştir. Şamandıralı gri su deposu sistemiyle aylık kimyasal dezenfeksiyonlarda 12.000 €'dan fazla tasarruf edildiği ve birim başına 0,76 ton daha az karbon tüketildiği bildirilmiştir.

Atık diyalizatın yeniden kullanımı çok pratik değildir. Fashl Tarrass ve ark. atık diyalizatın su sıkıntısı çeken kurak ülkelerde sulama için kullanılabilirliğini vurgulamıştır (16). Bu durumda diyalizat aynı şekilde ultrafiltrasyon ve RO teknikleri kullanılarak temizlenir; bu sistem deniz suyunun tuzdan arındırılmasından daha ucuzdur. Geleceğin su koruma yöntemleri arasında bulunan; çevrimiçi diyalizat üretimi ve sorbent diyalizat rejenerasyonu gibi daha yeni diyaliz teknikleri ile su kullanımı önemli ölçüde azaltılabilir. Yakın zamanda geliştirilen bir sorbent sisteminin, diyaliz için toplam su kullanımını tedavi başına altı litreye indirdiği gösterilmiştir (28-30). Geleneksel diyaliz ekipmanıyla birlikte kullanılan basit su koruma teknikleri, pratik olduğu ve/veya yaygın olarak kullanılabilir olduğu için çok önemlidir.

Tasarrufun sağlanmasında ilk yapılacak olan atık ürün miktarını azaltmaktır. Örneğin, konservatif tedavi yaklaşımları ve beslenme tedavisinin akıllıca

planlanmasıyla daha az hasta diyalize başlayacaktır. Hastanın ihtiyacına göre haftada iki seans ile başlanı-larak gereğinde artımlı diyaliz stratejileri kullanılırsa daha az seans gerekecektir. Diyalizat akışı özel ihtiyaçlara göre uyarlanırsa daha az su israf edilecektir ve daha az kontamine atık oluşacaktır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Gerçekte, RO sistemi tarafından üretilen atık su, partiküller, iyonlar, özellikle klor, kloraminler ve diğer potansiyel olarak tehlikeli maddelerin tümü temizlendiğinden arıtma adımlarından geçmiş olan içilebilir niteliktedir. Atık su asla hastayla veya diyalizörle temas etmez ve literatürle uyumlu olan mevcut çalışmamızın da gösterdiği gibi musluk suyundan daha fazla enfeksiyon riski taşımaz. İletkenlikte hafif bir artış dışında Avrupa içme suyu standartları karşılanmaktadır. Literatürde de tariflendiği gibi bu atık su doğrudan kanalizasyona atılmadan, hastane merkezi sterilizasyon ünitesi, tuvalet ve bahçe gibi bölümlerin ihtiyaçlarını karşılamak için bir toplama hanesine yönlendirilebilir. Gri tank denilen bu çözüm için ayrıca izin almaya gerek yoktur lokal olarak hastanelerde başhekimlerin onayı ile sistem kurulabilir. Bu arada giderek yaygın-laşan ev HD tedavisinde de reddedilen su tuvaletler, çamaşırhaneler ve bahçelerde amaca uygun sulama ve temizlik için kullanılabilir.

ETİK KOMİTE ONAYI

Etik Komite Onayı: Bu çalışma için etik komite onayı, Manisa Celal Bayar Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan alınmıştır (Tarih ve no: 08.11.2021/ 220).

BİLGİLENDİRİLMİŞ ONAM

Bilgilendirilmiş Onam: Teknik laboratuvar çalışması olduğundan bilgilendirilmiş onam alınmasına gerek yoktur.

ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Çalışma ile ilgili herhangi bir mali ya da diğer çıkar çatışması yoktur.

FİNANSAL DESTEK

Çalışma ile ilgili herhangi bir kurum/ kuruluşun finansal desteği bulunmamaktadır.

HAKEMLİK

Dış bağımsız, çift kör.

YAZARLIK KATKILARI

Çalışma fikri ve tasarımı: EH, İA, SD

Veri toplama: İA, SAY, HK

Veri analizi ve yorum: ZA

Makalenin hazırlanması: EH, SAY, SD

Eleştirel inceleme: SD, ZA

KAYNAKLAR

1. Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO) CKD Work Group. KDIGO 2012 Clinical Practice Guideline for the Evaluation and Management of Chronic Kidney Disease. *Kidney* [Internet]. 2013[cited 2023 Sep 29]; 3: 1–150. Available from: https://kdigo.org/wp-content/uploads/2017/02/KDIGO_2012_CKD_GL.pdf
2. Karabey T, Karagözoğlu Ş. Hemodiyaliz sürecinde semptom yönetimi ve hemşirelik bakımı. *J TOGU Heal Sci* [Internet]. 2021[cited 2023 Sep 29];1(1):21-9. Available from: <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/2094151>
3. Fresenius Medical Care. Care and live. Annual report 2018[cited 2023 Sep 29]. Available from: https://www.freseniusmedicalcare.com/fileadmin/data/com/pdf/Media_Center/Publications/Annual_Reports/FME_Annual-Report_2018.pdf
4. freseniusmedicalcare.com [Internet]. Fresenius Medical Care. Outlook;2019[cited 2023 Sep 29]. Available from: <https://www.freseniusmedicalcare.com/en/investors/at-a-glance/outlook/>
5. Agar, JWM. Green dialysis: the environmental challenges ahead. *Semin. Dial.* 2015;28: 186-92. doi: 10.1111/sdi.12324.
6. Seyahi N, Koçyiğit İ, Ateş K, Süleymanlar G. Current Status of Renal Replacement Therapy in Turkey: A Summary of 2020 Turkish Society of Nephrology Registry Report. *Turkish J Nephrol.* 2022;31:103-9 DOI: 10.5152/turkjnephrol.2022.22308
7. Renkin EM. The relation between dialysance, membrane area, permeability and blood flow in the artificial kidney. *ASAIO J* [Internet]. 1956[cited 2023 Sep 29];2(1):102-5. Available from: https://journals.lww.com/asaiojournal/Citation/1956/04000/The_Relation_between_Dialysance,_membrane_Area,.15.aspx
8. Sigdell JE, Tersteegen B. Studies concerning the optimization of dialysate consumption. *Nephron.* 1995;71(4):401–6. doi: 10.1159/000188759.
9. Polaschegg HD, Peter H. Optimization of dialysate flow can reduce cost. *Dialysis Sched*[1]ule in Haemodialysis and Peritoneal Dialy[1]sis, Perugia, November 1996.
10. Polaschegg HD. Hemodialysis apparatus with automatic adjustment of dialysis solution flow. US patent 5092836. March 3, 1992.
11. Kashiwagi T, Sato K, Kawakami S, Kiyomoto M, Enomoto M, Suzuki T et al. Effects of reduced dialysis fluid flow in hemodialysis. *J Nippon Med Sch.* 2013; 80(2):119-130. doi: 10.1272/jnms.80.119.
12. Piccoli G, Nielsen L, Gendrot L, Fois A, Cataldo E, Cabiddu G. Prescribing Hemodialysis or Hemodiafiltration: When One Size Does Not Fit All the Proposal of a Personalized Approach Based on Comorbidity and Nutritional Status. *Journal of Clinical Medicine* [Internet]. 2018 Oct 8;7(10):331. Available from: <http://dx.doi.org/10.3390/jcm7100331>
13. Brunati CCM, Gervasi F, Cabibbe M, Ravera F, Menegotto A, Querques M et al. Single session and weekly beta 2-microglobulin removal with different dialytic procedures: Comparison between high-flux standard bicarbonate hemodialysis, post-dilution hemodiafiltration, short frequent hemodialysis with nxstage technology and automated peritoneal dialysis. *blood purif.* 2019;48(1):86-96. doi: 10.1159/000499830.
14. Bhimani JP, Ouseph R, Ward RA. Effect of increasing dialysate flow rate on diffusive mass transfer of urea, phosphate and {beta}2- microglobulin during clinical haemodialysis. *Nephrol Dial Transplant: Nephrol Dial Transplant.* 2010;25(12):3990–5. doi: 10.1093/ndt/gfq326
15. Printz J: Démarche écologique et réflexion des industriels en matière de traitement de l'eau pour hémodialyse: le point de vue Gambro. Marseille, Association des Techniciens de Dialyse (ATD) [Internet];2009[cited 2010 Apr 8]. Available from: http://www.dialyse.asso.fr/videos_marseille_session_2009.
16. Roconn.com [Internet]. Troubleshooting RO Systems: Problem, cause, solution. [cited 2010 Apr 8]. Available from: <http://www.roconn.com/troubleshooting.html>
17. Hoenich NA, Levin R, Ronco C. Water for haemodialysis and related therapies: recent standards and emerging issues. *Blood Purif.* 2010;29(2):81–5. doi: 10.1159/000249212.
18. Renalbusiness.com [Internet]. Dwight M. Can going green in dialysis save cash? [cited 2010 Apr 8]. Available from: <http://www.renalbusiness.com/articles/going-green-in-dialysis.html>
19. Agar JW, Simmonds RE, Knight R, Somerville CA: Using water wisely: new, affordable, and essential water conservation practices for facility and home hemodialysis. *Hemodial Int* 2009;13(1):32–7. doi: 10.1111/j.1542-4758.2009.00332.x.
20. Tarras F, Benjelloun M, Benjelloun O, Bensaha T. Water conservation: an emerging but vital issue in hemodialysis therapy. *Blood Purif.* 2010;30(3):181-5. doi: 10.1159/000321485.

21. Rohde JB, Maliekkal SJ: Dialysis system with flow regulation device. United States Patent Application 20100018923. Available from: <http://www.freepatentsonline.com/y2010/0018923.html>
22. Agar JW. Reusing and recycling dialysis reverse osmosis system reject water. *Kidney Int.* 2015 Oct;88(4):653-7. doi: 10.1038/ki.2015.213.
23. National Primary Drinking Water Regulations: Drinking Water Contaminants. United States Environmental Protection Agency, Washington, DC, USA. [cited 2015 Apr 1].
24. Milne S, Connor A, Mortimer F. Conserving water in haemodialysis: case study and how-to guide. Centre for Sustainable Healthcare, Oxford, UK. [cited 2015 Apr 23].
25. Agar JW. It is time for "green dialysis". *Hemodial Int.* 2013 Oct;17(4):474-8. doi: 10.1111/hdi.12063.
26. Ponson L, Arkouche W, Laville M. Toward green dialysis: focus on water savings. *Hemodial Int.* 2014 Jan;18(1):7-14. doi: 10.1111/hdi.12117.
27. Connor A, Milne S, Owen A, Boyle G, Mortimer F, Stevens P. Toward greener dialysis: a case study to illustrate and encourage the salvage of reject water. *J Ren Care.* 2010 Jun;36(2):68-72. doi: 10.1111/j.1755-6686.2010.00153.x.
28. Amato RL. Water treatment for hemodialysis--updated to include the latest AAMI standards for dialysate (RD52: 2004) continuing. *Nephrol Nurs J* [Internet]. 2005 Mar-Apr[cited 2023 Sep 29];32(2):151-67; quiz 168-70. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15889801/>
29. Clark WR, Turk JE Jr. The NxStage System One. *Semin Dial.* 2004 Mar-Apr;17(2):167-70. doi: 10.1111/j.0894-0959.2004.17220.x.
30. Hansen S. Sorbent dialysis in the third millennium. *Nephrol News Issues* [Internet]. 2006 Jan[cited 2023 Sep 29];20(1):43-5. Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16438438/>