

Statusartikel

Grøn hæmodialyse

Signe Wisbech Jacobsen, Lars Just Ladegaard Brinch & Pernille Mørk Hansen

Afdeling for Nyresygdomme, Københavns Universitetshospital – Herlev Hospital

Ugeskr Læger 2025;187:V09240655. doi: 10.61409/V09240655

HOVEDBUDSKABER

- Hæmodialyse er en højteknologisk behandling med et stort klimaaftryk.
- Behandlingens klimaaftryk kan nedbringes gennem en række målrettede indsatser.
- En grønnere hæmodialyse kan reducere danske hospitalers CO₂-udledning og samtidig medføre økonomiske gevinster.

Det anslås, at sundhedssektoren står for omkring 6% af Danmarks samlede CO₂-udledning [1]. Mange specialer har særligt klima- og miljøbelastende områder, som der må arbejdes med, hvis Danske Regioners mål om en halvering af hospitalernes CO₂-udledninger inden 2035 [1] skal nås. Inden for nefrologien er hæmodialyse et sådant område.

I Lægeforeningens klimaudspil opfordres læger til at medvirke til at reducere sundhedsvæsenets CO₂-aftryk gennem deres arbejde [2]. Verden over har flere nefrologer taget dén udfordring op. Begrebet grøn nefrologi er spiret frem som udtryk for bevægelsen mod en mere bæredygtig håndtering af nyresygdom.

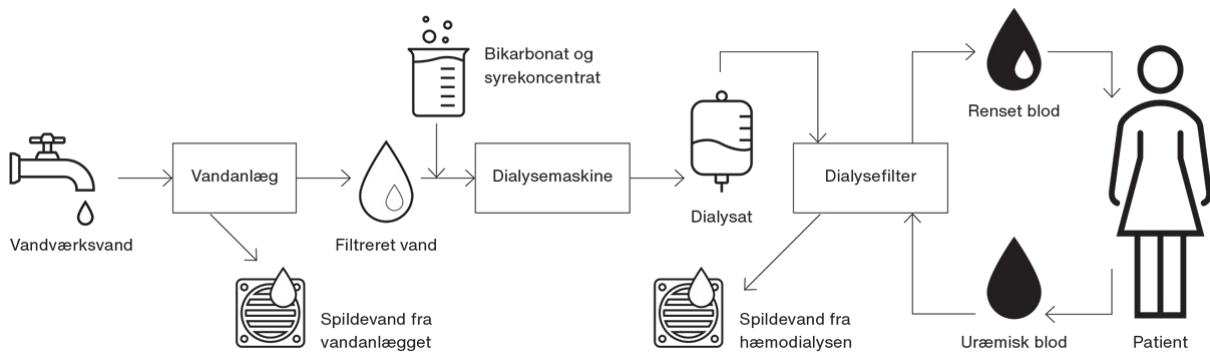
Denne artikel belyser udviklingen mod en grønnere hæmodialyse. Artiklen kan ruste læger, der arbejder med hæmodialyse, til at indtænke og efterspørge bæredygtighed i deres kliniske hverdag. Måske kan eksemplet fra nefrologien også inspirere andre læger til at søge efter grønnere løsninger inden for deres speciale.

BEHANDLINGEN OG DENS AFTRYK

Aktiv livsforlængende behandling af patienter med terminalt nyresvigt består i nyretransplantation, peritoneal- eller hæmodialyse. Denne artikel fokuserer på hæmodialyse, som er den mest anvendte dialyseform. I 2023 var der 2.638 hæmodialysepatienter i Danmark [3], hvoraf størstedelen blev behandlet på landets hospitaler.

Hæmodialyse er en højteknologisk behandling, hvor der ved hjælp af en dialysemaskine transporteres stoffer over en membran (et dialysefilter), som adskiller blod og dialysat (**Figur 1**). Processen renser patientens blod for affaldsstoffer og fjerner eventuelt overskydende vand. De fleste kroniske hæmodialysepatienter gennemgår fire timers dialyse tre gange hver uge, svarende til 156 dialyser årligt.

FIGUR 1 Vandets vej gennem dialysesystemet.



Studier fra fire forskellige lande har beregnet, at behandlingen udleder 3,8-10,2 ton CO₂/dialysepatient/år [4-7] afhængig af lokale forhold. Til sammenligning udleder den gennemsnitlige verdensborger og dansker hhv. 6 og 13 ton CO₂/år [8].

MINDRE VANDFORBRUG

En standarddialysebehandling forbruger nogle steder op til 500 l vand [9], mens det under danske forhold er omkring 360 l vand. Dialyseafsnittet på Herlev Hospital alene forbruger 15-16 millioner liter vand om året. Forskellige indsatser kan sænke vandforbruget.

Reduktion

Siden 1960'erne har et dialysatflow på 500 ml/min været standard. De senere år er der lanceret dialysemaskiner, som kan tilpasse flowet til blodflowet og reducere forbruget af dialysat med 8-30% uden at sænke dialysekvaliteten [10]. Denne type maskiner er for nylig valgt til de fleste danske dialyseafsnit.

For at gøre vandværksvand egnet til dialyse ledes det gennem et vandanlæg bestående af forskellige filtre, en ionbytter og en revers osmoseenhed (Figur 1). Anlæggene kører som udgangspunkt i døgndrift, til trods for at der primært dialyseres i dagtid. I 2024 gennemførte man lokalt på hhv. Herlev Hospital og Rigshospitalet en omprogrammering af de eksisterende anlæg og opnåede en reduktion af vandforbruget på omtrent 20% og 25% ved at optimere driften.

Genbrug

En af årsagerne til hæmodialyses store vandforbrug er, at der går vand til spildevand, når vandværksvand laves til dialysevand. I de ældste anlæg i Danmark ledes 1 l vand til kloakken for hver 1 l filtreret vand, de producerer (Figur 1). Andre steder i verden er spildet dobbelt så stort [9]. Nye vandanlæg kan genbruge spildevandet og derved begrænse spildet. Et fransk dialyseafsnit halverede det samlede vandforbrug ved at skifte til et nyt vandanlæg [11]. Der vil dog altid være et vandtab, da det slider på anlæggenes membraner at recirkulere spildevand mange gange [9].

Genanvendelse

Spildevand fra vandanlæg er rent filtreret vand, der ledes i kloakken uden at have været i nærheden af patienten (Figur 1). Fraset et lidt højere saltindhold ligner det postevand [12] og er anvendeligt til mange formål. Dialysecentre i bl.a. England og Australien har installeret systemer, der opsamler vandet og genanvender det til f.eks. vaskeri eller toiletskyl [13-15]. Projekterne sparer mange millioner liter vand årligt og er derfor yderst rentable – især når de indtænkes i nybyggeri (Tabel 1). I Danmark ledes denne type spildevand fortsat direkte i

kloakken. En australsk gruppe har lavet en håndbog til dem, der vil i gang med et projekt [16].

TABEL 1 Cases for genanvendelse af spildevand fra vandanlæg [13-15].

Hvor?	Hvad?	Hvorfor?	Økonomi
Dialyseafsnit på hospital + 2 satellit-enheder (i alt 30 dialysepladser) i Geelong, Australien	Efterinstallering af system, der genanvender spildevand fra vandanlæg i bl.a. steriliseringscentral, toiletskyll og vanding af udendørsarealer	> 5.000.000 l vand sparet årligt	Etableringsudgift indtjent efter 2,5 år Økonomisk gevinst ej angivet
Dialyseafsnit på børnehospital i Bristol, England	Efterinstallering af system, der genanvender spildevand fra vandanlæg til dampproduktion i hospitalets »boiler house«	> 13.000.000 l vand sparet årligt	Etableringsudgift (45.000 pund) indtjent efter 3 år Økonomisk gevinst: > 15.000 pund/år
Nybygget dialysesatellitenhed i Kent, England	Indbygget system til genanvendelse af spildevand fra vandanlæg i vaskeriet som led i opførelsen af ny dialyseenhed	4.920.000 l vand sparet årligt	Etableringsudgift (2.500 pund) indtjent efter få mdr. Økonomisk gevinst: 10.000 pund/år

Genanvendelse af spildevand fra hæmodialysemaskiner, som primært udgøres af det brugte dialysat, er mindre ligetil. Det skyldes især et meget højt saltindhold og en i hvert fald teoretisk risiko for overførsel af sygdomme [17]. Et muligt perspektiv er at udvinde vandets nitrogen og fosfor. Et marokkansk studie har illustreret, hvordan spildevand fra 20 dialysepladser kan gøde over fem hektar jord [18]. Tankegangen er om ikke åbenlyst grøn, så i hvert fald kreativ.

GRØNNE INDKØB OG BEDRE AFFALDSHÅNDTERING

Produktion, transport og bortskaffelse af hæmodialyseudstyr udgør en væsentlig del af behandlingens samlede aftryk. Ifølge en britisk undersøgelse producerer én hæmodialyse omkring 2,5 kg affald [19], mens en italiensk gruppe har målt mængden af plastaffald pr. hæmodialyse til 1,5-8 kg [20]. Der kan sættes ind flere steder.

Reduktion

Dialysat blandes af filtreret vand, bikarbonat og et syrekonzentrat, som leveres i væske- eller pulverform. Det mest koncentrerede pulversyrekonzentrat fylder og vejer mindst, hvorfor klimaaftrykket fra transporten er 75% lavere [21]. I et italiensk dialysecenter medførte skift fra flydende syrekonzentrat i 5-liters plastposer (én pr. dialyse) til pulver leveret i store tønder til opblanding lokalt, tilmed 11,5 ton mindre plastaffald og 7,1 ton mindre spildt syrekonzentrat årligt. Dertil kom en økonomisk besparelse på 25.220 euro/år [22]. Nogle danske dialyseafsnit anvender allerede koncentrat i pulverform, mens der i bl.a. Region Hovedstaden arbejdes på at overgå til systemet på de fleste afsnit de kommende år.

Der foreligger begrænsede data for, hvor meget og hvordan forskellige dialysemaskiner og tilhørende engangsudstyr belaster klima og miljø, hvilket kan gøre det svært at »købe grønt« trods et stigende fokus herpå i udbudsarbejde. Et studie har fundet forskel på op til 200 g plastaffald pr. dialyse, afhængig af hvilken maskine der bruges, og efterlyser mere åbenhed fra producenterne [10].

Engangsudstyret kommer i præpakkede »startsæt« (én pr. dialyse), som indeholder dele, der kun anvendes til nogle dialyser, hvilket fører til, at ubrugte utensilier smides ud. Med hver levering af udstyr følger instruktionsmateriale, som oftest blot kasseres. Der er potentiale for at minimere ressourcenspildet i samarbejde med industrien.

Hvordan dialyseaffald håndteres, har også betydning. Ifølge et italiensk studie kan der være flere kilo affald og op til ti euro pr. dialyse til forskel på den mest lemfældige og mest optimale affaldshåndtering. Reduktionen opnås ved at tømme beholdere for restindhold og sortere korrekt, hvilket tager personalet et minut ekstra pr. dialyse [20]. Den økonomiske gevinst kommer især af en reduceret mængde klinisk risikoaffald, som er dyrt at bortskaffe [20] og belaster klima og miljø i særlig grad [9, 11].

Genbrug

I dele af verden anvendes dialysefiltre til flergangsbrug, men der mangler dokumentation for sikkerheden [23]. Det er heller ikke undersøgt, om genbrug af dialysefiltre reelt er mere bæredygtigt, når forbrug af kemikalier til rensning vejes op mod det øgede plastforbrug, der er forbundet med engangsfiltre. Der er brug for mere viden på området, også om potentialet for genbrug af andre dele af dialysesystemet.

Genanvendelse

Det anbefales at gennemgå affald og procedurer på de enkelte dialyseenheder (lave audits) for at sikre optimal genanvendelse [11]. Desværre er kun en fjerdedel af affald fra hæmodialyse aktuelt genanvendeligt ifølge den eneste publicerede analyse heraf [20]. Dette skyldes stramme regler for håndtering af klinisk risikoaffald, men også detaljer som limede samlinger og labels [20]. Behovet for et øget fokus på dette i udviklingen af fremtidens dialyseudstyr er evident. I ventetiden kan mere kreative måder at genanvende affaldet på være af betydning. I Australien arbejder man f.eks. med at tilføje makuleret og steriliseret dialyseplast til beton, hvilket ser ud til at gøre materialet mere stabilt [9].

FÆRRE DIALYSER

Foruden arbejdet med dialyseprocessen omfatter »grøn nefrologi« styrkelsen af primær- og sekundærforebyggelse af nyresvigt såvel som adgangen til nyretransplantation [9, 24]. Dertil kommer arbejdet for en bedre selektion af dialysepatienter, så behandlingen kun opstartes, når den forventes at komme patienten til gavn og tilvælges af patient og pårørende på et velinformeret grundlag [24]. Sidstnævnte har uden bæredygtighed som erklæret mål været et fokus i Danmark de senere år med indførelse af maksimal medicinsk uræmi behandling (MMU) som et konservativt behandlingsalternativ til dialyse, fortrinsvis til patienter med høj alder og svær komorbiditet.

Hos en del patienter kan der desuden startes op med dialyse 1-2 gange/uge, frem for de vanlige tre gange/uge [25]. »Incremental dialysis« udnytter, at patienter ofte har nogen restnyrefunktion initialt og giver patienterne mere liv uden for hospitalet.

I et fransk kohortestudie [26] kunne to tredjedele af 158 nye dialysepatienter startes trinvist, hvilket medførte 16% færre dialyser uden at øge mortaliteten eller antal indlæggelser. Foruden den grønne gevinst sparede man godt to millioner euro over fire år. Metoden anvendes nogle steder i Danmark, men er endnu ikke vidt udbredt.

ORGANISERING

Et vigtigt første skridt mod en grønnere dialyseafdeling er at sætte konkrete mål og installere målere, så man kan følge forbrug og evaluere indsatsen [11]. I en række franske dialysecentre indførte man i 2005 månedlig monitorering af affaldsmængde, energi- og vandforbrug. Gennem målrettede indsatser kunne man 13 år senere dialysere med 30% mindre energi og 50% mindre vand [11]. Monitorering muliggør også løbende rapportering om effekterne af nye tiltag til dialysepersonalet, hvilket kan være vigtigt for at sikre motivation og støtte til ændrede arbejdsgange.

I det engelske sundhedsvæsen, NHS, har man siden sidst i 2000'erne arbejdet på at nedbringe klimaaftrykket med nefrologien som et af fokusområderne. Indsatserne tæller bl.a. et netværk af grønne ambassadører inkluderende > 80% af landets nefrologiske afdelinger og vidensdeling gennem en online ressourcebank [27]. Sidenhen er der kommet flere aktører og initiativer, som kan tjene som inspiration for indsatser i Danmark: I slutningen af 2024 blev der f.eks. udrullet et gratis onlinekursus i bæredygtig nefrologi [28] som led i »Project KitNewCare« – et vidtrækkende grønt EU-støttet initiativ, som involverer dialysecentre og industri i flere lande. Og tidligere samme år udgav canadiske nefrologer og nonprofitorganisationen Cascades drejebogen

»Sustainable kidney care« [24].

Gennem grønne interessegrupper under nationale nefrologiske selskaber har man sat bæredygtighed på dagsordenen i Australien, New Zealand, Canada, Storbritannien, Italien og Frankrig. I erkendelse af, at klimakrise er lig med sundhedskrise, har adskillige aktører således fulgt opfordringer fra bl.a. European Kidney Health Alliance og International Society of Nephrology [29, 30] til handling på området. Hos Dansk Nefrologisk Selskab er grøn nefrologi endnu ikke et arbejdsområde, men det bliver det forhåbentlig. Dansk Selskab for Almen Medicin og interessegruppen Grøn Praksis har allerede vist, at et dansk specialeselskab kan arbejde aktivt med bæredygtighed gennem deres indsatser for en grønnere dansk primærsektor.

KONKLUSION

Hæmodialyse belaster klima og miljø. Rundtomkring i verden har læger i samarbejde med bl.a. sygeplejersker, teknikere og ingeniører vist, at det er muligt at dialysere under større hensyntagen til klodens ressourcer og fremtid. Mange har tilmed vist, at bæredygtige tiltag også kan give økonomiske gevinster. Også i Danmark har vi de senere år bevæget os mod en grønnere hæmodialyse, men der er et fortsat potentiale for indsatser, som kan bidrage til at nedbringe danske hospitalers klimaaftryk.

Korrespondance *Signe Wisbech Jacobsen*. E-mail: signe.wisbech.jacobsen@regionh.dk

Antaget 23. januar 2025

Publiceret på ugeskriftet.dk 3. marts 2025

Interessekonflikter ingen. Forfatterens ICMJE-formularer er tilgængelige sammen med artiklen på ugeskriftet.dk

Referencer findes i artiklen publiceret på ugeskriftet.dk

Artikelreference Ugeskr Læger 2025;187:V09240655

doi [10.61409/V09240655](https://doi.org/10.61409/V09240655)

Open Access under Creative Commons License [CC BY-NC-ND 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)

SUMMARY

Green haemodialysis

Haemodialysis is a widely used treatment for people with end-stage renal failure, one that comes at the cost of a high carbon footprint. Several studies have shown ways to minimize the treatment's negative impact on climate and the environment. This review highlights key principles of »green haemodialysis« in a Danish context, focusing on mitigating measures that could reduce the carbon footprint of Danish hospitals.

REFERENCER

1. Danske Regioner. Regionerne vil halvere hospitalernes CO₂-udledninger inden 2035, 2024. <https://www.regioner.dk/services/nyheder/2024/januar/regionerne-vil-halvere-hospitalernes-co2-udledninger-inden-2035/> (9. jan 2025)
2. Lægeforeningen. Klimapolitik er også sundhedspolitik, 2022. https://laeger.dk/media/lc5dgyfu/lf_politikpapir_klimapolitik_er_ogsaa_sundhedspolitik.pdf (25. dec 2024)
3. Dansk Nefrologisk Selskabs Landsregister (DNSL). Landsdækkende database for patienter med kronisk nyresvigt, 2024. https://nephrology.dk/wp-content/uploads/2024/12/4692_dnsil-aarsrapport-2023-offentliggjort-version-20240628.pdf
4. Sehgal AR, Sutzman JE, Huml AM. Sources of variation in the carbon footprint of hemodialysis treatment. *J Am Soc Nephrol*.

- 2022;33(9):1790-1795. <https://doi.org/10.1681/asn.2022010086>
5. Mtioui N, Zamd M, Taleb AA et al. Carbon footprint of a hemodialysis unit in Morocco. *Ther Apher Dial.* 2021;25(5):613-620. <https://doi.org/10.1111/1744-9987.13607>
 6. Connor A, Lillywhite R, Cooke MW. The carbon footprints of home and in-center maintenance hemodialysis in the United Kingdom. *Hemodial Int.* 2011;15(1):39-51. <https://doi.org/10.1111/j.1542-4758.2010.00523.x>
 7. Lim AE, Perkins A, Agar JW. The carbon footprint of an Australian satellite haemodialysis unit. *Aust Health Rev.* 2013;37(3):369-74. <https://doi.org/10.1071/ah13022>
 8. Minter M, Jensen CL, Chrintz T. Danmarks Globale Forbrugsudledninger. Sammenfatning, 2023. https://concito.dk/files/media/document/Danmarks%20globale%20forbrugsudledninger_sammenfatning.pdf (20. dec 2024)
 9. Barraclough KA, Agar JWM. Green nephrology. *Nat Rev Nephrol.* 2020;16(5):257-268. <https://doi.org/10.1038/s41581-019-0245-1>
 10. Gauly A, Fleck N, Kircelli F. Advanced hemodialysis equipment for more eco-friendly dialysis. *Int Urol Nephrol.* 2022;54(5):1059-1065. <https://doi.org/10.1007/s11255-021-02981-w>
 11. Bendine G, Autin F, Fabre B et al. Haemodialysis therapy and sustainable growth: a corporate experience in France. *Nephrol Dial Transplant.* 2020;35(12):2154-2160. <https://doi.org/10.1093/ndt/gfz284>
 12. Hmida MB, Mechichi T, Piccoli GB, Ksibi M. Water implications in dialysis therapy, threats and opportunities to reduce water consumption: a call for the planet. *Kidney Int.* 2023;104(1):46-52. <https://doi.org/10.1016/j.kint.2023.04.008>
 13. AGAR JWM. Conserving water in and applying solar power to haemodialysis: 'green dialysis' through wiser resource utilization. *Nephrology (Carlton).* 2010;15(4):448-53. <https://doi.org/10.1111/j.1440-1797.2009.01255.x>
 14. Mapping Greener Healthcare. Reuse of reject water from revers osmosis for steam production, 2023. <https://networks.sustainablehealthcare.org.uk/sites/default/files/resources/Reuse%20of%20reject%20water%20from%20reverse%20osmosis%20for%20steam%20production.pdf> (3. jan 2025)
 15. Connor A, Milne S, Owen A et al. Toward greener dialysis: a case study to illustrate and encourage the salvage of reject water. *J Ren Care.* 2010;36(2):68-72. <https://doi.org/10.1111/j.1755-6686.2010.00153.x>
 16. North West Dialysis Service. Handbook for reusing or recycling reverse osmosis reject water from haemodialysis in health care facilities. North West Dialysis Service & Melbourne Health. <https://www.clearwatervic.com.au/user-data/research-projects/swf-files/62r-2056-handbook.pdf> (9. jan 2025)
 17. Agar JWM. Reusing dialysis wastewater: the elephant in the room. *Am J Kidney Dis.* 2008;52(1):10-12. <https://doi.org/10.1053/j.ajkd.2008.04.005>
 18. 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. <https://doi.org/10.1016/j.nefro.2023.05.007>
 19. Hoenich NA, Levin R, Pearce C. Clinical waste generation from renal units: implications and solutions. *Semin Dial.* 2005;18(5):396-400. <https://doi.org/10.1111/j.1525-139X.2005.00078.x>
 20. 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):1018-27. <https://doi.org/10.1093/ndt/gfv031>
 21. 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. <https://doi.org/10.1159/000530439>
 22. Lentini P, Zanolli L, Granata A, Dell'Aquila R. MP771 In-house preparation and centralised distribution of acid dialysis concentrate: consideration on a practical experience. *Nephrol Dial Transplant.* 2017;32(suppl_3):iii716-iii716. <https://doi.org/10.1093/ndt/gfx181.MP771>
 23. Galvao TF, Silva MT, Araujo ME da et al. Dialyzer reuse and mortality risk in patients with end-stage renal disease: a systematic review. *Am J Nephrol.* 2012;35(3):249-58. <https://doi.org/10.1159/000336532>
 24. Stigant C, Nour S, Finkle N, Devitt K. Sustainable Kidney Care version 1.0, 2024. <https://cascadescanada.ca/resources/sustainable-kidney-care-playbook/> (5. jan 2025)
 25. Takavatakarn K, Jintanapramote K, Phannajit J et al. Incremental versus conventional haemodialysis in end-stage kidney disease: a systematic review and meta-analysis. *Clin Kidney J.* 2023;17(1):sfad280. <https://doi.org/10.1093/ckj/sfad280>
 26. Torreggiani M, Fois A, Chatreinet A et al. Incremental and personalized hemodialysis start: a new standard of care. *Kidney Int*

- Rep. 2022;7(5):1049-1061. <https://doi.org/10.1016/j.ekir.2022.02.010>
27. Centre for Sustainable Healthcare. Sustainable Healthcare Case Studies. <https://map.sustainablehealthcare.org.uk/green-nephrology-projects> (12. sep 2024)
28. KitNewCare. KitNewCare Sustainable Kidney Care Online Course, 2025. <https://www3.copernicus.co.uk/SHL/ContentEditor/20592/429/29/323/0> (9. jan 2025)
29. Vanholder R. Green nephrology. *Kidney Dial.* 2022;2(3):454-458. <https://doi.org/10.3390/kidneydial2030041>
30. Stigant CE, Barraclough KA, Harber M et al. Our shared responsibility: the urgent necessity of global environmentally sustainable kidney care. *Kidney Int.* 2023;104(1):12-5. <https://doi.org/10.1016/j.kint.2022.12.015>