

Hemodiyaliz Su Sisteminde Ters Osmozdan Boşa Atılan Suya Mevsim Etkisi

Seasonal Effect on Water Wasted from Reverse Osmosis in Hemodialysis Water System

Zelal ADIBELLİ¹ , Ender HÜR² , Soner DUMAN³ 

Öz

Amaç: Hemodiyaliz su arıtma sistemi ön arıtma ve ters osmoz bölümlerinden oluşmaktadır. Sistemin son aşamasında ters osmozdan arıtılmış su elde edilirken bu miktarın iki katı kadarı genellikle kanalizasyona atılmaktadır. Bu çalışmada amacımız kanalizasyona atılan suyun hastaya temas etmemiş olduğuna da dikkat çekerek bu konudaki yanlış algıyı düzeltmek ve atılan su miktarı ve ortam sıcaklığı ilişkisini göstermektir.

Gereç ve Yöntem: Bu prospektif gözlemsel çalışmada Uşak Eğitim ve Araştırma Hastanesi Hemodiyaliz Servisi su sisteminde 6 Ocak-26 Ekim 2023 tarihleri arasında ters osmoz sisteminden kanalizasyona giden su, sayaç takılmak suretiyle günlük kayıt altına alınmıştır. Aynı tarihler arasında Uşak il merkezi gece, gündüz ve 24 saatlik ortalama sıcaklıkları meteoroloji verilerinden alınmıştır. Verilerin analizinde ortalama, standart sapma, gruplar arasındaki fark için ANOVA testi ve Pearson Korelasyon Testi kullanılmış, $p < 0,05$ istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

Bulgular: Çalışmanın yapıldığı 10 aylık süreçte 75 hastaya toplam 9433 seans hemodiyaliz tedavisi yapılmıştır. Hemodiyaliz tedavisinde kullandığımız diyalizat için üretilen suyun hazırlanması aşamasında ters osmoz sisteminden hastaya hiç temas etmeden atılan suyun toplam miktarı 775 m^3 'tür. Çevre sıcaklığı 24 saatlik ortalama $14,9 \pm 8,3^\circ\text{C}$ ($-6,5^\circ\text{C}/30^\circ\text{C}$), gündüz $21,8 \pm 9,8^\circ\text{C}$ ($-1^\circ\text{C}/41^\circ\text{C}$), gece $8 \pm 7,3^\circ\text{C}$ ($-14^\circ\text{C}/21^\circ\text{C}$) dir. Gece ortalama sıcaklığı ve atılan su miktarı arasında anlamlı olmamakla birlikte pozitif korelasyon mevcuttur ($r = 0,027$, $p > 0,05$). Sıcak mevsimlerde atılan suyun miktarı soğuk mevsimlerdeki göre artmıştır.

Abstract

Aim: The haemodialysis water treatment system consists of pretreatment and reverse osmosis sections. While purified water is obtained from reverse osmosis, twice of this amount is discharged to the sewage system. The aim of this study is to correct the misconception regarding the disposal of water by emphasizing that the discharged water did not come into contact with the patient, and to demonstrate the relationship between the amount of water discharged and the ambient temperature.

Material and Methods: In this prospective observational study, the water discharged from the reverse osmosis system into the sewage system in the Water System of the Hemodialysis Unit at Uşak Training and Research Hospital was recorded daily using a water meter between January 6 and October 26, 2023. During the same period, the nighttime, daytime, and 24-hour average temperatures for the city centre of Uşak were obtained from meteorological data. In the analysis of the data, mean, standard deviation, ANOVA test for differences between groups, and Pearson correlation test were used. A p-value of < 0.05 was considered statistically significant.

Results: During the 10-month study period, 9,433 haemodialysis sessions were conducted for 75 patients. A total of 775 m^3 of water, which had not come into contact with patients, was discarded during the preparation of dialysate. The average 24-hour temperature was $14.9 \pm 8.3^\circ\text{C}$ (range: -6.5°C to 30°C), daytime temperature was $21.8 \pm 9.8^\circ\text{C}$ (range: -1°C to 41°C), and nighttime temperature was $8 \pm 7.3^\circ\text{C}$ (range: -14°C to 21°C). Although not statistically significant, a positive correlation was observed between nighttime temperature and the volume of water discharged ($r = 0.027$, $p > 0.05$). The amount of water discarded was higher during warmer seasons compared to colder ones.

Geliş Tarihi / Received: 23 Eylül/Sep 2024 **Kabul Tarihi / Accepted:** 15 Mayıs/May 2025

¹ Doç. Dr., Uşak Üniversitesi Tıp Fakültesi, İç Hastalıkları AD., Nefroloji BD., Uşak, Türkiye

² Prof. Dr., Uşak Üniversitesi Tıp Fakültesi, İç Hastalıkları AD., Nefroloji BD., Uşak, Türkiye

³ Prof. Dr., Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Nefroloji BD., İzmir, Türkiye

İletişim yazarı / Correspondence author: Zelal ADIBELLİ / **E-posta:** zelalad21@gmail.com, **Adres:** Uşak Üniversitesi Tıp Fakültesi, Ankara-İzmir Yolu 8. Km. 1 Eylül Kampüsü Yerleşkesi, Uşak, Türkiye.

Cite this article as: Adibelli Z, Hür E, Duman S. Hemodiyaliz Su Sisteminde Ters Osmozdan Boşa Atılan Suya Mevsim Etkisi/ Seasonal Effect on Water Wasted From Reverse Osmosis in Hemodialysis Water System. NefroHemDergi. 2025;20(2): 103-108 <https://doi.org/10.47565/ndthdt.2025.102>



Sonuç: Bu çalışma ile hemodiyaliz için su arıtılması sırasında hastaya temas etmeyen fazla miktarda suyun atıldığı, suyun arıtılmasında verimin ortam sıcaklığı ile değiştiği gösterilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Geri Dönüşüm; Hemodiyaliz; Mevsim; Ters Osmoz

GİRİŞ

Kronik Böbrek Hastalığı (KBH) sıklığı arttıkça renal replasman ihtiyacı olan hasta sayısı da artış göstermektedir. Günümüzde en sık kullanılan böbrek replasman tedavisi hemodiyalizdir (1). Hemodiyaliz (HD) hem maliyet olarak hem de kullanılan su miktarı, ulaşım ve ortaya çıkan atık maddelere bağlı artmış karbon ayak izi ile büyük bir çevresel yük oluşturmaktadır (2-4). Hemodiyaliz sistemleri su tüketiminin yoğun olduğu bir tedavi modalitesidir. Hemodiyalizde diyalizat için su sisteminde saf su üretilmektedir. Saf su üretilmesi için HD merkezlerinde oluşturulan su arıtma sisteminde çeşitli filtrelerden geçtikten sonra son aşamada ters osmoz cihazında su arıtma işlemi devam etmektedir. Ters osmoz (RO) cihazından açığa çıkan ve çoğu kez kanalizasyona atılan ve hasta kanı ile temas etmemiş su “reddedilen su” olarak isimlendirilmektedir. Düşük verimli RO sistemleri neredeyse sadece HD tedavisi için su filtreleme sistemleri olarak kullanılmaktadır. Bu sistemde şebekeden, tanklardan, sondajlardan veya kuyudan gelen suyun %60-70’ini reddedilmektedir. Hemodiyaliz tedavisi 0,5 L/dak diyalizat akışına ihtiyaç duymaktadır, bu miktarı karşılamak için RO sisteminden 1,5 L/dak su üretilmektedir. Tedavinin uzunluğuna (seans başına dört saat), RO sisteminin verimliliğine (%60-%70), tedaviler arası sterilizasyon, durulama aşamalarına ve toplam beslemeye göre, her tedavi seansı için 500 L veya daha fazla su kullanılmaktadır. 2020 Türk Nefroloji Derneği Kayıt Raporuna göre 57.920 kronik HD hastası var ve bu hastaların %88’ine haftada üç veya daha fazla seans HD tedavisi uygulanmaktadır. Mevcut HD hastalarını analiz edersek, yılda 903.552 seans yapılmakta ve seans başına 120 L toplam 1.084.262 m³ saf suya ihtiyaç duyulmaktadır. RO’dan reddedilen su miktarı bunun iki katı olup yaklaşık

Conclusion: This study has shown that during water purification for haemodialysis, excess water is discarded and that the efficiency of water purification system varies with temperature of the ambient.

Keywords: Recycling; Hemodialysis; Reverse Osmosis; Season

2.500.000 m³ olarak hesaplanmaktadır ve bu su kanalizasyona atılmaktadır. Daha önceden Manisa ilinde yapılan bir çalışmada RO’dan atılan bu suyun biyokimyasal değerlendirmesi sonucu kullanılabilir olduğu ortaya çıkmıştır (5).

Özellikle hemodiyalizde su sisteminden revers osmosdan kaybedilen suyun korunması ve bu suyun kullanımına yönelik girişimlere ihtiyaç duyulmaktadır. Revers osmosdan kaybedilen su miktarının sıcaklık ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir (6). RO sistemine gelen suyun sıcaklığı, RO sisteminin verimliliği üzerinde etkilidir. RO sisteminde membrana gelen suyun akış hızı, membrandan sıvı kaybı üzerine ters yönde etkilemektedir ve sıcaklıktan etkilenmektedir: yüksek sıcaklıklar suyun akış hızını artırırken, düşük sıcaklıklar azaltmaktadır. Reddedilen suyun çöpe atılmadan önce ikinci bir RO prosedüründen geçtiği çift geçişli bir RO sisteminin benimsenmesi bunu azaltabilmektedir. HD’deki makinelerin sıvı gereksinimleri sabit değildir ve makine çevrimleri sırasında değişmektedir.

Su akış hızını makinelerin su tüketimine göre kontrol etmek için, regülatör gibi akış düzenleyiciler (doğrudan çalışan veya pilot tahrikli) kullanılabilir. Sonuç olarak, RO ünitesi suyun özelliklerini uygun şekilde kontrol ederek su kaybını azaltmaktadır. Gelişmiş RO sistemleri genellikle daha etkilidir ve kanalizasyona daha az miktarda su göndermektedir. Bu çalışmada mevsim sıcaklığının günlük pratikte RO sisteminden kaybedilen su miktarı üzerine etkisinin araştırılması planlandı.

GEREÇ VE YÖNTEM

Bu prospektif gözlemsel çalışma “Çevreci Yeşil Diyaliz Derneği”nin bir faaliyeti olarak gerçekleştirilmiştir. Uşak Eğitim ve Araştırma Hastanesi HD ünitesi su sistemine RO çıkışına

sistemden kanalizasyona atılan su miktarını günlük olarak değerlendirmek için Klepsan® marka, KVS-BY model yaş su sayacı takılmıştır. 6 Ocak-26 Ekim 2023 tarihleri arasında RO sisteminden kanalizasyona giden su, sayaç takılmak suretiyle günlük kayıt altına alınmıştır. Sıcaklık verileri ise aynı tarihler arasında Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Uşak Meteoroloji İl Müdürlüğü'nden alınan 12 aylık Uşak il merkezi gece, gündüz ve 24 saatlik ortalama sıcaklıkları verilerinden alınmıştır. Ayrıca merkezimizde yapılan aylık HD seans sayıları hastane elektronik bilgi yönetimi sisteminden alınmıştır.

Verilerin Değerlendirilmesi

Verilerin analizinde SPSS v.22.0 programı kullanılmıştır. Sonuçlar normal dağılım gösteren değişkenler için ortalama ve standart sapma olarak ifade edilmiştir. Normal dağılım göstermeyenler için ise mutlak sıklık ve yüzdeler olarak verilmiştir.

Ortam sıcaklığının günlük atılan su miktarı ile karşılaştırılması için ANOVA ve Pearson Korelasyon testleri kullanılmış, $p < 0,05$ istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

Araştırmanın Etik Boyutu

Çalışma ile ilgili etik kurul onayı Uşak Üniversitesi Tıp Fakültesi Girişimsel Olmayan Etik Kurulundan

(02/05/2024, no:02) alınmıştır. Uşak Eğitim ve Araştırma Hastanesinden de kurum onayı alınarak çalışma yapılmıştır.

BULGULAR

Çalışmanın yapıldığı 10 aylık süreçte 75 hastaya toplam 9433 seans hemodiyaliz tedavisi yapılmıştır. Hemodiyaliz tedavisinde kullandığımız diyalizat için üretilen suyun hazırlanması aşamasında RO sisteminden hastaya hiç temas etmeden atılan suyun toplam miktarı 775 m^3 tür. Çevre sıcaklığı 24 saatlik ortalama $14,9 \pm 8,3^\circ\text{C}$ ($-6.5^\circ\text{C}/30^\circ\text{C}$), gündüz $21,8 \pm 9,8^\circ\text{C}$ ($-1^\circ\text{C}/41^\circ\text{C}$), gece $8 \pm 7,3^\circ\text{C}$ ($-14^\circ\text{C}/21^\circ\text{C}$) dir (Tablo 1). Günlük sıcaklık ortalaması ile reddedilen sıvı miktarı arasında istatistiksel anlamlı bir ilişki saptanmadı. Gece ortalama sıcaklığı ve atılan su miktarı arasında pozitif korelasyon mevcuttur ($r: 0,027$ değeri; $p > 0,05$) (Şekil 1). Gece sıcaklık ortalamalarının gündüz sıcaklık ortalamalarına göre daha düşük olduğu kış ve ilkbahar aylarında kaybedilen su miktarının yaz ve sonbahar aylarına göre daha düşük olduğu izlendi ($6,54-6,86$ vs $7,44-7,82$) (Şekil 2). Sıcak mevsimlerde özellikle de ortalama sıcaklık değerlerinin en yüksek olduğu yaz mevsiminde istatistiksel olarak anlamlı olmamakla birlikte atılan suyun miktarı soğuk mevsimlere göre artmıştır (Şekil 3).

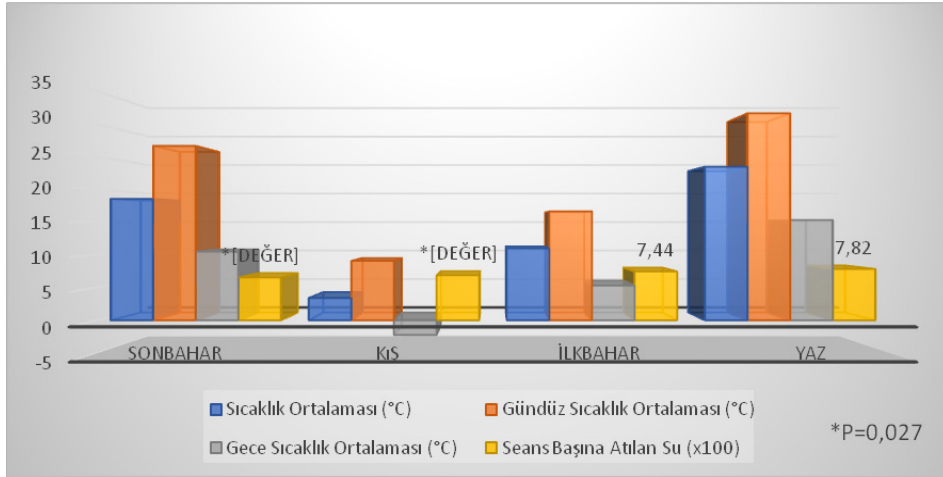
Tablo 1. Mevsimsel Sıcaklık Ortalamaları ve Günlük Ortalama Atılan Su Miktarı

	Sonbahar	Kış	İlkbahar	Yaz	Toplam
Günlük Atılan Su (L) (ortalama $\pm$ SS*)	2,4 $\pm$ 0,1	2,8 $\pm$ 1,0	2,7 $\pm$ 0,6	2,8 $\pm$ 0,3	2,7 $\pm$ 0,5
Günlük Sıcaklık Ortalaması ($^\circ\text{C}$) (ortalama $\pm$ SS)	18,5 $\pm$ 3,0	3,4 $\pm$ 4,7	11,0 $\pm$ 4,0	23,4 $\pm$ 3,5	14,9 $\pm$ 8,3
Gündüz Sıcaklık Ortalaması ($^\circ\text{C}$) (ortalama $\pm$ SS)	26,6 $\pm$ 3,7	9,0 $\pm$ 5,1	16,6 $\pm$ 4,8	31,6 $\pm$ 5,1	21,8 $\pm$ 9,8
Gece Sıcaklık Ortalaması ($^\circ\text{C}$) (ortalama $\pm$ SS)	10,5 $\pm$ 3,5	-2,3 $\pm$ 5,1	5,3 $\pm$ 4,1	15,3 $\pm$ 2,5	8,0 $\pm$ 7,3

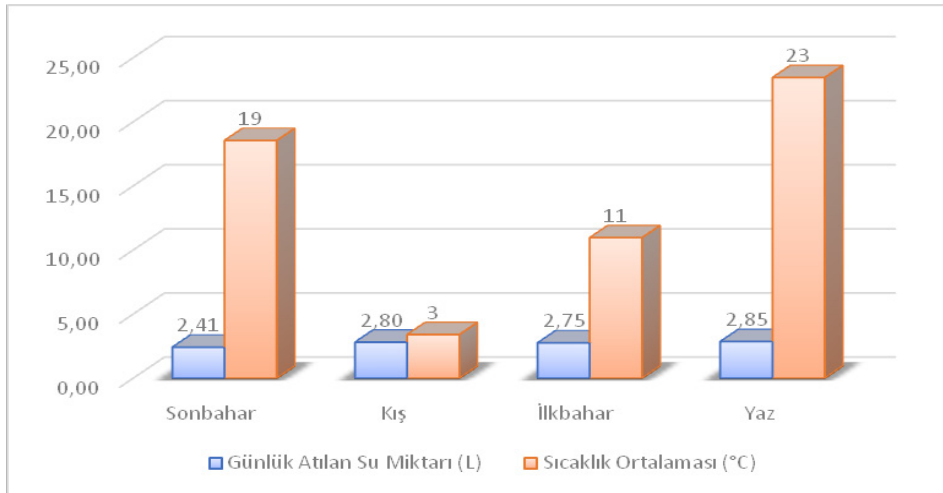
*SS: Standart Sapma



Şekil 2. Gece sıcaklık ortalaması ve günlük atılan su miktarı ilişkisi ($r=0,027$)



Şekil 1. Mevsimsel sıcaklık değişimi ve seans başına atılan su miktarı



Şekil 3. Mevsimsel sıcaklık ortalaması ve günlük atılan suyun karşılaştırılması

TARTIŞMA

Hemodiyaliz tedavisinin neden olduğu su tüketimini engellemek için çeşitli stratejilerin geliştirilmesi gerekmektedir. Suyun korunmasında seanstaki hasta sayısına göre ihtiyaç kadar su üreten yeni sistemlerin kullanımının yaygınlaştırılması, merkezi diyalizat sistemi kullanılması, diyalizat akım hızının azaltılması, RO sisteminin verimli çalışmasını sağlayacak önlemler ve kaybedilen sıvının geri kazanılması ile ilgili girişimlere ihtiyaç duyulmaktadır (2, 3). Ters ozmoz dan kaybedilen bu suyun kullanılabilir olduğunun gösterilmesi suyun korunmasının önemini arttırmaktadır. Bu suyun sulama, temizlik, çamaşırhane gibi alanlarda kullanımı ile ilgili çalışmalar bulunmaktadır (7, 8). Ters ozmoz atık suyunun ne kadar etkili kullanılacağına karar vermek, suyun hacmi, bileşimi (tuz ve iyon konsantrasyonu), HD tesisinin konumu ve ayrıca finansal kısıtlamalar gibi çok sayıda parametreye bağlıdır. Bir hastane ortamında RO atık suyu için çok çeşitli potansiyel kullanımlar bulunmaktadır.

Yeniden kullanım fırsatları tuvalet sifonu, bahçe sulama, sterilizatörler için soğutma suyu vb.'dir. Akdeniz havzasında, geri kazanılmış atık suyun peyzaj, halka açık parklar, spor alanları ve rekreasyon alanlarının sulanması için yeniden kullanımı yaygın olarak uygulanmaktadır (8, 9).

Atık suyu yeniden kullanmadan önce, sudaki toplam çözünmüş katılar (TDS) seviyesini kontrol etmek gerekmektedir. TDS genellikle sudaki toplam çözünmüş mineraller, temelde Kalsiyum, Magnezyum ve Sodyum bileşikleri (tuzlar) olarak adlandırılmaktadır. Reddedilen suyun TDS'si giriş suyunun TDS'sine bağlıdır. 1000 mg/l'nin altında TDS'ye sahip su, sulama amaçları için izin verilir; çok fazla TDS, ürün üretimini azaltabilir veya engelleyebilir. 1000–1500 mg/l TDS seviyesine sahip su, tuvalet sifonu çekmek veya araba yıkamak gibi diğer amaçlar için güvenle kullanılabilir (9). Ayrıca RO'dan kaybedilen suyun yanı sıra HD'de hasta ile temas eden ve atık su olarak değerlendirilen

suyun sulama için kullanımına yönelik Tarras ve ark. yaptığı çalışmalar da bulunmaktadır (10).

Ters osmoz sisteminden su kaybı miktarı ile çevresel ısının etkisini değerlendirdiğimiz bu çalışmada ortam sıcaklığının düşük olduğu durumlarda su kaybının daha az olduğu saptanmıştır. Çalışmamızda mevsim sıcaklığı kullanılmıştır çünkü su arıtma sisteminin bulunduğu alanda klima sistemi bulunmadığı için çevre sıcaklığından etkilenmektedir.

Literatürde çevre sıcaklığının RO sistemindeki sıvı kaybına etkisi ile ilgili yeterli çalışma bulunmamaktadır. RO sistemine gelen suyun sıcaklığının azaldığı durumlarda su kaybının azaldığı gösterilmiştir (6). Ancak mevsim sıcaklığı ve RO sistemindeki sıvı kaybı ile ilgili klinik ortamda yapılan bir çalışma bulunmamaktadır. Sıcaklık azaldığında su kaybının azalıyor olması RO'un bulunduğu ortamın belli bir sıcaklık aralığında tutulmasının önemini göstermektedir. Bizim çalışmamızda ortam sıcaklığı ölçümü ile ilgili veriler bulunmamaktaydı. Su arıtma sisteminin bulunduğu alanın havalandırma ve iklimlendirme sisteminin bulunması önem arz etmektedir. Su arıtma sisteminin bulunduğu alanın ortam sıcaklığının kontrol edilebilir olması ve su kaybının minimuma indirilmesi için gerekli optimum sıcaklık değerinin saptanması için de yeni çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

SONUÇ

Bu çalışma ile HD için su arıtılması sırasında hastaya temas etmeyen fazla miktarda suyun atıldığı, su arıtımında verimin ortam sıcaklığı ile değiştiği gösterilmiştir. Diyaliz merkezlerinde RO sisteminden kayıp suyun kayıt altına alınması ve kaybın azaltılması için daha verimli sistemlerin kullanılması, ortam sıcaklığı gibi fiziki koşulların düzeltilmesine yönelik tedbirler ve kaybedilen suyun değerlendirilmesine yönelik sulama, temizlik amaçlı kullanımı ile ilgili stratejiler geliştirilmesi gerekmektedir.

ETİK KOMİTE ONAYI

Bu çalışma için etik komite onayı, Uşak Üniversitesi Girişimsel Olmayan Klinik Araştırmalar Etik Kurulu'ndan alınmıştır (Tarih ve no: 02.05.2024 ve 368-368-02).

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.

TEŞEKKÜR

Uşak Eğitim ve Araştırma Hastanesi Hemodiyaliz Hemşireleri ve teknikerlerine çalışmamıza olan katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

HAKEMLİK

Dış bağımsız, çift kör.

EK AÇIKLAMA

Bu çalışma, 6-10 Aralık 2023 tarihinde gerçekleşen Ulusal Nefroloji Kongresi'nde Sözel Bildiri olarak sunulmuştur.

YAZARLIK KATKILARI

Çalışma fikri ve tasarımı: ZA, EH, SD

Veri toplama: ZA, EH

Veri analizi ve yorum: ZA, EH, SD

Makalenin hazırlanması: ZA, EH

Eleştirel inceleme: EH, SD

Kaynaklar

1. Bello AK, Okpechi IG, Osman MA, Cho Y, Htay H, Jha V, et al. Epidemiology of haemodialysis outcomes. Nat Rev Nephrol. 2022;18:378-95. <https://doi.org/10.1038/s41581-022-00542-7>
2. Hür E, Duman S. Green hemodialysis: A possible way of nature friendly and cost effective kidney replacement therapy. Turk J Nephrol. 2023;32(4):269-76. doi: 10.5152/turkjnephrol.2023.22414
3. Barraclough KA, Agar JWM. Green nephrology. Nat Rev Nephrol. 2020 May;16(5):257-68. doi: 10.1038/s41581-019-0245-1.
4. Bendine G, Autin F, Fabre B, Bardin O, Rabasco F, Cabanel JM, Chazot C. Haemodialysis therapy and sustainable growth: a corporate experience in France. Nephrol Dial Transplant. 2020 Dec 4;35(12):2154-60. doi: 10.1093/ndt/gfz284.
5. Akbaş Yeşil S, Adıbelli Z, Asana İ, Kurt H, Duman S, Hür E. Hemodiyaliz dünyanın suyunu tüketiyor: Ters osmozdan atılan suyun analizi ve kullanılabilir olması. NefroHemDergi. 2023;18(3):134-43. <https://doi.org/10.47565/ndthdt.2023.76> şeklinde düzeltilmeli
6. Layman-Amato R, Curtis J, Payne GM. Water treatment for hemodialysis: an update. Nephrol Nurs J [Internet]. 2013 [cited 2024 August 30];40(5):383-404. Available from:<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24308107/>.
7. 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 Jan;13(1):32-7. doi: 10.1111/j.1542-4758.2009.00332.x.
8. Tarrass 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.
9. Tarrass F, Benjelloun O, Benjelloun M. Towards zero liquid discharge in hemodialysis. Possible issues. Nefrologia (Engl Ed). 2021 Mar 16:S0211-6995(21)00036-9. doi: 10.1016/j.nefro.2020.12.012.
10. Tarrass F, Benjelloun M, Benjelloun O. Recycling wastewater after hemodialysis: an environmental analysis for alternative water sources in arid regions. Am J Kidney Dis. 2008 Jul;52(1):154-8. doi: 10.1053/j.ajkd.2008.03.022.