

Rajmund Michalski

Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska Państwowej Akademii Nauk, Zabrze

# Leczenie nerkozastępcze i zagrożenia środowiskowe

## STRESZCZENIE

Szacuje się, że pod koniec XIX wieku liczba substancji chemicznych obecnych w środowisku wynosiła około 300 000. Obecnie, według danych zamieszczonych w bazie *Chemical Abstract Service* (CAS, <https://www.cas.org/cas-data/cas-registry>), liczba znanych substancji (w tym w większości wyprodukowanych przez ludzi) wynosi już ponad 125 000 000. Wprawdzie na poziomie stężeń, które mogą nam bezpośrednio zagrażać jest to „tylko” około miliona substancji, jednak pamiętając o efekcie synergicznym, ich wpływ na nasze zdrow-

ie jest ogromny. Jedną z najbardziej powszechnych chorób cywilizacyjnych są choroby nerek, które są najczęściej bezobjawowe, a przyczyniają się do śmierci milionów ludzi. W przypadku schyłkowej niewydolności nerek konieczne jest leczenie nerkozastępcze. Hemodializy i dializy otrzewnowe z jednej strony ratują życie chorym, a z drugiej mają duży wpływ na zanieczyszczenie środowiska i ślad węglowy. Niniejsza praca dotyczy tych wzajemnych zależności.

Forum Nefrol Edu 2024, vol 4, no 1, XX–XX

**Słowa kluczowe:** przewlekła choroba nerek, dializoterapia, środowisko, ślad węglowy

### Artykuł jest tłumaczeniem pracy:

Michalski R. Renal replacement therapy and environmental risks. *Renal Disease and Transplantation Forum* 2024; 1. DOI: 10.5603/rdattf.99851. Należy cytować wersję pierwotną.

## WPROWADZENIE

Wzajemne zależności pomiędzy jakością środowiska i związanymi z tym zmianami klimatycznymi, a chorobami (w tym nefrologicznymi) są coraz bardziej zauważalne i często dyskutowane. Dysponujemy coraz lepszymi narzędziami do takich badań, a tematyczna baza danych jest coraz bogatsza. To stwierdzenie wynika również z moich osobistych doświadczeń. Przez całe swoje zawodowe życie zajmuję się ochroną środowiska i chemią analityczną, a w szczególności zastosowaniem chromatografii jonowej i technik pokrewnych w badaniach próbek środowiskowych, żywnościowych i medycznych [1–3]. Z drugiej strony, prawdopodobnie już jako nastolatek, zachorowałem na przewlekłą chorobę nerek (PChN). Zdiagnozowany zostałem w wieku 29 lat, kiedy okazało się, że mam schyłkową niewydolność tego narządu. Teraz, po kolejnych 32 latach życia w tym rocznym okresie dializoterapii

otrzewnowej cieszę się życiem z przeszczepioną 11 lat temu nerką i wciąż pracuję zawodowo w Instytucie Polskiej Akademii Nauk (PAN) oraz jako wolontariusz w Ogólnopolskim Stowarzyszeniu Moje Nerki (OSMN, [www.moje-nerki.pl](http://www.moje-nerki.pl)). Czy to wszystko ma jakiś wspólny wątek? Moim zdaniem tak. Praca zawodowa dawała i nadal daje mi siłę w walce z kolejnymi etapami choroby, a czasami choroba bywała inspiracją do wykorzystania doświadczeń chemika analityka np. w badaniach swoich własnych płynów dializacyjnych [4].

## JAKOŚĆ ŚRODOWISKA A CHOROBY NEREK

W listopadzie 2019 roku, tuż przed wybuchem pandemii COVID-19, w czasopiśmie *Bioscience* opublikowano pracę zatytułowaną „*World scientists’ warning of a climate emergency*” autorstwa Wilhelma Ripple i wsp., którzy wraz z 11 258 sygnatariuszami ze 153 krajów świata opisali dramatyczne skutki zmian klima-

### Adres do korespondencji:

Rajmund Michalski  
Instytut Podstaw Inżynierii Środowiska  
Państwowej Akademii Nauk  
ul. M. Skłodowskiej-Curie 34,  
41-819 Zabrze  
Tel. 608 584 875  
e-mail: rajmund.michalski@ipispan.edu.pl

tycznych i naszego wpływu na stan środowiska [5]. Zdaniem autorów do najbardziej niepokojących przejawów działań człowieka należą: stały wzrost liczby ludzi i pogłowia zwierząt hodowlanych, wzrost produkcji mięsa, zużycia paliw i emisji CO<sub>2</sub> oraz powszechne stosowanie tworzyw sztucznych i związana z tym obecność mikroplastiku w środowisku. Z kolei do pozytywnych zaliczono: spadek dzietności w wielu krajach świata, wzrost wykorzystania energii słonecznej i wiatrowej, systematyczną likwidację sektora paliw kopalnych oraz rosnący udział emisji gazów cieplarnianych objętych opłatami klimatycznymi.

Zdania różnych opiniodawczych organów w tym temacie bywają odmienne i chociaż mamy podobne cele, różne drogi do nich prowadzą. Od roku 2007 mam zaszczyt reprezentować Polską Akademię Nauk w *Environmental Steering Panel European Academies' Science Advisory Council* (ESP EASAC, <https://easac.eu/>). W ramach prac naszego panelu w minionych latach przygotowaliśmy i opublikowaliśmy raporty dotyczące ważnych zagadnień środowiskowych, w tym wpływu zmian klimatycznych na nasze zdrowie [6], rolnictwa regeneracyjnego [7], spalania biomasy leśnej [8], gospodarki tworzywami sztucznymi [9] czy wpływu pandemii COVID-19 na zrównoważoną przyszłość [10]. Zagadnienia te wpisują się w światowe trendy związane z zanieczyszczeniami środowiska i wpływem zmian klimatycznych na nasze zdrowie.

Każdy komponent środowiska jest ważny, a szczególnie dotyczy to jakości powietrza. Dorosły człowiek w ciągu doby przepuszcza przez swoje płuca około 20 kg powietrza. Jest to o wiele więcej niż ilość spożywanych pokarmów czy wypijanych płynów. Zanieczyszczenia powietrza, w tym pył zawieszony, metale i metaloidy, związki organiczne i jony, związane przede wszystkim ze spalaniem paliw kopalnych, są czynnikami powodującymi zwiększone ryzyko m.in. chorób nerek [11]. Udowodniono, że fale upałów zwiększają ryzyko odwodnienia, powstawania kamieni nerkowych i ostrego uszkodzenia nerek, które mogą przekształcić się w PChN zwiększając ryzyko sercowo-naczyniowe i skracając oczekiwaną długość życia [12]. Konieczne są zatem natychmiastowe działania i związane z tym środki na dofinansowywanie procesów transformacji i budowy zrównoważonej, niskoemisyjnej gospodarki. Powinny one także zostać przeznaczone na opiekę zdrowotną, co pozwoli na przygotowanie się do wyzwań związanych z aktualnymi

i przewidywanymi skutkami zmian klimatu. Zjawiska te są, i na długo pozostaną, jednym z głównych wyzwań dla naszego zdrowia i życia. Przewlekłą chorobę nerek wymienia się wśród chorób cywilizacyjnych XXI wieku w gronie chorób sercowo-naczyniowych, nadciśnienia tętniczego, otyłości i cukrzycy. W samej Polsce PChN lub powikłania z nią związane mogą odpowiadać nawet za 80–100 tys. przedwczesnych zgonów rocznie (<https://nefroldialpol.pl/wp-content/uploads/2022/06/NDP-4-2021.pdf>). Na świecie ze zdiagnozowaną PChN żyje prawie 850 mln ludzi, a do 2040 roku prawdopodobnie będzie ona piątą najczęstszą przyczyną zgonów [13]. Niestety w zbyt wielu przypadkach konieczne staje się leczenie nerkozastępcze. W Polsce obecnie dializowanych jest ponad 21 000 pacjentów, z czego aż 95% chorych wymagających terapii nerkozastępczych leczonych jest hemodializą, a tylko 5% dializą otrzewnową [15]. Najlepszą opcją jest transplantacja, która w porównaniu do dializy łączy optymalne wyniki i koszty z niezaprzeczalnie mniejszym obciążeniem środowiska.

## DIALIZA A ŚRODOWISKO

Procedura hemodializy wraz z przygotowaniem stanowiska do zabiegu wymaga użycia znacznych ilości toksycznych chemikaliów, energii i wody. Każdego roku hemodializoterapia prowadzona na całym świecie generuje zużycie milionów litrów wody, ogromnych ilości energii i tysięcy ton odpadów medycznych. Szacuje się, że każdego roku na świecie wykonuje się ponad 600 milionów sesji hemodializy, jednak w wielu krajach rozwijających się taka terapia wciąż pozostaje niedostępna. W latach 70. ubiegłego wieku w Polsce pacjenci ze schyłkową niewydolnością nerek mający powyżej 25 lat byli dyskwalifikowani z dializ z powodu zbyt małej liczby ośrodków dializacyjnych. Na szczęście sytuacja ta uległa gwałtownej zmianie i obecnie dostęp do dializ jest powszechny i nieograniczony. W związku z tym pojawiła się koncepcja zielonej dializy, w której kluczową rolę odgrywa właściwe zarządzanie wodą. Woda używana do dializ musi być wstępnie przygotowana przez systemy uzdatniania za pomocą techniki odwróconej osmozy, która gwarantuje jej odpowiednią jakość. To bardzo efektywna technologia, ale ma poważną wadę w postaci bardzo dużej objętości ścieków usuwanych bezpośrednio do kanalizacji (około 75%). Wodę tę jednak można wykorzystać do różnych innych celów, takich jak splukiwanie

toalety, pranie lub kąpiele [19]. Tarrass i wsp. [20] przedstawili nowatorski pomysł wykorzystania ścieków z hemodializy jako źródła fosforu i azotu do nawożenia gleby. Według ich badań z tych ścieków można odzyskać prawie 100% fosforanów i 25% amoniaku. Kolejnym problemem jest przyjmowanie leków przez pacjentów z PChN, co przyczynia się do zanieczyszczenia środowiska, ponieważ zużyty dializat wylewany wprost do kanalizacji zawiera znaczne ilości metabolitów, które mogą być bardziej niebezpieczne niż same leki, a z którymi oczyszczalnie nie dają sobie rady [21]. Rodzi się więc pytanie — jaki procent produkowanej przez stacje uzdatniania wody jest przez nas spożywany? Jak się okazuje jest to zaledwie 1%, natomiast cała reszta jest wykorzystywana do innych, niespożywczych celów [22]. Jednocześnie ponad miliard ludzi na całym świecie nie ma dostępu do wody pitnej dobrej jakości, a prawie 3 miliardy odczuwa jej niedobór. Populacja ludzka przyrasta w niespotykanym dotąd tempie, co naturalnie zwiększa zapotrzebowanie na wodę. Mam obecnie 61 lat, a urodziłem się wtedy, kiedy na Ziemi żyło niecałe 3 miliardy ludzi, obecnie żyje na niej prawie 8 miliardów, czyli prawie 3 razy więcej. Niedobór zasobów naturalnych, takich jak woda, rosnące koszty energii oraz emisja gazów cieplarnianych związana jest m.in. z każdym etapem leczenia nerkozastępczego. Z jednej strony powoduje to wzrost kosztów środowiskowych („ślad węglowy”), a z drugiej — każdorazowo ratuje i podtrzymuje życie pacjentom ze schyłkową niewydolnością nerek przez wiele lat. Według raportów zebranych z polskich ośrodków dializ, podczas każdej sesji hemodializy zużywa się ponad 500 l wody, 7 kWh energii i wytwarza ponad 1 kg odpadów medycznych. Biorąc pod uwagę fakt, że każdy pacjent wymaga statystycznie 156 sesji hemodializy rocznie to średnie roczne zużycie wody i energii przekracza odpowiednio 78 m<sup>3</sup> i 1100 kWh na każdego pacjenta ([https://stat.gov.pl/files/gfx/portalinformacyjny/pl/defaultaktualnosci/5485/2/4/1/zuzycie\\_energii\\_w\\_gospodarstwach\\_domowych\\_w\\_2018.pdf](https://stat.gov.pl/files/gfx/portalinformacyjny/pl/defaultaktualnosci/5485/2/4/1/zuzycie_energii_w_gospodarstwach_domowych_w_2018.pdf)). Dla porównania, średnie zużycie energii elektrycznej w gospodarstwie domowym utrzymuje się na poziomie 900 kWh/osobę/rok i 117–180 litrów wody na osobę dziennie (43–65 m<sup>3</sup>/rok) ([www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/household-energy-consumption/household-water-consumption](http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/household-energy-consumption/household-water-consumption)).

Jeśli pomnożymy to razy ilość pacjentów dializujących się na całym świecie obraz wpływu leczenia nerkozastępczego na zasoby naszej

planety staje się naprawdę znaczący. Aktualnie w użyciu lub opracowywanych jest kilka kompaktowych systemów dializ (do noszenia lub przenośnych), które wraz z korzyściami ekologicznymi w postaci mniejszego zużycia wody, mogą również zapewnić większą elastyczność i są bardziej przyjazne dla użytkownika [23].

Najczęstszym źródłem płynu dializacyjnego jest jego wytwarzanie z płynnego koncentratu dostarczanego w pojemnikach lub plastikowych workach. Jego zużycie zależy od różnych czynników, takich jak m.in. typ aparatu do hemodializy, czas trwania sesji, zalecany przepływ. Nowoczesne aparaty do hemodializy są wyposażone w moduły, które automatycznie reagują na stosunek natężenia przepływu płynu dializacyjnego do przepływu krwi pacjenta i minimalizują tym samym ilość zużytych płynów dializacyjnych. Ilość koncentratów dostarczanych do ośrodka dializ jest głównym czynnikiem wpływającym na koszty transportu od producenta do odbiorcy końcowego. Wysokie ceny paliw sprawiły, że koszt transportu stał się jednym z najistotniejszych kosztów leczenia, jak i kosztów środowiskowych.

W pracy Zawieruchy i wsp. [24] opisano ekonomiczną i środowiskową analizę kosztów przygotowywania dializatu na miejscu wykonywania dializ w porównaniu ze stosowaniem płynnych koncentratów dostarczanych przez dostawców w plastikowych pojemnikach. Autorzy oszacowali ilości CO<sub>2</sub> uwalnianego do atmosfery podczas transportu płynów lub koncentratów do dializ. Wykazano, że ślad węglowy wytwarzany podczas transportu płynnych koncentratów może być nawet czterokrotnie wyższy niż w przypadku transportu suchych koncentratów. Wykorzystanie odpowiednich funkcji aparatów do hemodializy pozwala na znaczące zmniejszenie masy odpadów i redukcję objętości płynu dializacyjnego potrzebnego do leczenia. Pomimo wielu ograniczeń i trudności związanych z prawidłowymi obliczeniami, ślad węglowy wydaje się być najbardziej uniwersalnym wskaźnikiem wpływu zmian klimatycznych. Ślad węglowy generowany podczas dializy był przedmiotem kilku badań przeprowadzonych w różnych krajach [25]. Wyniki różnią się istotnie biorąc pod uwagę ilość CO<sub>2</sub> uwalnianego do atmosfery podczas jednej sesji dializy (od 24,5 do 65,1 kg CO<sub>2</sub>). W pracy autorstwa Wieliczko i wsp. [26] przedstawiono kilka sugestii dotyczących zmniejszenia zużycia wody, wdrożenia polityki neutralności energetycznej, segregacji odpadów i recyklingu materiałów stosowanych w dializoterapii.

Obciążenie odpadami jest w znacznym stopniu związane ze zużywanymi materiałami pomocniczymi (m.in. rękawice, odzież ochronna, opakowania na żywność i leki). Ich utylizacja komplikuje obecność materiałów niebezpiecznych biologicznie lub toksycznych, które często utrudniają recykling lub nawet nie pozwalają na takie działania zgodnie z przepisami [27]. Zużycie energii związane z dializoterapią obejmuje m.in. produkcję filtrów, aparatury i innych materiałów eksploatacyjnych, a także produkcję i ogrzewanie dializatorów, monitoring, oświetlenie i klimatyzacja jednostki oraz transport materiałów i pacjentów, co niestety przyczynia się do znacznej produkcji gazów cieplarnianych i innych zanieczyszczeń. Porównano także wpływ na środowisko różnych metod dializ oraz przeszczepienia nerki [28]. Zdaniem autorów wpływ dializ był podobny, a transplantacja jest absolutnie najbardziej przyjazna środowisku. Ekologicznym argumentem za dializą otrzewnową w stosunku do hemodializoterapii jest fakt, że ta pierwsza nie wymaga tak częstego transportu chorych do stacji dializ, a ryzyko zakażeń i związane z tym powikłania są znacznie mniejsze. Ponadto, w przypadku dializ otrzewnowych, coraz popularniejsze jest zdalne monitorowanie pacjenta dializującego się w domu, co ogranicza częstość wizyt w Ambulatorium Dializ Otrzewnowych [29].

Obecnie modnym, aczkolwiek często nadużywanym określeniem jest „green”. Wszystko jest „zielone”, ale na ile jest to kwestia marketingu, a na ile realiów — często trudno udowodnić. Przykładowo, dyskusyjne wydaje się być określenie „zielony” przemysł modowy, mając świadomość, że zdecydowana większość mikroplastiku w środowisku nie pochodzi, wbrew lansowanym opiniom, z butelek typu PET, lecz właśnie z prania ubrań [30]. Zupełnie czym innym jest „zielona” nefrologia [31] czy zielona chemia, w tym chemia analityczna [32].

Zgodnie z definicją zielona chemia to poszukiwanie, projektowanie i wdrażanie chemicznych produktów i procesów umożliwiających redukcję lub eliminację używania i wytwarzania niebezpiecznych odpadów. Z kolei zielona chemia analityczna jest kluczowym elementem chemii, ponieważ zapewnia ewolucję w innych dziedzinach nauk chemicznych [33]. Określenie *Green Analytical Chemistry* (GAC) użyli po raz pierwszy w roku 1981 Anastas i Warner [34]. Opracowali oni zasady, które dotyczą działań jakie powinny uwzględniać laboratoria analityczne w swojej pracy. Są to

następujące kryteria i zalecenia: w miarę możliwości należy stosować bezpośrednie metody pomiarowe, nie wymagające przygotowania próbek do analizy; liczba i wielkość próbek powinny być jak najmniejsze; jeśli to możliwe, pomiar należy wykonać na miejscu (*in-situ*); poszczególne procesy i operacje analityczne powinny być zintegrowane; jeśli to możliwe, należy stosować metody automatyczne i zminiaturyzowane; w miarę możliwości należy unikać derywatywacji próbek przed analizą; liczba wytwarzanych odpadów powinna zostać zdecydowanie zmniejszona, a ich zagospodarowanie powinno być zgodne z obowiązującymi przepisami; tam, gdzie to możliwe, należy stosować metody wieloparametrowe; zużycie energii powinno być zminimalizowane; należy preferować stosowanie odczynników ze źródeł odnawialnych; toksyczne odczynniki i rozpuszczalniki należy wyeliminować lub zamienić na alternatywne nietoksyczne; należy poprawić bezpieczeństwo pracy chemików analityków. Jednoczesne spełnienie wszystkich ww. celów w realiach laboratoryjnych nie jest możliwe, ale stanowią one wskazówki, jakimi powinniśmy się kierować przy wyborze konkretnej metody analitycznej dla danego zastosowania [35]. Przyczyniają się one do wprowadzania nowych technologii przyjaznych dla środowiska zgodnie z ideą zrównoważonego rozwoju.

Pacjenci nefrologiczni są bardzo często badani w szerokim zakresie analitycznym (m.in. nieorganiczne i organiczne aniony i kationy, metale, wybrane związki organiczne itp.) oraz rodzaju próbek (m.in. krew, moczu czy płyny dializacyjne). W związku z powyższym codziennie w laboratoriach medycznych na całym świecie wykonuje się miliony takich analiz, co niewątpliwie ma wpływ na stan środowiska poprzez zużycie odczynników chemicznych oraz energii, a także ilości produkowanych odpadów. Jedną z rutynowych metod oznaczania tak ważnych w nefrologii analitów, jak nieorganiczne i organiczne jony jest chromatografia jonowa [36], którą można zaliczyć do metod zielonej chemii analitycznej [37].

Przedstawione w pracy [38] szacunkowe wyliczenia i porównanie chromatografii jonowej (IC) z innymi metodami klasycznymi oznaczania głównych nieorganicznych jonów wskazują na to, że jej parametry analityczne, dostępność i powszechność stosowania, szczególnie w laboratoriach wykonujących rutynowe analizy (w tym środowiskowe) niewątpliwie przyczynia się do lepszej ochrony środowiska, jak i samych użytkowników niż inne metody



oznaczania jonów. Na szczególną uwagę zasługuje kilka osiągnięć, które znacznie przyspieszyły rozwój IC w ostatnich latach. Są to: wprowadzenie elucji gradientowej i wysoko-wydajnych supresorów; bardziej selektywne i dedykowane fazy stacjonarne; kapilarna i wielowymiarowa IC, czy miniaturyzacja przyrządów oraz coraz szerszy dostęp do technik łączonych.

## PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Zanieczyszczenia środowiska i problemy ekologiczne z jednej strony przyczyniają się do powstawania i rozwoju chorób nerek, z drugiej zaś leczenie nerkozastępcze wywiera istotnie niekorzystny wpływ na środowisko. Zmiany klimatu, kurczące się zasoby naturalne i rosnące zapotrzebowanie na usługi medyczne tworzą nową rzeczywistość i wyzwania, które należy wziąć pod uwagę w planowaniu przyszłych

działań. Szczególnie środowisko medyczne powinno być wyczułone na kwestie środowiskowe i starać się ograniczać wpływ swojej działalności na jego stan. Warto ponownie przemyśleć niektóre procedury i ich zasady związane z dializoterapią. Istnieje potrzeba stworzenia przejrzystych rejestrów obciążeń ekologicznych związanych z materiałami eksploatacyjnymi, sprzętem i lekami, w tym zużyciem wody i produkcji ścieków, aby procesy produkcyjne, aplikacje i gospodarowanie odpadami były bardziej przyjazne dla środowiska, w którym żyjemy. Działalność placówek dializacyjnych przyczynia się do zużycia potężnych ilości energii i wody oraz generuje duże ilości odpadów. Rosnące koszty zasobów naturalnych, takich jak woda i nośniki energii, a także koszty utylizacji odpadów powinny wpływać na nasz sposób myślenia o optymalnym wykorzystaniu dostępnych zasobów tak, aby dializa była bardziej przyjazna dla środowiska.

### ABSTRACT

It is estimated that at the end of the 19th century the number of chemical substances present in the environment was about 300,000. Today, according to the Chemical Abstract Service database (CAS, <https://www.cas.org/cas-data/cas-registry>), the number of known substances (most of which are man-made) is already more than 125,000,000. Although at the level of concentrations that can directly threaten us it is „only” about a million substances, but keeping in mind the synergistic effect, their impact on our health

is enormous. One of the most common diseases of civilization is kidney disease, which is mostly asymptomatic, but contributes to the death of millions of people. In cases of end-stage renal failure, renal replacement therapy is necessary. Hemodialysis and peritoneal dialysis, on the one hand, save patients' lives, and on the other hand, have a major impact on environmental pollution and carbon footprint. This paper addresses these interrelationships.

Forum Nefrol Edu 2024, vol 4, no 1, XX–XX

**Keywords: chronic kidney disease, dialysis therapy, environment, carbon footprint**

1. Michalski R. Application of IC-MS and IC-ICP-MS in Environmental Research. John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey 2016: 1–269.
2. Michalski R. Chapter 16: Applications of ion chromatography in environmental analysis. In: Nesterenko PN, Poole CF, Sun Y. ed. The Handbook of Separation Science: Ion-Exchange Chromatography and Related Techniques. Elsevier 2024: 333–349.
3. Michalski R. Application of ion chromatography in clinical studies and pharmaceutical industry. Mini Rev Med Chem. 2014; 14(10): 862–872, indexed in Pubmed: [25307306](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25307306/).
4. Michalski R, Lyko A. Research onto the contents of selected inorganic ions in the dialysis fluids and dialysates by using ion chromatography. Journal of Liquid Chromatography & Related Technologies. 2016; 39(2): 96–103, doi: [10.1080/10826076.2015.1128443](https://doi.org/10.1080/10826076.2015.1128443).
5. Ripple W, Wolf C, Newsome T, et al. World Scientists' Warning of a Climate Emergency. BioScience. 2019, doi: [10.1093/biosci/biz088](https://doi.org/10.1093/biosci/biz088).
6. Reports and statements Biosciences 17.08.2022, Health in the Climate Emergency: A global perspective. <https://easac.eu/publications/details/health-in-the-climate-emergency-a-global-perspective>.
7. Reports and statements Environment 05.04.2022, Regenerative agriculture in Europe. <https://easac.eu/publications/details/regenerative-agriculture-in-europe>.
8. Reports and statements Environment 28.02.2022, Forest bioenergy update: BECCS and its role in integrated assessment models, <https://easac.eu/publications/details/forest-bioenergy-update-beccs-and-its-role-in-integrated-assessment-models>.
9. Reports and statements Environment 11.03.2020, Packaging plastics in the circular economy. <https://easac.eu/publications/details/packaging-plastics-in-the-circular-economy>.
10. Reports and statements Environment 29.10.2020, Towards a sustainable future: transformative change and post-COVID-19 priorities, Perspective by EASAC's Environment

Piśmiennictwo

- Programme. <https://easac.eu/publications/details/towards-a-sustainable-future-transformative-change-and-post-covid-19-priorities>.
11. Wu MY, Lo WC, Chao CT, et al. Association between air pollutants and development of chronic kidney disease: A systematic review and meta-analysis. *Sci Total Environ*. 2020; 706: 135522, doi: [10.1016/j.scitotenv.2019.135522](https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135522), indexed in Pubmed: [31864998](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31864998/).
  12. Johnson RJ, Sánchez-Lozada LG, Newman LS, et al. Climate Change and the Kidney. *Ann Nutr Metab*. 2019; 74 Suppl 3: 38–44, doi: [10.1159/000500344](https://doi.org/10.1159/000500344), indexed in Pubmed: [31203298](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31203298/).
  13. Foreman KJ, Marquez N, Dolgert A, et al. Forecasting life expectancy, years of life lost, and all-cause and cause-specific mortality for 250 causes of death: reference and alternative scenarios for 2016–40 for 195 countries and territories. *Lancet*. 2018; 392(10159): 2052–2090, doi: [10.1016/S0140-6736\(18\)31694-5](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31694-5), indexed in Pubmed: [30340847](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30340847/).
  14. Vanholder R, Annemans L, Brown E, et al. European Kidney Health Alliance. Reducing the costs of chronic kidney disease while delivering quality health care: a call to action. *Nat Rev Nephrol*. 2017; 13(7): 393–409, doi: [10.1038/nrneph.2017.63](https://doi.org/10.1038/nrneph.2017.63), indexed in Pubmed: [28555652](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28555652/).
  15. Dębska-Ślizień A, Rutkowski B, Jagodziński P, et al. etc. Aktualny stan leczenia nerkozastępczego w Polsce – 2022. *Nefrol Dializ Pol*. 2022; 26: 21–38.
  16. Legallais C, Kim D, Mihaila SM, et al. Bioengineering Organs for Blood Detoxification. *Adv Healthc Mater*. 2018; 7(21): e1800430, doi: [10.1002/adhm.201800430](https://doi.org/10.1002/adhm.201800430), indexed in Pubmed: [30230709](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30230709/).
  17. Burnier M, Fouque D. Global warming applied to dialysis: facts and figures. *Nephrol Dial Transplant*. 2021; 36(12): 2167–2169, doi: [10.1093/ndt/gfab260](https://doi.org/10.1093/ndt/gfab260), indexed in Pubmed: [34486057](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34486057/).
  18. Agar JWM, Barraclough KA. Water use in dialysis: environmental considerations. *Nat Rev Nephrol*. 2020; 16(10): 556–557, doi: [10.1038/s41581-020-0296-3](https://doi.org/10.1038/s41581-020-0296-3), indexed in Pubmed: [32409781](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32409781/).
  19. Agar JWM. Reusing and recycling dialysis reverse osmosis system reject water. *Kidney Int*. 2015; 88(4): 653–657, doi: [10.1038/ki.2015.213](https://doi.org/10.1038/ki.2015.213), indexed in Pubmed: [26422618](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26422618/).
  20. Tarrass F, Benjelloun H, Benjelloun M. Nitrogen and phosphorus recovery from hemodialysis wastewater to use as an agricultural fertilizer. *Nefrologia (Engl Ed)*. 2023; 43 Suppl 2: 32–37, doi: [10.1016/j.nefro.2023.05.007](https://doi.org/10.1016/j.nefro.2023.05.007), indexed in Pubmed: [38245438](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38245438/).
  21. Herrmann M, Olsson O, Fiehn R, et al. The significance of different health institutions and their respective contributions of active pharmaceutical ingredients to wastewater. *Environ Int*. 2015; 85: 61–76, doi: [10.1016/j.envint.2015.07.020](https://doi.org/10.1016/j.envint.2015.07.020), indexed in Pubmed: [26340755](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26340755/).
  22. Nawrocki J, Biłozor S. Uzdatanie wody. PWN, Warszawa 2000.
  23. Himmelfarb J, Ratner B. Wearable artificial kidney: problems, progress and prospects. *Nat Rev Nephrol*. 2020; 16(10): 558–559, doi: [10.1038/s41581-020-0318-1](https://doi.org/10.1038/s41581-020-0318-1), indexed in Pubmed: [32612282](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32612282/).
  24. Zawierucha J, Marcinkowski W, Prystacki T, et al. Green Dialysis: Let Us Talk about Dialysis Fluid. *Kidney Blood Press Res*. 2023; 48(1): 385–391, doi: [10.1159/000530439](https://doi.org/10.1159/000530439), indexed in Pubmed: [37166319](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37166319/).
  25. Sehgal AR, Slutzman JE, Huml AM. Sources of Variation in the Carbon Footprint of Hemodialysis Treatment. *J Am Soc Nephrol*. 2022; 33(9): 1790–1795, doi: [10.1681/ASN.2022010086](https://doi.org/10.1681/ASN.2022010086), indexed in Pubmed: [35654600](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35654600/).
  26. Wieliczko M, Zawierucha J, Covic A, et al. Eco-dialysis: fashion or necessity. *Int Urol Nephrol*. 2020; 52(3): 519–523, doi: [10.1007/s11255-020-02393-2](https://doi.org/10.1007/s11255-020-02393-2), indexed in Pubmed: [32008203](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32008203/).
  27. Piccoli GB, Nazha M, Ferraresi M, et al. Eco-dialysis: the financial and ecological costs of dialysis waste products: is a „cradle-to-cradle” model feasible for planet-friendly haemodialysis waste management? *Nephrol Dial Transplant*. 2015; 30(6): 1018–1027, doi: [10.1093/ndt/gfv031](https://doi.org/10.1093/ndt/gfv031), indexed in Pubmed: [25808949](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25808949/).
  28. Grafals M, Sanchez R. The environmental impact of dialysis vs transplantation. *Am J Transplant*. 2016; 16: C74.
  29. Bubięczyk A, Suchowierska E, Naumnik B. The use of remote patient management in early diagnosis of ultrafiltration failure in peritoneal dialysis. *Renal Disease and Transplant. Forum*. 2022; 15(2): 87–94.
  30. Michalski R. Mikroplastiki i metody ich oznaczania. *Źródło*. 2023; 62(1): 4–9.
  31. Barraclough KA, Agar JWM. Green nephrology. *Nat Rev Nephrol*. 2020; 16(5): 257–268, doi: [10.1038/s41581-019-0245-1](https://doi.org/10.1038/s41581-019-0245-1), indexed in Pubmed: [32034297](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32034297/).
  32. Namieśnik J. Green analytical chemistry - Some remarks. *Journal of Separation Science*. 2001; 24(2): 151–153, doi: [10.1002/1615-9314\(20010201\)24:2<151::aid-jssc151>3.0.co;2-4](https://doi.org/10.1002/1615-9314(20010201)24:2<151::aid-jssc151>3.0.co;2-4).
  33. Silvestri C, Silvestri L, Forcina A, et al. Green chemistry contribution towards more equitable global sustainability and greater circular economy: A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*. 2021; 294: 126137, doi: [10.1016/j.jclepro.2021.126137](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126137).
  34. Anastas PT, Warner JC. *Green Chemistry: Theory and Practice*. Oxford University Press, Oxford, United Kingdom 1998.
  35. Armenta S, Garrigues S, Guardia Md. *Green Analytical Chemistry*. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*. 2008; 27(6): 497–511, doi: [10.1016/j.trac.2008.05.003](https://doi.org/10.1016/j.trac.2008.05.003).
  36. Michalski R. *Chromatografia jonowa*. PWN, Warszawa 2020.
  37. Michalski R, Pecyna-Utylska P. Green Aspects of Ion Chromatography versus Other Methods in the Analysis of Common Inorganic Ions. *Separations*. 2021; 8(12): 235, doi: [10.3390/separations8120235](https://doi.org/10.3390/separations8120235).
  38. Michalski R, Pecyna-Utylska P. Ion chromatography as a part of green analytical chemistry. *Archives of Environmental Protection*. 2023, doi: [10.24425/aep.2020.135759](https://doi.org/10.24425/aep.2020.135759).