

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10) **PL 245785 B1**

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **436862**

(22) Data zgłoszenia: **2021.02.01**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2022.08.08 BUP 32/2022**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2024.10.14 WUP 42/2024**

(51) MKP:

C05F 7/00 (2006.01)

C02F 11/122 (2019.01)

(73) Uprawniony z patentu:

POLITECHNIKA WROCŁAWSKA, Wrocław, PL
MIEJSKIE PRZEDSIĘBIORSTWO
WODOCIĄGÓW I KANALIZACJI
SPÓŁKA AKCYJNA, Wrocław, PL

(72) Twórca(-y) wynalazku:

DARIA PODSTAWCZYK, Jelcz-Laskowice, PL
KRYSTIAN CZUBA, Lubawka, PL
ANNA BASTRZYK, Wrocław, PL
KAMIL JANIĄK, Wrocław, PL
KORNELIA PACYNA, Wrocław, PL
MAŁGORZATA ŻÓŁTOWSKA, Wrocław, PL
NATALIA GEMZA, Wrocław, PL
PRZEMYSŁAW CHROBOT, Wrocław, PL

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Piotr Otręba, Wrocław, PL

(54) Tytuł:

Sposób otrzymywania koncentratu z komunalnych ścieków oczyszczonych do wykorzystania jako nawóz dla roślin, koncentrat, nawóz do roślin otrzymany z komunalnych ścieków oczyszczonych, układ do otrzymania koncentratu z komunalnych ścieków oczyszczonych

PL 245785 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób do otrzymywania koncentratu z komunalnych ścieków oczyszczonych do wykorzystania jako nawóz dla roślin, nawóz dla roślin otrzymany z komunalnych ścieków oczyszczonych, układ do otrzymania koncentratu z komunalnych ścieków oczyszczanych. Zagęszczony retentat nazywany koncentratem składników ścieków oczyszczonych stosowany jest jako nawóz dla roślin, a nawóz dla roślin ze ścieków to stymulator wzrostu roślin. Z zagęszczonego retentatu otrzymuje się nawóz poprzez jego rozcieńczenie. Wynalazek dotyczy również zintegrowanego trójstopniowego układu ciśnieniowego do procesów membranowych – mikrofiltracja, ultrafiltracja, nanofiltracja, do wytwarzania zagęszczonego retentatu (koncentratu) ze ścieków oczyszczonych do zastosowania jako nawóz do roślin, z równoczesną produkcją wody oczyszczonej.

Stymulatory wzrostu roślin to środki chemiczne pochodzenia organicznego, których działanie polega na aktywowaniu procesów fizjologicznych roślin, stymulując ich wzrost, a tym samym zwiększając jakość i wielkość plonów. Są one w postaci nawozu. Nawozy zawierają m.in. takie składniki jak kwasy humusowe i mikroelementy oraz inne związki, które stosowane w małej ilości powodują stymulację procesów metabolicznych roślin, m.in. procesu fotosyntezy, pobierania i transportu składników mineralnych i wody.

Znane są przykłady wykorzystania ścieków oczyszczonych do nawadniania pól uprawnych, przy czym wykorzystuje się zarówno surowe ścieki oczyszczone, jak i produkt ich uzdatniania z wykorzystaniem procesów chemicznych i fizycznych. Recykling ścieków oczyszczonych stosuje się przede wszystkim do produkcji wody o zróżnicowanej jakości. W tym celu wykorzystuje się m.in. techniki membranowe. Do zalet procesów membranowych w stosunku do tradycyjnych metod oczyszczania ścieków należą przede wszystkim możliwość łatwego zwiększenia skali procesowej, możliwość integracji procesów membranowych z innymi procesami jednostkowymi, energooszczędność, łagodne warunki prowadzenia procesu (temperatura otoczenia, ciśnienie normalne), brak konieczności stosowania odczynników chemicznych, możliwość prowadzenia procesu w sposób ciągły, łatwość obsługi i automatyzacji. Odpowiednio dobrany materiał i wielkość porów/cut-off membrany pozwalają na wydajną separację składników ścieków oczyszczonych.

Publikacja [Claudio Ledda, Andrea Schievano, Silvia Salati, Fabrizio Adani, *Nitrogen and water recovery from animal slurries by a new integrated ultrafiltration, reverse osmosis and cold stripping process: A case study*, Water Research 2013, 47, 6157–6166] prezentuje zintegrowany układ ultrafiltracja – odwrócona osmoza – stripping (usuwanie) amoniaku do odzysku związków azotowych z gnojowicy. Składniki azotowe separowane są w procesach ultrafiltracji i odwróconej osmozy ze współczynnikiem retencji odpowiednio 46.7–66.3% oraz 89.6–93.1%. Retentat z odwróconej osmozy jest następnie wykorzystywany do produkcji siarczanu amonu w procesie strippingu amoniaku.

Publikacja [Wenyuan Ye, Hongwei Liu, Mei Jiang, Jiuyang Lin, Kunfeng Ye, Shengqiong Fang, Yudong Xu, Shuaifei Zhao, Bart Van der Bruggen, Zhen He, *Sustainable management of landfill leachate concentrate through recovering humic substance as liquid fertilizer by loose nanofiltration*, Water Research 2019, 157, 555–563] przedstawia wykorzystanie retentatu po nanofiltracji odcieków ze składowisk odpadów do stymulacji wzrostu nasion fasoli mung. Badania skupiały się na zatrzymywaniu kwasów humusowych pochodzących z odcieków ze składowiska odpadów w Fuzhou (Chiny) za pomocą procesów membranowych z wykorzystaniem membrany płaskiej w przepływie krzyżowym. Odzyskane i zatężone w procesie nanofiltracji, kwasy humusowe wykorzystano do testów wzrostu nasion fasoli. Badania wykazały $95.7 \pm 0.3\%$ stopień zatrzymania kwasów humusowych w procesie nanofiltracji odcieków ze składowisk. Zastosowanie koncentratu o stężeniu związków humusowych wynoszącym 100 ppm spowodowało wzrost długości rośliny oraz świeżej masy o odpowiednio 54.7% oraz 121.4% w stosunku do stężenia 0 ppm.

Publikacja [Dong Duy Pham, Kei Cai, Luc Duc Phung, Nobuo Kaku, Atsushi Sasaki, Yuka Sasaki, Kenichi Horiguchi, Dung Viet Pham, *Toru Watanabe Rice Cultivation without Synthetic Fertilizers and Performance of Microbial Fuel Cells (MFCs) under Continuous Irrigation with Treated Wastewater*, Water 2019, 11, 1516] przedstawia zastosowanie ścieków oczyszczonych pochodzących z japońskiej oczyszczalni ścieków jako nawóz do uprawy ryżu brązowego. W badaniach testowano możliwość wykorzystania ścieków oczyszczonych do irygacji pól uprawnych w zastępstwie wody wodociągowej. W badaniach wykorzystywane były ścieki oczyszczone, nie poddane żadnym procesom oczyszczania lub zatężenia. Kontrolowane były wzrost ryżu, wydajność i składniki plonów oraz stężenie metali ciężkich w glebie i w roślinach. Wyniki pokazały, że stosowanie ścieków oczyszczonych do irygacji jest

bezpieczne, o czym mówi brak występowania metali ciężkich w glebie oraz w zebranych ryżu. Dzięki zastosowaniu ścieków oczyszczonych możliwe również było wykluczenie stosowania nawozów sztucznych.

Publikacja [Gilmar Oliveira Santos, Rogério Teixeira de Faria, Gilberto Aparecido Rodriguês, Gefson de Figueredo Dantas, Alexandre Barcellos Dalri, Luiz Fabiano Palaretti, *Forage yield and quality of marandugrass fertigated with treated sewage wastewater and mineral fertilizer*, Acta Scientiarum. Agronomy 2017, 39, 515–523] przedstawia wykorzystanie ścieków oczyszczonych pochodzących z miejskiej oczyszczalni ścieków w São Paulo (Brazylia) do nawadniania pól uprawnych trawy z gatunku *Brachiaria brizantha* w systemie potrójnego zraszania. Badania były prowadzone w szerokim zakresie czasu, od lata 2013 do wiosny 2014, dzięki czemu możliwe było określenie zmian składu ścieków oczyszczonych w zależności od pory roku. Roczna wielkość plonów wzrosła dzięki zastosowaniu ścieków oczyszczonych bogatych w mikroelementy w roku 2013 i 2014 odpowiednio z 31.3 do 47.4 Mg/ha i z 25.7 do 56.9 Mg/ha. W badaniach zaobserwowano także wpływ sezonowości na wydajność wzrostu biomasy. Stosowanie ścieków oczyszczonych spowodowała również poprawę jakości paszy produkowanej z *Brachiaria brizantha*.

Publikacja [Elena Zlatareva, Svetla Marinova, Bayko Baykov, Totka Mitova, Vera Petrova, Viktor Kolchakov, *Establishment of Changes in the System "Soil-Fertilizer-Plant" as a Result of Fertilization with Sludge from Wastewater Treatment Plant*, Energy Solutions To Combat Global Warming 2017, 33, 339–350] przedstawia wykorzystanie osadu czynnego z miejskiej oczyszczalni ścieków w Sofii (Bułgaria) do nawożenia upraw kukurydzy. Badania wykazały, że osad z oczyszczalni wzbogaca glebę o jony azotu, fosforu i potasu, które zwiększają możliwości wzrostu upraw – plony są większe niż w przypadku tradycyjnego nawożenia oraz powstała biomasa ma lepszą jakość.

Z opisu wynalazku CN106430778A znana jest metoda oczyszczania ścieków zawierających sole do produkcji chlorku sodu, siarczanu amonu i wieloskładnikowych nawozów ze ścieków. Proces przebiega z użyciem membrany nanofiltrycyjnej. Ścieki pochodzą z układu oczyszczania gazów spalinowych i na wstępnym etapie obniżane jest chemiczne zapotrzebowanie na tlen.

Z opisu wynalazku US6007719A znany jest proces oczyszczania wysoko stężonych ścieków pochodzących obejmujący ogrzewanie, fermentację beztlenową, separację membranową ultrafiltracyjną lub odwróconą osmozę (RO). Retentat z RO może być wykorzystany jako surowiec nawozu płynnego dla upraw wodnych i oprysku liści.

Z opisu wynalazku CN110330179A znana jest metoda oczyszczania odcieku ze składowiska odpadów z wykorzystaniem bioreaktorów membranowych oraz ultrafiltracji i nanofiltrycji. W procesie ultrafiltracji oddzielane są substancje humusowe od soli organicznych, które następnie koncentrowane są w trakcie nanofiltrycji. Zatężone substancje humusowe spełniają zapotrzebowanie nawozów na kwasy humusowe.

Z opisu wynalazku CN109354304A znany jest sposób odprowadzania ścieków i odzysku energii oparty na trzystopniowej separacji membranowej. Na stopnie składają się trzy reaktory membranowe: dynamiczny, mikrofiltracyjny oraz nanofiltrycyjny. Z wody oczyszczonej po trzecim etapie usuwany jest azot amonowy, z odzyskanego węgla organicznego otrzymuje się metan, a pozostały osad po fermentacji beztlenowej może zostać wykorzystany jako nawóz.

Z opisu wynalazku KR20020062213A znana jest instalacja oczyszczania ścieków biogazowych oraz ciekłej gnojowicy celem otrzymania nawozu ciekłego i czystej wody. Instalacja składa się z systemu ultrafiltracji lub mikrofiltracji oraz odwróconej osmozy lub nanofiltrycji. Surowce płynne oczyszczane w 1–12-etapowej UF/MF, a następnie 2-etapowej RO/NF. W trakcie procesu RO/NF zmieniane jest pH w zakresie 3–7 w pierwszym etapie, a w drugim przeprowadzona jest neutralizacja węglanem wapnia i dwutlenkiem węgla.

Niedogodnością znanych sposobów otrzymywania nawozów mineralnych jest powstawanie ścieków przemysłowych na drodze ich produkcji. Niedogodnością związaną z odprowadzaniem komunalnych ścieków oczyszczonych do rzek, jest strata surowca, który zawiera cenne składniki możliwe do odzysku, stąd potrzeba opracowania metody odzysku surowców z jednoczesnym odzyskiem wody. Celem wynalazku było zatem opracowanie lepszej metody otrzymywania nawozów jak i nawóz o korzystnych właściwościach i składzie, zwłaszcza celem była metoda otrzymywania nawozów ze ścieków komunalnych.

Wynalazek dotyczy sposobu otrzymywania koncentratu z komunalnych ścieków oczyszczonych do wykorzystania jako nawóz dla roślin, polegający na przeprowadzeniu filtracji, który charakteryzuje

się tym, że po wstępnym oczyszczeniu ścieków znanym sposobem mechaniczno-biologicznym przeprowadza się oczyszczanie w procesie mikrofiltracji lub ultrafiltracji przy ciśnieniu transmembranowym co najmniej 2 bary z użyciem membrany mikrofiltracyjnej w postaci porowatej membrany kapilarnej z polipropylenu lub membrany ultrafiltracyjnej w postaci porowatej membrany kapilarnej z polieterosulfonu. Następnie, w drugim etapie, uzyskany permeat z mikrofiltracji lub ultrafiltracji zagęszcza się w procesie nanofiltracji w cyrkulacji przy ciśnieniu transmembranowym co najmniej 8 barów z użyciem membrany nanofiltracyjnej w postaci membrany kompozytowej z poliamidu aż do wytworzenia pierwszego koncentratu stanowiącego pierwszy retentat i wody oczyszczonej. Otrzymany retentat z nanofiltracji zagęszcza się w trzecim etapie polegającym na nanofiltracji w cyrkulacji przy ciśnieniu co najmniej 8 barów aż do wytworzenia drugiego koncentratu stanowiącego retentat właściwy i nawóz. Filtracje w pierwszym i drugim etapie prowadzi się do uzyskania stężenia kwasów humusowych w otrzymanym drugim koncentracie co najmniej 10-krotnie większego niż w ściekach oczyszczonych i co najmniej 2-krotnie większego niż w pierwszym koncentracie. Korzystnie, proces ultrafiltracji prowadzi się przy ciśnieniu transmembranowym z zakresu 2–7 barów. Korzystnie, proces mikrofiltracji prowadzi się przy ciśnieniu transmembranowym z zakresu 2–5 barów. Korzystnie, proces nanofiltracji prowadzi się przy ciśnieniu transmembranowym z zakresu 8–20 barów.

Wynalazek dotyczy również nawozu dla roślin otrzymanego powyższym sposobem z komunalnych ścieków oczyszczonych, który charakteryzuje się tym, że stanowi roztwór wodny koncentratu o stężeniu minimalnym 20% lub stanowi koncentrat nierozcieńczony zawierający związki organiczne, w tym kwasy humusowe oraz jony wapnia i magnezu, przy czym stężenie kwasów humusowych wynosi co najmniej 29,5 mg/L, a stężenie sumaryczne jonów magnezu, jonów wapnia, siarczanów, związków fosforu i związków azotu wynosi sumarycznie co najmniej 2135 mg/L.

Wynalazek dotyczy także układu do otrzymania koncentratu z komunalnych ścieków oczyszczanych, który charakteryzuje się tym, że zawiera kolejno zestawione i połączone ze sobą takie elementy jak: zbiornik surowca, ultrafiltracyjną kapilarną membranę polieterosulfonową lub mikrofiltracyjną kapilarną membranę polipropylenową, zasilane pompami membranowymi o minimalnym ciśnieniu pracy 2 barów i pracujące w układzie jednokierunkowym lub krzyżowym, zbiornik permeatu z ultrafiltracji lub mikrofiltracji bezpośrednio połączony ze zbiornikiem nadawy. Układ zawiera membrany nanofiltracyjne wykonane z kompozytów poliamidowych, zasilane pompą, oraz zbiornik permeatu z nanofiltracji połączony ze zbiornikiem nadawy i zbiornikiem permeatu z ultrafiltracji lub mikrofiltracji. Korzystnie, jako membrany ultrafiltracyjne układ zawiera porowate membrany kapilarne z polieterosulfonu o wartości odcięcia masy cząsteczkowej cut-off wynoszącej 40000–80000 Da. Korzystnie, jako membrany nanofiltracyjne zawiera membrany kompozytowe z poliamidu o wartości odcięcia masy cząsteczkowej cut-off wynoszącej 150–300 Da. Korzystnie, w procesie nanofiltracji zawiera moduł spiralny do nanofiltracji.

Wynalazek umożliwia powtórne wykorzystanie ścieków oczyszczonych do produkcji wody oraz nawozu, co wpisuje się w plan działania Unii Europejskiej dotyczący gospodarki o obiegu zamkniętym. Sposób według wynalazku opiera się na wykorzystaniu przyjaznych środowisku i energooszczędnych ciśnieniowych procesów membranowych, pozwala na bezodpadową produkcję zagęszczonego retentatu bez negatywnego wpływu na środowisko.

Wynalazek opisano dokładnie w przykładzie wykonania. Zautomatyzowany i opomiarowany układ do produkcji koncentratu (retentatu) pokazano na fig. 1.

Przykład 1

Budowa układu

Układ zawiera zbiornik surowca 1 (ścieków oczyszczonych) wykonany z tworzywa sztucznego, o pojemności 100 L, ultrafiltracyjną kapilarną membranę 2 polieterosulfonową w obudowie z polichlorku winylu, zasilaną pompą membranową o maksymalnym ciśnieniu pracy 7 bar, pracującą w układzie jednokierunkowym „dead-end” lub krzyżowym „cross-flow”, zbiornik permeatu 3 z ultrafiltracji wykonany z tworzywa sztucznego, o pojemności 1000 L, bezpośrednio połączony za pomocą przewodów i zaworów ze zbiornikiem nadawy 4 wykonanym ze stali kwasoodpornej, o pojemności 100 L, do procesu nanofiltracji przy minimalnym ciśnieniu 8 bar, membrany nanofiltracyjne 5 wykonane z kompozytów poliamidowych o wartościach cut-off masy cząsteczkowej 150–300 Da w obudowach z tworzywa sztucznego, zasilane pompą wirową o mocy 2,2 kW, zbiornik permeatu 6 z nanofiltracji. Po skończonym cyklu zagęszczania retentatu dokonuje się płukania i mycia instalacji w systemie CIP.

Sposób

W pierwszym etapie napełniono zbiornik ściekami oczyszczonymi pochodzącymi z oczyszczalni ścieków o zawartości związków humusowych 2 mg/L. Wykorzystano ścieki oczyszczone powstające we Wrocławskiej Oczyszczalni Ścieków. Jest to oczyszczanie mechaniczno-biologiczne z chemicznym wspomaganie usuwania związków fosforu. Oczyszczanie ścieków komunalnych możliwe jest dzięki zastosowaniu dwustopniowego procesu – wstępne oczyszczanie na kratkach i piaskownikach, sedymentacja w osadnikach oraz bloki biologiczne. Jest to sposób znany. Następnie przeprowadzono 6-godzinny proces ultrafiltracji na kapilarnej membranie polieterosulfonowej w przepływie „dead-end” dla ustawienia kompresora zasilającego pompę membranową 3 bar, 5-sekundowego czasu płukania wstecznego oraz z 5-minutowym czasem pomiędzy płukaniem, uzyskując wstępnie oczyszczony permeat z ultrafiltracji. Permeat jest odzyskaną wodą, ale dopiero permeat po nanofiltracji ma parametry odpowiadające normom. W kolejnym kroku napełniono zbiornik surowca dla nanofiltracji, permeatem z procesu ultrafiltracji. W drugim etapie przeprowadzono proces nanofiltracji na membranie kompozytowej z poliamidu dla 12 bar z cyrkulacją surowca w przepływie „cross-flow”. Otrzymany w drugim etapie surowiec zatężono 10-krotnie w procesie nanofiltracji, przeprowadzając proces nanofiltracji z cyrkulacją przy ciśnieniu 12 bar w przepływie „cross-flow”. W trzecim etapie pierwszy koncentrat (retentat) z etapów 1–2 dodatkowo zatężono 10-krotnie w procesie nanofiltracji przy 12 barach z cyrkulacją surowca w przepływie „cross-flow”; otrzymano zatężony drugi koncentrat o stężeniu kwasów humusowych i związków organicznych odpowiednio 30 mg/L i 45 mg/L oraz wodę oczyszczoną (permeat z nanofiltracji) o parametrach: mętność 0,24 NTU, przewodność elektryczna 2230 $\mu\text{S}/\text{cm}$, twardość 262 mg CaCO_3/L , pH = 7,40, siarczany 10,7 mg/L, azotany 4,77 mg/L, azoty 0,039 mg/L, jony magnezu 8,75 mg/L, jony wapnia 87,4 mg/L, mieszczących się w normie dla wody wodociągowej zgodnie z rozporządzeniem Dz.U. z 2017 r. poz. 2294. Następnie, przeniesiono ostateczny koncentrat (100-krotnie zatężony permeat po ultrafiltracji) do pojemników ograniczających dopływ światła. Kolejno, przygotowano po 20 mL roztworu koncentratu otrzymanego ostatecznie n-krotnie znanymi technikami uzyskując roztwór: stężenie 0, 20, 40, 60, 80% i 100% v/v, rozcieńczany wodą ultraczystą. W kolejnym etapie przygotowano 24 szalki Petriego z naważkami 2,5 g waty. Na cztery szalki z watą nanoszono atomizerem 5 mL roztworów koncentratu 2 o stężeniu 0–100% i układano po 25 ziaren kiełek rzodkiewki *Raphanus sativus*. Następnie, kiełki hodowano przez 7 dni w kielkowniku z światłem LED o barwie różowej w systemie 12/12 h. Co 2 dni nawadniano nasiona 2 mL wody destylowanej. Dla 100% koncentratu uzyskano wzrost stężenia chlorofilu w liściach o 250%, wielkości biomasy o 35% oraz średniej długości części naziemnych o 40% w stosunku do stężenia 0%.

Przykład 2

Budowa układu

Układ zawiera zbiornik surowca 1 (ścieków oczyszczonych) wykonany z tworzywa sztucznego, o pojemności 100 L, mikrofiltracyjną kapilarną membranę 2 polipropylenową o średnicy porów 0,2 μm w obudowie z polisulfonu, zasilaną pompą membranową o maksymalnym ciśnieniu pracy 7 bar, pracującą w układzie jednokierunkowym „dead-end” lub krzyżowym „cross-flow”, zbiornik permeatu 3 z ultrafiltracji wykonany z tworzywa sztucznego, o pojemności 1000 L, bezpośrednio połączony za pomocą przewodów i zaworów ze zbiornikiem nadawy 4 wykonanym ze stali kwasoodpornej, o pojemności 100 L, do procesu nanofiltracji przy minimalnym ciśnieniu 8 bar, membrany nanofiltracyjne 5 wykonane z kompozytów poliamidowych o wartościach cut-off 150–300 Da w obudowach z tworzywa sztucznego, zasilane pompą wirową o mocy 2,2 kW, zbiornik permeatu 6 z nanofiltracji. Po skończonym cyklu zagęszczenia retentatu dokonuje się płukania i mycia instalacji w systemie CIP.

Sposób

W pierwszym etapie napełniono zbiornik ściekami oczyszczonymi pochodzącymi z oczyszczalni ścieków o zawartości związków humusowych 2 mg/L. Wykorzystano ścieki oczyszczone powstające we Wrocławskiej Oczyszczalni Ścieków. Jest to oczyszczanie mechaniczno-biologiczne z chemicznym wspomaganie usuwania związków fosforu. Oczyszczanie ścieków komunalnych możliwe jest dzięki zastosowaniu dwustopniowego procesu – wstępne oczyszczanie na kratkach i piaskownikach, sedymentacja w osadnikach oraz bloki biologiczne. Jest to sposób znany. Następnie przeprowadzono 6-godzinny proces mikrofiltracji na kapilarnej membranie polietylenowej w przepływie „cross-flow” dla ustawienia kompresora zasilającego pompę membranową 4 bar, 5-sekundowego czasu płukania wstecznego oraz z 5-minutowym czasem pomiędzy płukaniem uzyskując wstępnie oczyszczony permeat z ultrafiltracji. Następnie napełniono zbiornik surowca dla nanofiltracji, permeatem z procesu mikrofiltracji. W drugim

etapie przeprowadzono proces nanofiltracji na membranie kompozytowej z poliamidu dla 12 bar z cyrkulacją surowca w przepływie „cross-flow”. Otrzymany w drugim etapie surowiec zatężono 10-krotnie, przeprowadzając proces nanofiltracji z cyrkulacją przy ciśnieniu 12 bar w przepływie „cross-flow”. W trzecim etapie pierwszy koncentrat (retentat) z etapów 1–2 dodatkowo zatężono 10-krotnie w procesie nanofiltracji przy 12 barach z cyrkulacją surowca w przepływie „cross-flow”; otrzymano zatężony drugi koncentrat o stężeniu kwasów humusowych i związków organicznych odpowiednio 30 mg/L i 45 mg/L oraz wodę oczyszczoną (permeat z nanofiltracji) o parametrach: mętność 0,3 NTU, przewodność elektryczna 2236 $\mu\text{S}/\text{cm}$, twardość 256 mg CaCO_3/L , pH = 8,25, siarczany 23,3 mg/L, azotany 6,21 mg/L, azotyny 0,19 mg/L, jony magnezu 12,1 mg/L, jony wapnia 49,5 mg/L, mieszczących się w normie dla wody wodociągowej zgodnie z rozporządzeniem Dz.U. z 2017 r. poz. 2294. Przeniesiono ostateczny koncentrat (100 krotnie zatężony permeat po ultrafiltracji) do pojemników ograniczających dopływ światła.

Badanie aktywności otrzymanego permeatu i nawozu.

Przygotowano po 20 mL roztworu koncentratu 2 o stężeniu: 0, 20, 40, 60, 80% i 100% v/v, rozcieńczonego wodą ultraczystą. Przygotowano 24 szalki Petriego z naważkami 2,5 g waty. Na cztery szalki z watą nanoszono atomizerem 5 mL roztworów koncentratu 2 o stężeniu 0–100% i układano po 25 ziaren kiełek rzodkiewki *Raphanus sativus*. W kolejnym etapie kiełki hodowano przez 7 dni w kiełkowniku z światłem LED o barwie różowej w systemie 12/12 h. Co 2 dni nawadniano nasiona 2 mL wody destylowanej. Dla 100% koncentratu uzyskano wzrost stężenia chlorofilu w liściach o 250%, wielkości biomasy o 35% oraz, średniej długości części naziemnych o 40% w stosunku do stężenia 0%.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób otrzymywania koncentratu z komunalnych ścieków oczyszczonych do wykorzystania jako nawóz dla roślin, polegający na przeprowadzeniu filtracji, **znamienny tym**, że po wstępnym oczyszczeniu ścieków znanym sposobem mechaniczno-biologicznym przeprowadza się oczyszczanie w procesie mikrofiltracji lub ultrafiltracji przy ciśnieniu transmembranowym co najmniej 2 bary z użyciem membrany mikrofiltracyjnej w postaci porowatej membrany kapilarnej z polipropylenu lub membrany ultrafiltracyjnej w postaci porowatej membrany kapilarnej z polieterosulfonu, następnie w drugim etapie uzyskany permeat z mikrofiltracji lub ultrafiltracji zagęszcza się w procesie nanofiltracji w cyrkulacji przy ciśnieniu transmembranowym co najmniej 8 barów z użyciem membrany nanofiltracyjnej w postaci membrany kompozytowej z poliamidu aż do wytworzenia pierwszego koncentratu stanowiącego pierwszy retentat i wody oczyszczonej, zaś otrzymany retentat z nanofiltracji zagęszcza się w trzecim etapie polegającym na nanofiltracji w cyrkulacji przy ciśnieniu co najmniej 8 barów aż do wytworzenia drugiego koncentratu stanowiącego retentat właściwy i nawóz, przy czym filtracje w pierwszym i drugim etapie prowadzi się do uzyskania stężenia kwasów humusowych w otrzymanym drugim koncentracie co najmniej 10-krotnie większego niż w ściekach oczyszczonych i co najmniej 2-krotnie większego niż w pierwszym koncentracie.
2. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że proces ultrafiltracji prowadzi się przy ciśnieniu transmembranowym z zakresu 2–7 barów.
3. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że proces mikrofiltracji prowadzi się przy ciśnieniu transmembranowym z zakresu 2–5 barów.
4. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że proces nanofiltracji prowadzi się przy ciśnieniu transmembranowym z zakresu 8–20 barów.
5. Nawóz dla roślin z komunalnych ścieków oczyszczonych otrzymany sposobem określonym w zastrzeżeniu 1, **znamienny tym**, że stanowi roztwór wodny koncentratu o stężeniu minimalnym 20% lub stanowi koncentrat nierozcieńczony zawierający związki organiczne, w tym kwasy humusowe oraz jony wapnia i magnezu, przy czym stężenie kwasów humusowych wynosi co najmniej 29,5 mg/L, a stężenie sumaryczne jonów magnezu, jonów wapnia, siarczanów, związków fosforu i związków azotu wynosi sumarycznie co najmniej 2135 mg/L.
6. Układ do otrzymania koncentratu z komunalnych ścieków oczyszczanych, **znamienny tym**, że zawiera kolejno zestawione i połączone ze sobą takie elementy jak: zbiornik surowca (1), ultrafiltracyjną kapilarną membranę (2) polieterosulfonową lub mikrofiltracyjną kapilarną membranę (2) polipropylenową, zasilane pompami membranowymi o minimalnym ciśnieniu pracy

- 2 barów i pracujące w układzie jednokierunkowym lub krzyżowym, zbiornik permeatu (3) z ultrafiltracji lub mikrofiltracji bezpośrednio połączony ze zbiornikiem nadawy (4), membrany nanofiltrycyjne (5) wykonane z kompozytów poliamidowych, zasilane pompą, oraz zbiornik permeatu (6) z nanofiltracji połączony ze zbiornikiem nadawy (4) i zbiornikiem permeatu (3) z ultrafiltracji lub mikrofiltracji.
7. Układ według zastrz. 6, **znamienny tym**, że jako membrany ultrafiltracyjne zawiera porowate membrany kapilarne z polieterosulfonu o wartości odcięcia masy cząsteczkowej cut-off wynoszącej 40000–80000 Da.
 8. Układ według zastrz. 6, **znamienny tym**, że jako membrany nanofiltrycyjne zawiera membrany kompozytowe z poliamidu o wartości odcięcia masy cząsteczkowej cut-off wynoszącej 150–300 Da.
 9. Układ według zastrz. 6, **znamienny tym**, że zawiera moduł spiralny do nanofiltracji.

Rysunek

